

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA NAVAL**

ELIE SAID ZEITOUNI

**ANÁLISE DO PROCESSO DE DESCARREGAMENTO DE CARGA GANEL NO
PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL UTILIZANDO SIMULAÇÃO DE EVENTOS
DISCRETOS**

Joinville

2018

ELIE SAID ZEITOUNI

ANÁLISE DO PROCESSO DE DESCARREGAMENTO DE CARGA GANEL NO
PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL UTILIZANDO SIMULAÇÃO DE EVENTOS
DISCRETOS

Trabalho apresentado ao Curso de
Graduação em Engenharia Naval da
Universidade Federal de Santa Catarina
como parte dos requisitos para a obtenção
do título de Engenheiro Naval.

Orientador: Dr. Luís Fernando Peres Calil

Joinville

2018

RESUMO

O porto de São Francisco do Sul, situado na Baía da Babitonga, é um Porto Público de grande importância na economia do estado de Santa Catarina, sua movimentação anual foi cerca de 13 milhões de toneladas de carga no ano de 2017 segundo dados da ANTAQ. Esse porto sofre com a concorrência de outros portos da região como o porto de Paranaguá, o porto de Itajaí, o Portonave e o porto de Itapoá que também se localiza na Baía da Babitonga – adicionalmente já existe a autorização de outros novos 3 terminais de uso privado na Baía da Babitonga. Para sobreviver a concorrência com os outros portos da região o porto de São Francisco do Sul prevê algumas melhorias e modernizações para aumentar sua eficiência e produtividade. O presente estudo propõe um modelo de simulação de eventos discretos para avaliar, por meio de medidas de desempenho, a modernização do Portão (Gate) de saída do porto. O modelo de simulação foi implementado no software Simul8 e através dos indicadores de desempenho analisados foi possível identificar possíveis gargalos operacionais, avaliar a necessidade da modernização do Gate e discutir o modelo portuário brasileiro e suas consequências para os Portos Públicos.

Palavras-chave: Porto público. Simulação de eventos discretos. Modelo portuário. Gate.

ABSTRACT

The port of São Francisco do Sul, located in the Bay of Babitonga, is a public port of great importance in the economy of the state of Santa Catarina, its annual movement is about 13 million tons of cargo according to ANTAQ data. This port suffers from competition from other ports in the region such as the port of Paranaguá, the port of Itajaí, the Portonave and the port of Itapoá which is also located in the Bay of Babitonga and are already under construction and 3 terminals for private use in the Bay of Babitonga. To survive competition with other ports in the region The port of São Francisco do Sul provides some improvements and modernizations to increase its efficiency and productivity. The present study proposes a simulation model of discrete events to evaluate through performance measures the modernization of the Port Gate. The simulation model was implemented in the software Simul8 and through the performance indicators analyzed it was possible to identify possible operational bottlenecks, to evaluate the need for Gate modernization and to discuss the Brazilian port model and its consequences for Public Ports.

Key words: Public Port. Simulation os discrete eventes. Port Model. Gate.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Movimentação brasileira de cargas..... | 13 |
| Figura 2 – Movimentação brasileira de granéis sólidos..... | 15 |
| Figura 3 – Movimentação de granéis sólidos dos Portos do sul do Brasil..... | 15 |
| Figura 4 – Extratora de grãos..... | 16 |
| Figura 5 – Conjunto guindaste funil descarregador de grãos..... | 17 |
| Figura 6 – Tipos de cargas movimentados pelo porto de São Francisco do Sul..... | 18 |
| Figura 7 – Tipos de graneis sólidos movimentados pelo porto de São Francisco do Sul..... | 18 |
| Figura 8 – Diagrama das etapas da simulação..... | 22 |
| Figura 9 – Exemplo de simulação..... | 24 |
| Figura 10 – Fluxograma da operação..... | 30 |
| Figura 12 – Configurações do bloco fila..... | 32 |
| Figura 13 – Configuração do bloco activity..... | 33 |
| Figura 14 – Cenário para simulação com 1 navio..... | 34 |
| Figura 15 – Cenário para simulação com 2 navios..... | 35 |
| Figura 16 – Cenário para simulação com 3 navios..... | 36 |
| Figura 17 – Configurações bloco Gate de entrada..... | 43 |
| Figura 18 – Configurações retirada de lona..... | 43 |
| Figura 20 – Distribuição para caminhões de 20 ton de carregamento..... | 44 |
| Figura 21 – Distribuição para caminhões de 25 ton de carregamento..... | 45 |
| Figura 22 – Configurações retirada de lona..... | 45 |
| Figura 23 – Configurações Gate de saída pré modernização..... | 46 |
| Figura 24 – Configurações Gate de saída pós modernização..... | 46 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Tabela de estados para o tempo de simulação..... | 24 |
| Tabela 2 – Dados da modelagem da coleta de dados para distribuições Weibull..... | 29 |
| Tabela 3 – Dados para entrada de entidades | 29 |
| Tabela 4 – Resultados referentes ao start point, pre-modernização | 47 |
| Tabela 5 – Resultados referentes às filas com 1 navio, pre-modernização | 48 |
| Tabela 6 – Resultados referentes aos processos com 1 navio, pre-modernização .. | 48 |
| Tabela 7 – Resultados referentes ao end point com 1 navio, pre-modernização..... | 48 |
| Tabela 8 – Resultados referentes ao start point, pós-modernização | 49 |
| Tabela 9 – Resultados referentes às filas com 1 navio, pós-modernização..... | 49 |
| Tabela 10 – Resultados referentes aos processos com 1 navio, pós-modernização | 49 |
| Tabela 11 – Resultados referentes ao end point com 1 navio, pós-modernização ... | 50 |
| Tabela 12 – Resultados referentes ao start point, pré-modernização | 50 |
| Tabela 13 – Resultados referentes às filas com 2 navios, pre-modernização | 51 |
| Tabela 14 – Resultados referentes aos processos com 2 navios, pré-modernização | 51 |
| Tabela 15 – Resultados referentes ao end point com 2 navios, pré-modernização .. | 51 |
| Tabela 16 – Resultados referentes ao start point, pós-modernização | 52 |
| Tabela 17 – Resultados referentes às filas com 2 navios, pos-modernização | 52 |
| Tabela 18 – Resultados referentes aos processos com 2 navios, pós-modernização | 53 |
| Tabela 19 – Resultados referentes ao end point com 2 navios, pós-modernização .. | 53 |
| Tabela 20 – Resultados referentes ao start point, pré-modernização, para 3 navios | 53 |
| Tabela 21 – Resultados referentes às filas com 3 navios, pré-modernização | 54 |
| Tabela 22 – Resultados referentes aos processos com 3 navios, pré-modernização | 54 |
| Tabela 23 – Resultados referentes ao end point com 3 navios, pré-modernização .. | 55 |
| Tabela 24 – Resultados referentes ao start point, pós-modernização, com 3 navios | 55 |
| Tabela 25 – Resultados referentes às filas com 3 navios, pós-modernização | 56 |
| Tabela 26 – Resultados referentes aos processos com 3 navios, pós-modernização | 56 |
| Tabela 27 – Resultados referentes ao end point com 3 navios, pós-modernização .. | 57 |

SUMÁRIO

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 8 |
| 1.1 OBJETIVOS | 10 |
| 1.1.1 Objetivo geral | 10 |
| 1.1.2 Objetivos específicos | 10 |
| 1.2 METODOLOGIA..... | 10 |
| 2 GESTÃO PORTUÁRIA NO BRASIL E A MOVIMENTAÇÃO DE GRANÉIS SÓLIDOS | 12 |
| 2.1 MODELOS DE GESTÃO PORTUÁRIA..... | 12 |
| 2.2 MOVIMENTAÇÃO DE GRANÉIS SÓLIDOS NOS PORTOS BRASILEIROS | 14 |
| 3 SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS | 19 |
| 3.1 Filas e Disciplina da Fila | 20 |
| 3.2 Etapas da simulação | 21 |
| 3.3 Exemplo para simulação discreta | 23 |
| 4 MODELAGEM DO PROCESSO DE DESCARREGAMENTO DE GRANEIS SÓLIDOS NO PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL | 24 |
| 4.1 HIPÓTESES ADOTADAS PARA A MODELAGEM..... | 27 |
| 4.2 COLETA DE DADOS | 28 |
| 4.3 MODELO CONCEITUAL DA SIMULAÇÃO..... | 29 |
| 4.4 MEDIDAS DE DESEMPENHO..... | 30 |
| 4.5 MODELAGEM NO SOFTWARE SIMUL8..... | 30 |
| 4.5.1 Blocos do software Simul8 | 31 |
| 4.5.2 Cenários do problema | 34 |
| 4.5.3 Modelo computacional | 42 |
| <u>4.5.3.1 Entrada de entidades no sistema</u> | <u>42</u> |
| <u>4.5.3.2 Processo 1 – Gate de entrada</u> | <u>42</u> |
| <u>4.5.3.3 Processo 2 – Retirada de lona</u> | <u>43</u> |
| <u>4.5.3.4 Processo 3 – Carregamento4</u> | <u>44</u> |
| <u>4.5.3.5 Processo 4 – Recolocação de lona</u> | <u>45</u> |
| <u>4.5.3.6 Processo 5 – Gate de saída</u> | <u>46</u> |
| 5 RESULTADOS | 47 |
| 5.1 RESULTADOS | 47 |
| 5.1.1 Cenários com 1 navio em operação | 47 |
| <u>5.1.1.1 Cenário 0</u> | <u>47</u> |
| <u>5.1.1.2 Cenário 1</u> | <u>50</u> |
| 5.1.2 Cenários com 2 navios em operação | 50 |
| <u>5.1.2.1 Cenário 2</u> | <u>51</u> |
| <u>5.1.2.2 Cenário 3</u> | <u>52</u> |
| 5.1.3 Cenários com 3 navios em operação | 53 |
| <u>5.1.3.1 Cenário 4</u> | <u>54</u> |
| <u>5.1.3.2 Cenário 5</u> | <u>56</u> |
| 5.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS | 57 |
| 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES | 58 |
| REFERÊNCIAS | 60 |
| APÊNDICE | 62 |

1 INTRODUÇÃO

A simulação é uma técnica utilizada tanto para projeto e avaliação de novos sistemas, como para reconfiguração física ou mudanças no controle e/ou regras de operação de sistemas existentes. A simulação computacional de sistemas, ou apenas simulação, consiste na utilização de certas técnicas matemáticas, empregadas em computadores, as quais permitem imitar o funcionamento de, praticamente qualquer tipo de operação ou processo do mundo real, ou seja, é o estudo do comportamento de sistemas reais através do exercício de modelos. Suas aplicações e resultados auxiliam a tomada de decisões em termos de modernização de operações, mudanças de projeto, diminuição de custos, dentre outras aplicações. Atualmente existe uma grande variedade de softwares para tal análise, cada um com suas ferramentas específicas para todo tipo de operação levando em conta os detalhes e peculiaridades de cada modelagem (PARAGON, 2018).

Dentro do contexto portuário, todo e qualquer processo ou atividade de movimentação, fiscalização ou armazenamento de cargas, possui uma certa complexidade devido às aleatoriedades de cada problema, o que torna complicado o cálculo analítico para a resolução de problemas. O objeto principal do presente estudo é a operação de descarregamento de graneis sólidos do Porto de São Francisco do Sul, um porto público com grande importância na economia do estado de Santa Catarina.

Um Porto Organizado é um porto construído e aparelhado para atender às necessidades da navegação e da movimentação e armazenagem de mercadorias, concedido ou explorado pela União, cujo tráfego e operações portuárias estejam sob a jurisdição de uma autoridade portuária. Já um TUP (terminal de uso privado) é uma instalação portuária explorada mediante autorização e localizada fora da poligonal do porto organizado, ou seja, é terminal controlado pela iniciativa privada que não possui as mesmas obrigações e deveres de um Porto Público (BRASIL, 2018).

As diferenças principais entre os dois tipos de terminais aquaviários marítimos movimentadores de cargas do Brasil estão na contratação de mão de obra, na forma como o investimento é feito em infraestrutura e superestrutura e na administração da área portuária. O porto público tem obrigação de contratar mão de

obra avulsa pelo Órgão Gestor de Mão de Obra (OGMO), enquanto que nos TUP's a mão de obra (terceirizados ou avulsos) são contratados pela proprietária do terminal. Segundo Goldberg (2004), no modelo portuário brasileiro (detalhado no próximo capítulo) as operações portuárias na área do porto público são realizadas por empresas privadas responsáveis pelo investimento em superestrutura, ou seja, o maquinário necessário para realizar a operação (guindastes, ship loaders, funil descarregador de grãos, plataformas, empilhadeiras, etc.). A infraestrutura portuária, que compreende os berços de atracação, o pátio, a área de trânsito de veículos etc., é de responsabilidade da administração do porto, no caso dos TUP's é a iniciativa privada e nos portos públicos é do poder público. Existe também a possibilidade de um porto público arrendar um berço para uma única empresa privada ter liberdade de operação, porem com a mesma obrigatoriedade de uso da mão de obra fornecida pela OGMO.

O Porto de São Francisco do Sul situado na baía da Babitonga, no Estado de Santa Catarina, é um porto público que possui grande importância e influência na economia do estado. Sua localização faz com que haja direta concorrência com os Portos públicos de Itajaí e Paranaguá e com o TUP Porto Itapoá e o TUP Portonave. Estes quatro portos têm planos de expansão para movimentação de cargas o que faz com que o Porto de São Francisco do Sul tenha que aumentar sua produtividade de alguma forma para não perder mercado. Outro fator importante que estimula o Porto de São Francisco do Sul a aumentar sua produtividade é a autorização já aprovada de quatro TUP's na baía da Babitonga, o Porto Brasil Sul, o Terminal de Graneleiro da Babitonga (TGB), o Terminal de Granéis de Santa Catarina (TGSC) e o Terminal Mar Azul.

A operação de retirada de cargas do Porto de São Francisco do Sul é feita por meio de caminhões que entram na área do terminal e realizam uma série de operações (ou processos) antes de deixar a área portuária. A autoridade portuária percebeu que em determinados dias havia uma formação de filas de caminhões no Portão (Gate) de saída do porto, fazendo com que fosse prevista uma modernização para diminuir o tempo em que os caminhões realizam o processo de saída do porto e, desta forma, diminuir as filas e aumentar a produtividade da operação.

A modernização do Gate consiste em automatizar um processo que atualmente é feito de forma manual e será explicado mais detalhadamente na seção 4.1. Em contraste com o adotado por outros portos, por exemplo, o Porto de Itapoá

possui seis Gates de entrada altamente tecnológicos, que operam 24 horas por dia. As informações do contêiner, caminhão e peso são coletadas via OCR (Optical Character Recognition), economizando o tempo do transportador e minimizando erros, o acesso biométrico de identificação do condutor agiliza ainda mais o processo e o torna mais seguro. Com isso, o tempo de espera no Gate do Porto Itapoá é um dos menores do continente (PORTO ITAPOÁ, 2018).

O presente estudo tem como objetivo analisar todo o fluxo de caminhões no porto para compreender como realmente funciona a operação, a influência do Gate de saída na produção como um todo e avaliar a necessidade da modernização com auxílio da simulação computacional de eventos discretos.

1.1 OBJETIVOS

Nesta subseção serão apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho.

1.1.1 Objetivo geral

Analisar o processo de descarregamento de graneis sólidos no Porto de São Francisco do Sul a fim de avaliar o impacto da modernização do "Gate" de saída.

1.1.2 Objetivos específicos

- Fazer um estudo dos fatores que influenciam no tempo de operação dos caminhões no porto;
- Modelar o problema no software logístico SIMUL8;
- Avaliar os *gargalos* da operação;
- Estimar o ganho em produtividade da modernização do GATE.

1.2 METODOLOGIA

A metodologia para a realização deste estudo começa pela definição do problema e dos objetivos do trabalho. A segunda etapa é a pesquisa bibliográfica para auxiliar com conceitos como de organização portuária e de simulação

computacional. A terceira etapa compreende a observação do sistema bem como a coleta de dados de operação no local. A quarta etapa é a modelagem do sistema e implementação no software adotado (no caso, o Simul8). A quinta etapa é o teste e avaliação do modelo. Por fim, faz-se a análise dos resultados e das projeções feitas inicialmente.

2 GESTÃO PORTUÁRIA NO BRASIL E A MOVIMENTAÇÃO DE GRANÉIS SÓLIDOS

2.1 MODELOS DE GESTÃO PORTUÁRIA

Para entender as operações portuárias é necessário ter conhecimento sobre os modelos portuários existentes e suas diferenças. De acordo com Goldberg (2009), os 4 modelos de portos marítimos movimentadores de cargas mais difundidos ao redor do mundo são service port, landlord port, tool port e fully privatized port. Estes modelos diferem em relação à gestão (pública ou privada), administração portuária, operação portuária e investimento em infraestrutura e superestrutura portuária.

O service port é o porto onde todos os serviços e instalações estão nas mãos do poder público. Já o modelo tool port tem apenas a operação portuária privada. O modelo fully privatized port é o conhecido modelo inglês, onde as instalações e operação portuária são da iniciativa privada, por último, temos o landlord port, que é o modelo portuário adotado pela maioria dos países, incluindo o Brasil. Neste modelo, a operação portuária e investimento em superestrutura, são da iniciativa privada e a outra parte, como propriedade da terra, administração portuária e a infraestrutura, é da alçada do poder público (GOLDBERG, 2009).

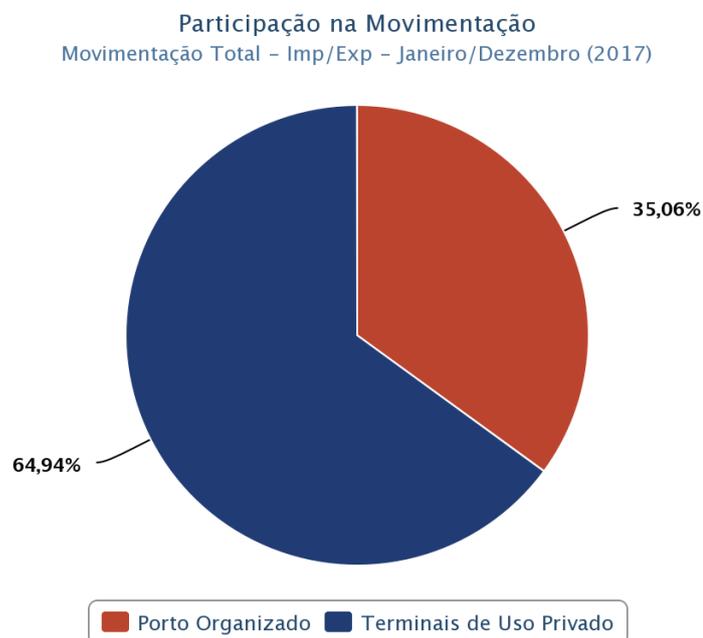
No Brasil, a lei de modernização dos portos, que entrou em vigor em 1993, fez com que o país utilizasse, predominantemente, o modelo landlord port, nos chamados portos organizados (porto público), e o fully privatized port, nos denominados terminais de uso privado (TUP). Outro grande fator desta lei foi que os TUP's deveriam operar majoritariamente carga própria devido a alegação de concorrência desleal dos TUP's com os portos públicos. Com isso, a vantagem de um porto privado diminuiu, pois estes não poderiam aumentar a movimentação de cargas de terceiros enquanto sua infraestrutura estivesse ociosa. (MIRANDA, 2017).

Porém, em 2012, houve a instauração da Medida Provisória nº 595/2012, posteriormente convertida na Lei nº 12.815 (BRASIL, 2013), que atualmente regula o setor. Tal medida provisória (lei, posteriormente) retirou a obrigação dos terminais privados de operar majoritariamente carga própria criando assim novamente a concorrência direta entre portos públicos e TUP's. A título de comparação, tem-se

que os terminais de uso privado movimentaram 721,6 milhões de toneladas em 2017, um crescimento de 9,3% em relação a 2016, quando foram movimentadas 660 milhões de toneladas. Os portos públicos movimentaram 364,5 milhões de toneladas, um incremento de 6,3% sobre 2016, quando foram movimentadas 342,8 milhões de toneladas.

A Figura 1 mostra a diferença de movimentação nacional de cargas entre portos públicos e TUP's.

Figura 1 – Movimentação brasileira de cargas



Fonte: ANTAQ (2018).

Fica evidente a diferença de movimentação entre TUP's e Portos Públicos, que segundo Nila (2004) decorre principalmente do fato de ser obrigatória, para os operadores do porto público, a contratação de mão de obra avulsa dos OGMO's. Desta forma, como não precisam contratar trabalhadores observando as regras do sistema dos Portos Organizados, o custo dos serviços nos TUP's se torna menor – o que pode interferir na demanda pela utilização ou não dos Portos Organizados, pelos empresários, para movimentarem suas cargas. Ademais, logística é uma atividade ágil: é esperado que optarão pelos Terminais de Uso Privado, considerando que nestes os custos de mão de obra são sensivelmente menores,

impactando não somente na demanda pela força de trabalho no Porto Organizado, mas também na própria economia da cidade que abriga este. (NILA, 2004).

Em contrapartida, os TUP's são responsáveis pela capacitação de seus trabalhadores portuários e são donos da superestrutura que utilizam, desta forma não há necessidade de substituição de equipamentos pesados (como na troca de empresa operadora para operação no porto público) e há uma significativa diminuição no custo do trabalhador, tornando, em alguns casos, o custo do Porto Público mais alto que do terminal privado.

2.2 MOVIMENTAÇÃO DE GRANÉIS SÓLIDOS NOS PORTOS BRASILEIROS

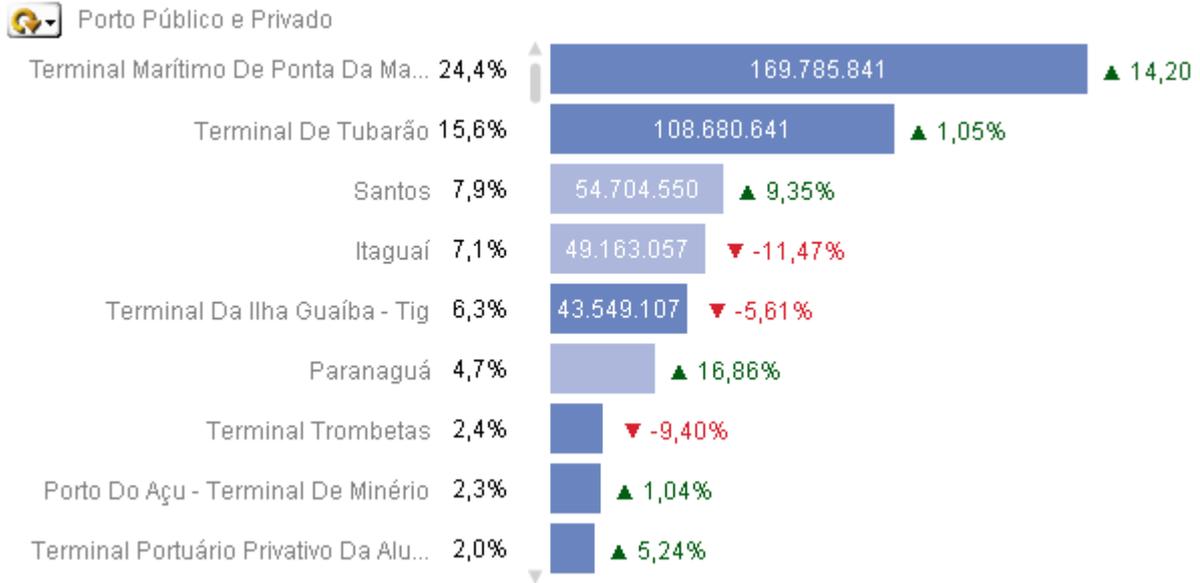
No Brasil existem cerca de 50 diferentes terminais de granéis sólidos ao longo do litoral brasileiro, alguns fazem parte dos TUP's e outros são instalações dos Portos Organizados. A maior parte dedica-se às exportações de minério e soja. Os terminais de desembarque são também numerosos e atendem a diversos produtos, como trigo em grão, o carvão mineral, cimento, fertilizantes agrícolas, coque de petróleo e outros (MAGALHÃES, 2011).

O Brasil é um grande movimentador de graneis sólidos segundo dados da ANTAQ, o que faz com que o estudo para melhorar a produtividade das operações deste tipo de carga importante na economia do país.

Na região sul do Brasil, a maior parte da movimentação de granéis sólidos é realizada por Portos Públicos segundo dados da ANTAQ, diferentemente das outras regiões do Brasil onde os TUP's têm a liderança em relação a quantidade movimentada. Nesse tipo de carga o porto que possui a maior movimentação do Brasil é o Terminal de Ponta da Madeira em São Luís (MA), segundo dados da ANTAQ. As Figuras 2 e 3 demonstram as quantidades de carga (em toneladas) operadas no cenário nacional e no cenário local relativo ao Porto de São Francisco do Sul respectivamente.

Figura 2 – Movimentação brasileira de granéis sólidos

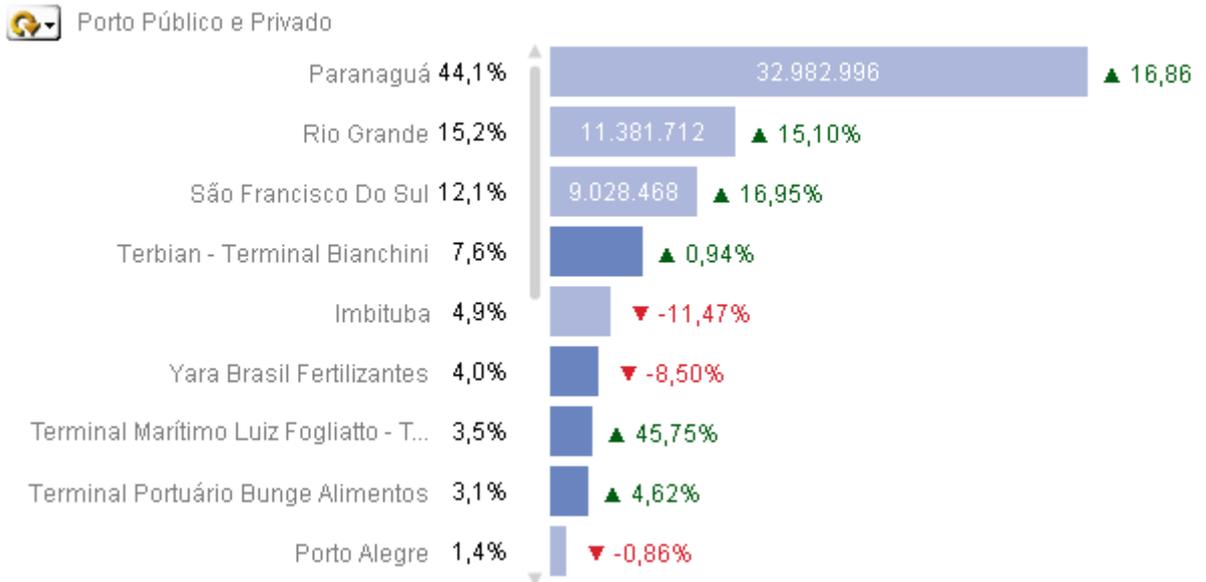
GR1.3 - Instalação Portuária em ton. (2017)



Fonte: ANTAQ (2018)

Figura 3 – Movimentação de granéis sólidos dos Portos do sul do Brasil

GR1.3 - Instalação Portuária em ton. (2017)



Fonte: ANTAQ (2018)

O investimento para movimentação deste tipo de carga depende da quantidade a ser operada e do porte dos navios a serem descarregados, ou seja, se o porto operar navio de maior porte é necessária superestrutura pesada que descarregue o navio em tempo hábil, se o porto opera navios de menor porte não há necessidade do maquinário mais produtivo que existe no mercado. O que há de mais produtivo e moderno para esse tipo de operação são as enormes extratoras de grãos, grandes máquinas que podem possuir uma espécie “aspirador” ou uma correia com baldes acoplados que colocam os grãos em correias transportados, agilizando muito o processo. Quando não há necessidade de uma extratora de grãos o desembarque desse tipo de carga é feito por guindastes com “conchas” na ponta dos cabos que colocam os graneis em funis de descarga, os funis por sua vez despejam a carga direto em caminhões. Os dois tipos estão ilustrados nas figuras a seguir.

Figura 4 – Extratora de grãos



Fonte: Agriexpo (2018)

Figura 5 – Conjunto guindaste funil descarregador de grãos



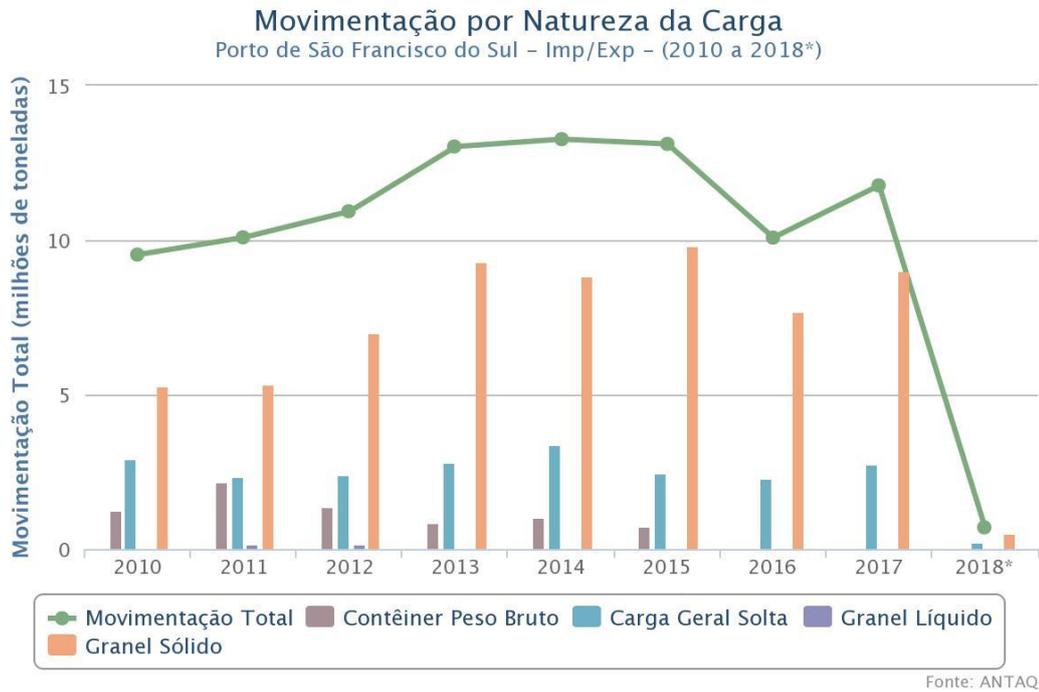
Fonte: Agriexpo (2018)

O Porto de São Francisco do Sul depende muito de sua movimentação de graneis sólidos, esse é o tipo de carga que o porto mais movimenta, o que torna o estudo desta movimentação importante para a sobrevivência e concorrência justa com os portos concorrentes que o rodeiam.

As Figuras a seguir evidenciam que grande parcela da movimentação total do Porto de São Francisco do Sul é de graneis sólidos. A Figura 6 ilustra também que ao longo do período destacado o porto deixou de movimentar contêineres, pois não conseguiu concorrer com os outros TUPs e portos que movimentam majoritariamente contêineres. Os dados do ano de 2018, na Figura 6, são somente do mês de janeiro.

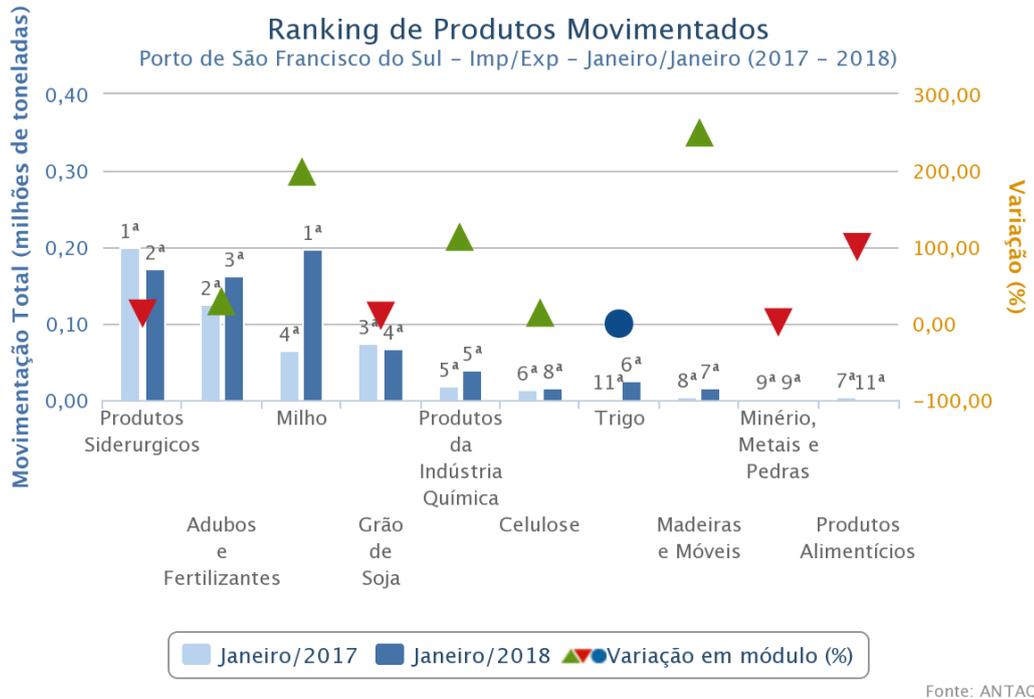
Já na Figura 7, é importante destacar que a movimentação de adubos e fertilizantes, milho e trigo, que fazem parte da modelagem do presente estudo, é uma grande parcela da movimentação total de graneis sólidos do porto e estes três tipos de carga sofreram aumento na quantidade movimentada no período destacado pela Figura 7.

Figura 6 – Tipos de cargas movimentadas pelo Porto de São Francisco do Sul



Fonte: ANTAQ (2018)

Figura 7 – Tipos de graneis sólidos movimentados pelo Porto de São Francisco do Sul



Fonte: ANTAQ (2018)

3 SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS

O objetivo de um modelo de simulação de eventos discretos é reproduzir as atividades das entidades que compõe o sistema e, a partir daí, conhecer o comportamento e desempenho do sistema. Para isto precisamos definir o estado do sistema e as atividades que conduzem o sistema de um estado a outro. Na simulação discreta, a mudança de estado é determinada pela ocorrência de um evento em um tempo determinístico ou estocástico (BRESSAN 2002).

A simulação de eventos discretos é uma técnica que permite projetar um modelo de um sistema real e realizar testes de mudanças no sistema para verificar o impacto produtivo relacionado. A simulação abrange o estudo de modelos cujas variáveis mudam de estado instantaneamente em pontos específicos de tempo, em contraste ao que ocorre com modelos contínuos, cujas variáveis podem mudar de estado continuamente no decorrer do tempo. Os principais objetivos da simulação discreta são (PARAGON DECISION SCIENCE):

- Descrever o comportamento do sistema;
- Construir teorias e hipóteses considerando as observações efetuadas;
- Usar o modelo para prever o comportamento futuro, isto é, os efeitos produzidos por alterações no sistema ou nos métodos empregados em sua operação.

Para melhor entendimento da simulação é necessário conhecer os elementos dos sistemas simulados listados a seguir (PARAGON DECISION SCIENCE):

- **Variáveis:** são valores globais do sistema, visíveis a qualquer momento e em qualquer ponto do modelo. As variáveis definem o estado do sistema como um todo e não as características individuais de cada entidade. No presente estudo é o tempo total de um caminhão no porto;
- **Variáveis de estado:** fornecem informações do que está ocorrendo no sistema num determinado momento. No presente estudo é a quantidade de caminhões no porto em um determinado instante da simulação;
- **Entidade:** é o objeto de interesse no sistema. Consiste em qualquer objeto que se mova dentro do sistema e interage com os diversos recursos. Neste caso um caminhão;

- **Atributo:** propriedade de uma entidade, ou seja, uma característica própria que a define. Após a definição de um atributo, mesmo que este valor seja alterado ao longo do caminho da entidade no fluxo, apenas o valor daquela entidade específica será alterado. Quando se deseja alterar o valor de todas entidades deve-se utilizar variáveis e não atributos. Neste caso a quantidade de carga que o caminhão carrega;
- **Recurso:** são objetos que não se “movem” dentro do sistema, e são utilizados pelas entidades, ou seja, representam a estrutura do sistema como máquinas, postos de trabalho, meio de transporte, pessoas dentre outros, que participam do processo. Um recurso pode ser configurado para atender simultaneamente mais de uma entidade, ou vice-versa. São exemplos de recursos: caixas, operadores, máquinas, entre outros. Neste caso seria o número de Gates de saída do porto;
- **Processos:** consistem nas ações realizadas sobre as entidades ao longo da simulação. Neste caso, por exemplo são a atividade realizada no Gate de entrada, a retirada de lona, o carregamento do caminhão, a recolocação da lona e a atividade realizada no Gate de saída;
- **Tempo simulado e tempo de simulação:** o primeiro refere-se ao tempo real, já o segundo refere-se ao tempo necessário para execução de uma simulação;
- **Eventos:** acontecimentos, programados ou não, que quando ocorrem provocam uma mudança de estado em um sistema. Alguns exemplos são: chegada de cliente em um sistema, início do processamento de peças, atendimento de um cliente, entre outros.

3.1 Filas e Disciplina da Fila

Filas são acúmulos de entidades geradas por alguma limitação na capacidade do recurso. A disciplina da Fila se refere à ordem na qual os clientes que estão na fila são selecionados para atendimento. Normalmente nos modelos de fila os primeiros que chegam serão os primeiros a serem atendidos. Porém podem definir outras ordens de atendimento como último a chegar é o primeiro a ser

atendido, aleatória, de acordo com algum procedimento de prioridade ou algum outro tipo de ordem.

A notação de processos de filas mais utilizada atualmente foi proposta por Kendall, em 1953, e é descrita por uma série de símbolos, tais como, $A/B/m/k/M$, onde A indica a distribuição de entre chegadas dos clientes, B o padrão de serviço de acordo com uma distribuição de probabilidade para o tempo de serviço, m o número de canais de serviços paralelos (servidores), k a capacidade do sistema e M a disciplina de filas. Alguns símbolos padrões para estas características são mostradas na Tabela 1. Por exemplo, a notação $M/D/2/\infty/FIFO$ indica um processo de filas com tempos de entre chegadas exponenciais, tempos de serviço determinísticos, dois servidores paralelos, capacidade ilimitada e disciplina de fila First-In-First-Out.

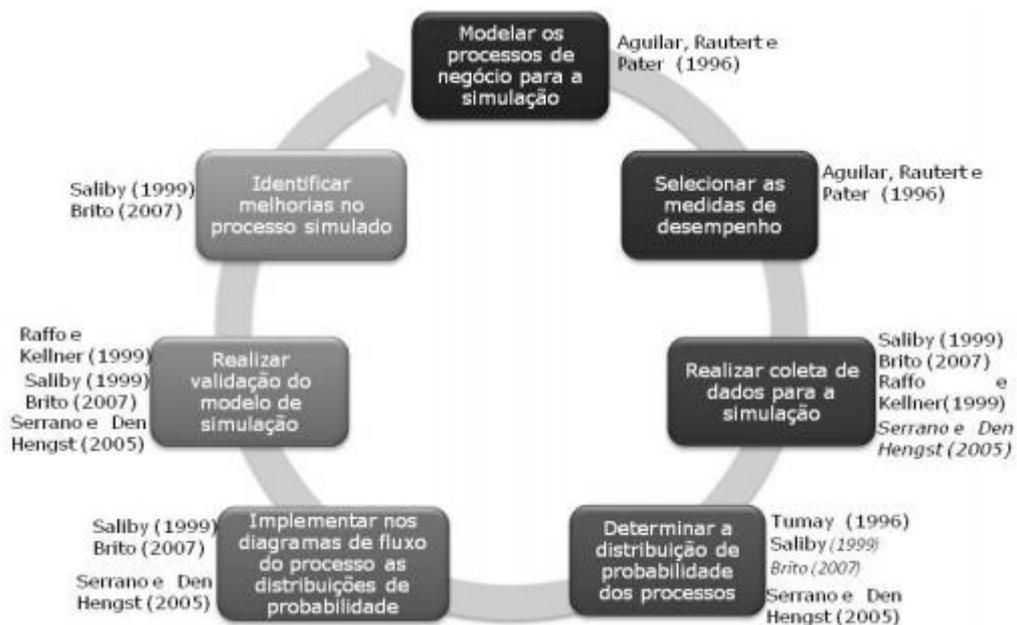
3.2 Etapas da simulação

Definidos os atributos dos modelos da simulação é importante seguir as etapas da técnica para que erros não sejam cometidos na modelagem. As etapas da técnica de simulação estão representadas no fluxograma da Figura 8 e discutidas abaixo:

- Modelar os processos para a simulação – nesta etapa é realizada a observação do sistema em questão buscando a identificação da fonte de entrada das entidades, dos canais de atendimento (processos), das respectivas filas e suas disciplinas e construir os diagramas de fluxo;
- Selecionar as medidas de desempenho – definir quais as variáveis do estudo são mais relevantes para avaliar a operação como o tempo total no sistema ou o número de entidades em cada fila;
- Realizar a coleta de dados para a simulação – coletar os tempos de cada processo e fila, verificar frequência com que as entidades chegam ao sistema, verificar o tamanho de cada fila;
- Determinar a distribuição de probabilidade de cada processo – analisar os gráficos dos dados do sistema e escolher, para cada processo, uma distribuição de probabilidade que mais se adequa.

- Implementar nos diagramas de fluxo dos processos as distribuições de probabilidade;
- Realizar a validação/ verificar a adequação do modelo de simulação – verificar se os resultados do modelo estão próximos aos medidos em campo;
- Identificar melhorias no processo simulado – identificar quais alterações no sistema melhorariam de forma significativa a produção do sistema ou avaliar o ganho que alguma melhoria prevista pode gerar.

Figura 8 – Diagrama das etapas da simulação



Fonte: Pinho (2018)

A vantagem principal para utilizar esta técnica para a modelagem da operação de retirada de graneis sólidos do Porto de São Francisco do Sul é o fato de não podermos prever deterministicamente a chegada de novos caminhões no processo e o tempo exato de cada processo em que o caminhão tem de passar, o que faz com que haja a necessidade da abordagem estocástica em vez da abordagem determinística.

3.3 Exemplo para simulação discreta

Para explicar como os softwares de simulação de eventos discretos realizam os cálculos das análises, o autor com base nos estudos de Bressan (2002) formulou um exemplo para representar a chega de um caminhão a um Gate de entrada genérico.

Um caminhão chega ao Gate de entrada de um porto (como ilustrado na Figura 9) a cada dois minutos para realizar uma operação. No Gate o motorista se identifica, um atendente anota o horário e a placa do caminhão e por fim o caminhão é liberado para entrar na área do porto. Esse processo de serviço no Gate demora em média dois minutos e meio. Como o tempo de atendimento é maior do que o tempo entre chegadas de caminhões há a formação de uma fila.

Nesse caso, o que se deseja obter com a simulação são as respostas das seguintes questões:

- Qual é o tamanho médio da fila de caminhões?
- Qual é o tempo médio que um motorista gasta, desde que chega à fila, até entrar no estacionamento?
- Há necessidade de aumentar o número de Gates?

Como variáveis para se modelar a simulação tem-se:

- T_i - instante de chegada de um caminhão à fila;
- A_i - intervalo de tempo entre chegadas $A_i = t_i - t_{(i-1)}$;
- S_i - tempo de serviço do usuário i , isto é, tempo para realizar os processos no Gate e ser liberada a entrada na área do porto;
- D_i - espera do caminhão i na fila;
- R_i - tempo de resposta do caminhão i , entre a chegada do veículo à fila e a passagem pelo Gate;
- $r_i = D_i + S_i$ fi instante de passagem do caminhão i pela cancela;
- $f_i = t_i + r_i$.

O tempo começa a ser contado no início da simulação e entidades começam a ser geradas para o sistema com base na distribuição de probabilidade adotada para a chegada. Se o posto de serviço estiver livre, a entidade realiza o processo de atendimento de acordo com a distribuição de probabilidade adotada para o atendimento. Se o posto de serviço estiver ocupado, a entidade espera na fila. Após

o atendimento a entidade é liberada. A Tabela 1 mostra como o software registra as variáveis da simulação cada unidade de tempo.

Figura 9 – Exemplo de simulação



Fonte: Adaptado de Bressan (2002).

Tabela 1 – Tabela de estados para o tempo de simulação

| Tempo de simulação | Evento | Prox. Evento chegada | Prox evento inicia atend. | Prox evento fim atend. | Número na fila | Estado do servidor |
|--------------------|--------|----------------------|---------------------------|------------------------|----------------|--------------------|
| 0 | | c1 em $t_1 = 2$ | | | 0 | Livre |
| 1 | | | | | 0 | Livre |
| 2 | c1 | c2 em $t_2 = 5$ | i1 em $t = 2$ | | 1 | Livre |
| | i1 | | | f1 em $t = 7$ | 0 | Ocupado |
| 3 | | | | | 0 | Ocupado |
| 4 | | | | | 0 | Ocupado |
| 5 | c2 | c3 em $t_3 = 6$ | | | 1 | Ocupado |
| 6 | c3 | c4 em $t_4 = 9$ | | | 2 | Ocupado |
| 7 | f1 | | i2 em $t = 7$ | | 2 | Livre |
| | i2 | | | | 1 | Ocupado |
| 8 | f2 | | i3 em $t = 8$ | | 1 | Livre |
| | i3 | | | f3 em $t = 11$ | 0 | Ocupado |
| 9 | c4 | c5 em $t_5 = 10$ | | | 1 | Ocupado |
| 10 | c5 | c6 em $t_6 = 12$ | | | 2 | Ocupado |
| 11 | f3 | | i4 em $t = 11$ | | 2 | Livre |
| | i4 | | | f4 em $t = 13$ | 1 | Ocupado |

Fonte: Adaptado de Bressan (2002).

Na rodada do tempo 0 de simulação, não há entidade no sistema, porém o programa gerou um tempo aleatório para a chegada do primeiro caminhão (de acordo com a distribuição de probabilidade adotada). Já na rodada do tempo 2 de simulação, ocorre a primeira chegada (c1), o tempo da próxima chegada (c2) é gerado e registrado, o atendimento da primeira entidade vai iniciar, o posto de atendimento ainda consta informação de desocupado (livre) e a entidade 1 ainda está na fila pois ainda não iniciou a contagem do tempo de atendimento. Já no tempo 5 da simulação, o atendimento da entidade 1 está acontecendo, ocorre a chegada (c2) da segunda entidade, a chegada da terceira entidade já está programada, o número de entidades na fila é 1, e o posto de atendimento está ocupado pela entidade 1.

Desta forma acontece a sequência dos eventos e registro das atividades descritas pela Tabela 1.

4 MODELAGEM DO PROCESSO DE DESCARREGAMENTO DE GRANEIS SÓLIDOS NO PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL

A análise do processo de descarregamento de graneis sólidos no Porto de São Francisco do Sul foi feita por meio de diálogos (presencial, por telefone e por e-mail) com funcionários do Porto, das Empresas Operadoras Portuárias e com TPA's – além da observação da operação de descarregamento de graneis sólidos no Porto de São Francisco do Sul foi feita pelo autor do presente estudo no dia quatro de maio de 2017. Com base nessa análise, foi possível dividir a operação em cinco etapas nas quais o caminhão tem de ficar parado por um determinado tempo para depois prosseguir para o próximo processo. Tais etapas, posteriormente, serão modeladas como blocos de processos na simulação e estão enumeradas e detalhadas abaixo.

- Gate de entrada – Nesta etapa o caminhão tem de parar durante um certo tempo para que um operário do porto anote a placa e o horário em que o caminhão entrou na área alfandegada. É importante destacar que todos os caminhões fazem a pesagem sem carga para definir a “tara” do caminhão vazio antes de começarem a operar a retirada de graneis sólidos do porto, essa etapa não entra na simulação pois normalmente acontece quando o navio ainda está manobrando para iniciar o descarregamento, fazendo que este processo seja considerado pelo autor como uma preparação para a operação em análise;
- Retirada de lona – Nesta etapa o caminhão passa entre duas plataformas elevadas para que seja retirada sua lona de proteção;
- Carregamento – Nesta etapa o caminhão passa em baixo de um funil de descarga de graneis sólidos (também chamado de terno) realizando seu carregamento. Esta etapa pode dispor de um ou dois funis de descarga de grãos, porém na análise deste estudo foi considerado apenas um funil de descarga, pois é a operação mais usual e a adição de mais um funil só agravaria a fila do Gate de saída. Como o objeto principal analisado neste estudo é o Gate de saída, se o Gate for realmente gargalo da produção com um funil sem dúvidas pode se afirmar que também será gargalo na operação com dois funis;

- Recolocação de Lona – nesta etapa o caminhão passa por outro posto com plataformas elevadas para recolocar a lona de proteção;
- Gate de saída – nesta etapa, ainda com o Gate não modernizado, o caminhão para na balança do Gate de saída, o motorista desce do caminhão, anda até a guarita do Gate, é feita a verificação do documento do motorista e comparado com a do caminhão cadastrado, é liberada a pesagem e, por último, é liberada a saída do caminhão.

A modernização do Gate de saída, basicamente, fará com que o tempo do processo diminua significativamente. Em vez do motorista ter que descer do caminhão para serem feitas a conferência dos documentos, uma câmera instalada no Gate fará a leitura da placa do caminhão e o motorista fará a validação do cadastro de dentro do caminhão com um cartão magnético registrado, desta forma o processo fica mais rápido, com o objetivo de diminuir o tempo de espera para o atendimento. Nessa etapa foi observado que existem 2 postos de atendimento.

4.1 HIPÓTESES ADOTADAS PARA A MODELAGEM

Depois de identificadas as etapas, é importante para a simulação saber as condições de contorno da operação, como o modo como caminhões se comportam durante o processo e como funcionam as disciplinas das filas e onde elas se formam.

A seguir estão listadas as considerações necessárias para a análise da operação:

- Os caminhões (entidades) diferem apenas em relação a sua capacidade de carga, fazendo com que o tempo de processo diferenciado seja somente o carregamento, a forma como foi feita essa diferenciação na simulação é detalhado no próximo capítulo. Nas outras etapas o tamanho do caminhão não influi no tempo do processo;
- O tempo de trânsito do caminhão entre uma etapa e outra foi considerado nulo, devido a difícil precisão na cronometragem deste evento. O que leva a crer que os tempos totais das entidades sofrerão uma pequena diminuição em relação a realidade;

- É possível que se formem filas antecedendo todos os processos e a disciplina observada foi FIFO (first in, first out);
- A operação em análise se inicia no Gate de entrada e termina no Gate de saída, a movimentação dos caminhões na área retro portuária não é considerada deste estudo;

4.2 COLETA DE DADOS

Os dados coletados foram em relação ao tempo em que cada caminhão executava cada etapa da operação, ou seja, a pessoa que cronometrou o tempo da etapa (o autor ou seu assistente) ficou parada em um posto de serviço e cronometrou o tempo da etapa isolada e anotou os resultados.

Outra fonte de dados da operação foi a planilha com as informações de todos os caminhões que entraram na área do porto no dia da coleta de dados. Tal planilha contém as informações sobre o horário de entrada e saída de cada caminhão, a placa do caminhão, o peso da carga retirada do porto e o nome da empresa responsável pela operação.

Os tempos coletados, infelizmente, não permitiram determinar com alta confiabilidade a distribuição que mais representa cada processo, tão pouco os valores dos parâmetros dessas distribuições. Devido a isto, optou-se por adotar a distribuição Weibull para modelar todos os processos devido à alta abrangência e aderência à eventos aleatórios desta distribuição e à possibilidade de comparar os processos entre si por estarem modelados para o mesmo tipo de curva.

O método para modelar os dados coletados para distribuições Weibull foi o método dos momentos, os resultados dos coeficientes para cada etapa estão na Tabela 2.

Para a modelagem da entrada de entidades no sistema foi selecionada a distribuição exponencial (que equivale a uma Weibull de Alfa igual a 1), e seus dados de entrada foram retirados da planilha de caminhões cedida pelo porto. É importante destacar que os dados da Tabela 3 referem-se à operação com 1 navio atracado, se a operação for com 2 navios será considerado o dobro da taxa de minutos / caminhões e se a operação for com 3 navios, o triplo da taxa do cenário com 1 navio será considerado.

Tabela 2 – Dados da modelagem da coleta de dados para distribuições Weibull

| Processo | Alfa (coeficiente de forma) | Beta (coeficiente de escala) |
|---------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Gate de entrada | 3,24 | 0,41 |
| Retirada de Lona | 2,14 | 2,53 |
| Carregamento 15 ton | 3,65 | 3,15 |
| Carregamento 20 ton | 3,65 | 4,2 |
| Carregamento 25 ton | 3,65 | 5,25 |
| Recolocação de Lona | 2,29 | 3,25 |
| Gate de saída | 6,39 | 2,29 |

Fonte: Autor (2018).

Tabela 3 – Dados para entrada de entidades

| Atributo da entidade | Caminhões contabilizados em 24 horas de operação | Taxa [Minutos /caminhão] |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------|
| Carregamento 15 ton. (Caminhões com carga entre 8 e 17,5 ton.) | 75 | 19,2 |
| Carregamento 20 ton (Caminhões com carga 17,5 e 22,5 ton.) | 108 | 13,33 |
| Carregamento 25 ton (Caminhões com carga entre 22,5 e 32 ton.) | 168 | 8,88 |

Fonte: Autor (2018).

A planilha com os tempos do processo cronometrados pelo autor e seu auxiliar em campo encontra-se no apêndice.

4.3 MODELO CONCEITUAL DA SIMULAÇÃO

Definidas as etapas da operação é possível construir um modelo conceitual para a operação considerando cada etapa como um bloco de processo ou canal de serviço, a disciplina da fila será: o primeiro a chegar é o primeiro a sair (first in /first out). O tempo de simulação (como descrito na seção 3.2) adotado foi de 1440 minutos de operação, que é o equivalente a 24 horas de trabalho, essa decisão foi feita devido aos dados da planilha cedida pelo porto serem de do mesmo intervalo de tempo. O fluxograma da Figura 10 ilustra o processo.

Figura 10 – Fluxograma da operação



Fonte: Autor (2018).

Definidos os blocos de processos, a disciplina da fila, os modelos probabilísticos e o software, é o momento de compor o modelo computacional da operação.

4.4 MEDIDAS DE DESEMPENHO

A partir da observação da operação, do modelo conceitual e dos dados do problema foi decidido que as medidas para avaliar a produção do sistema seriam:

- Tempo total de permanência do caminhão no sistema – quanto menor o tempo do caminhão dentro da área do porto mais eficiente é a operação;
- Tamanho médio, mínimo e máximo de cada fila em cada processo – essa medida serve para avaliar a eficiência de cada processo e, dependendo dos resultados, sugerir aumento ou mesmo diminuição do número de postos de serviço;
- Porcentagem do tempo em que o posto de serviço fica atendendo e esperando um caminhão – avalia a ociosidade do posto de serviço, pouca ociosidade geralmente faz com que a fila para o posto fique maior, muita ociosidade é não utilizar a capacidade eficiente do posto.
- Número de caminhões que passaram pelo sistema – quanto mais caminhões passarem pelo sistema num mesmo intervalo de tempo de simulação mais eficiente é a operação.

4.5 MODELAGEM NO SOFTWARE SIMUL8

Atualmente, o mercado oferece uma grande variedade de softwares de simulação. As diferenças entre eles estão nas ferramentas de cada software, na

forma de entrada dos dados de cada processo, fila e chegada e na interface de animação.

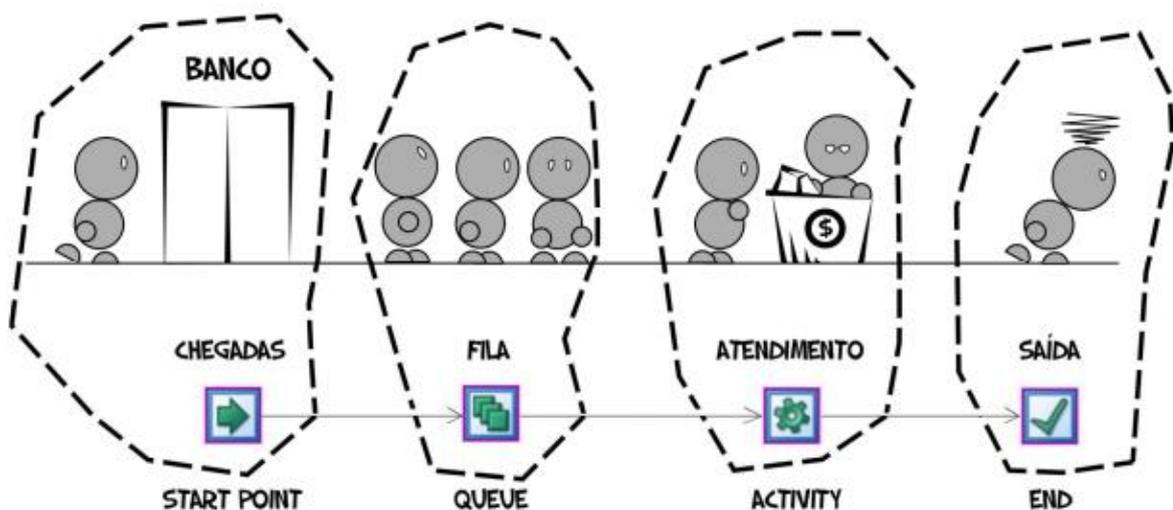
A escolha do software é algo importante no momento anterior a modelagem, pois é preciso entender como funcionam as diferentes funções dos blocos do programa e como o programa realiza os cálculos de cada distribuição de probabilidade.

O software selecionado para o presente estudo foi o Simul8 devido sua modelagem estatística coerente com o de disciplinas do curso de Engenharia Naval e da ampla variedade de tutoriais disponíveis na literatura e também devido a sua simplicidade de comandos básicos, ampla facilidade de resolver dúvidas e grande número de tutoriais on line.

4.5.1 Blocos do software Simul8

Os blocos utilizados para o modelo computacional e suas funções estão enumerados e explicados nesta seção. A Figura 11 ilustra um modelo simples de simulação e tem como objetivo auxiliar o entendimento das funções de cada bloco nela contido.

Figura 11 – Exemplo de simulação com o software Simul8



Fonte: Pinho (2013)

Start point – a função deste bloco é gerar as entidades, neste caso caminhões, que vão percorrer o sistema. Se na programação existirem mais de um tipo de entidade, é necessário programar mais de um bloco start point para gerar entidades para o sistema, 1 bloco start point gera 1 tipo de entidade. A entrada de dados neste bloco é frequência média em que as entidades entram no sistema, pode-se modelar para diversos tipos de distribuições, porém a mais utilizada é a distribuição exponencial. Os resultados deste bloco são em relação ao número de entidades que entraram no sistema na Figura 9 o bloco Start point é o primeiro da esquerda para a direita

Queue – este é o bloco que representa as filas do processo. Possui recursos para mudar a disciplina da fila, ou seja, introduzir entidade preferencial, separar por etiquetas (labels) etc. os resultados do bloco fila são em relação ao tamanho médio da fila, tamanho máximo da fila, tempo médio de espera na fila, tempo máximo de espera na fila e o número de entidades que passaram pelo bloco.

No caso do presente estudo, não foi necessário alterar a disciplina da fila nem entrar com nenhum dado específico. Porém, é importante frisar que é possível definir um número máximo de entidades que a fila suporta, definir prioridades, introduzir dados financeiros, mudar o ícone do bloco e definir um número inicial de entidades na fila no início do processo, todos esses recursos são controlados na janela de configuração do bloco fila ilustrado pela Figura 12. O bloco Queue está representado na Figura 11 pelo segundo ícone da esquerda para a direita.

Activity – é o bloco que representa os processos da operação, a entrada dos dados é em relação ao tempo de cada processo, modela-se o bloco para receber a entidade (caminhão), realizar o atendimento e liberar a entidade depois de um certo tempo para o próximo processo. Este bloco possui recursos para relacionar diferentes distribuições para diferentes tipos de entidades do sistema, introduz dados financeiros, permite a apresentação dos resultados de diferentes formas, permite a seleção das medidas de desempenho mais relevantes segundo o programador, etc. Os resultados deste bloco são em relação a porcentagem do tempo em que o posto estava atendendo e esperando outra entidade chegar ao bloco, o número de entidades que passaram pelo bloco e a média de uso do posto. O bloco activity também está representado na Figura 11 no posto de atendimento do exemplo para a fila bancária.

Figura 12 – Configurações do bloco fila

Queue Properties

Properties Visual Logic

FILA CARRREGAMENTO

Capacity: Infinite

Shelf Life: None

Min Wait Time: ... (minutes)

Prioritize

LIFO

High Volume Assemble

Segregate Results

Carbon

Carbon

Finance

Erase

OK

Cancel

Help

Memo

Results

Start - Up

Contents

Graphics

Fonte: Autor (2018).

Figura 13 – Configuração do bloco activity

Activity Properties

GATE ENTRADA

Timing (minutes) ?

Alpha: 3.24 ?

Beta: 0.41 Min: 0

Distribution: Weibull

New Detail

High Volume

Finance

Erase

Carbon

OK

Cancel

Help

Memo

Results

Resources

Efficiency

Routing In Out

Actions

Priority

Replicate = 1

Contents

Graphics

Shifts

IF On State Change

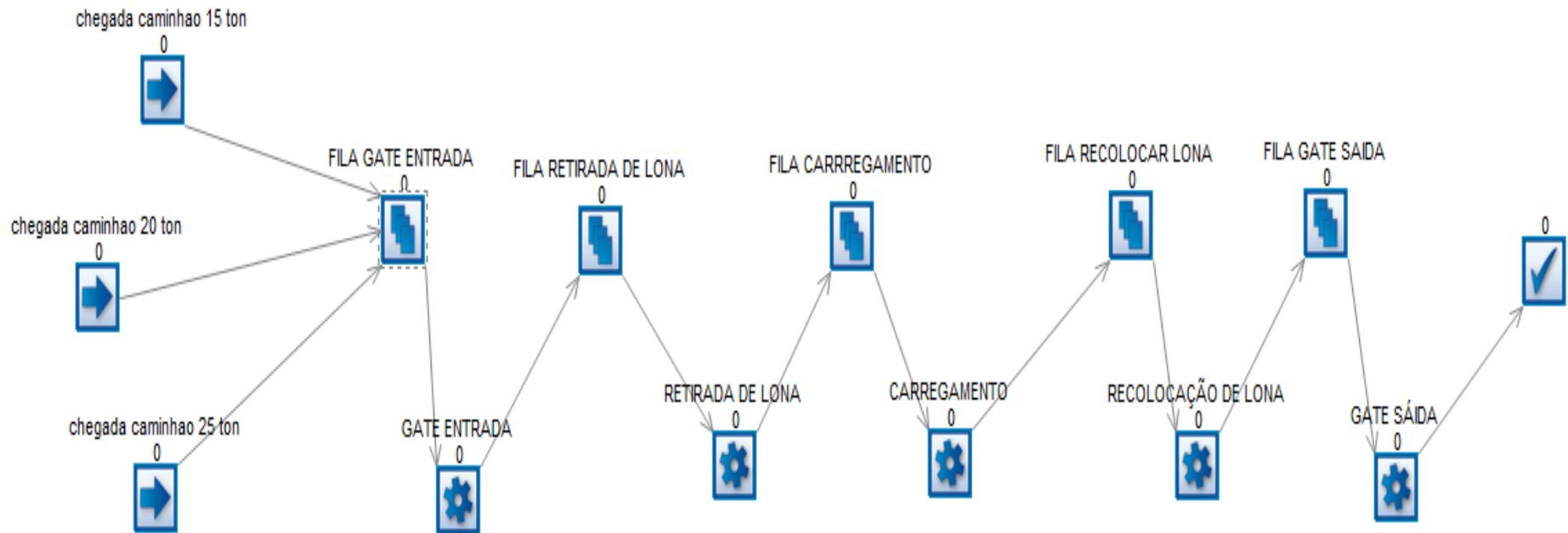
Fonte: Autor (2018).

End – é o bloco que representa a saída do sistema, não há dados para introduzir neste bloco, é um bloco que apenas libera as entidades do sistema e dá resultados sobre o tempo total médio, mínimo e máximo das entidades na operação. O bloco end está representado na Figura 11 no momento da saída dos clientes no exemplo ilustrado.

4.5.2 Cenários do problema

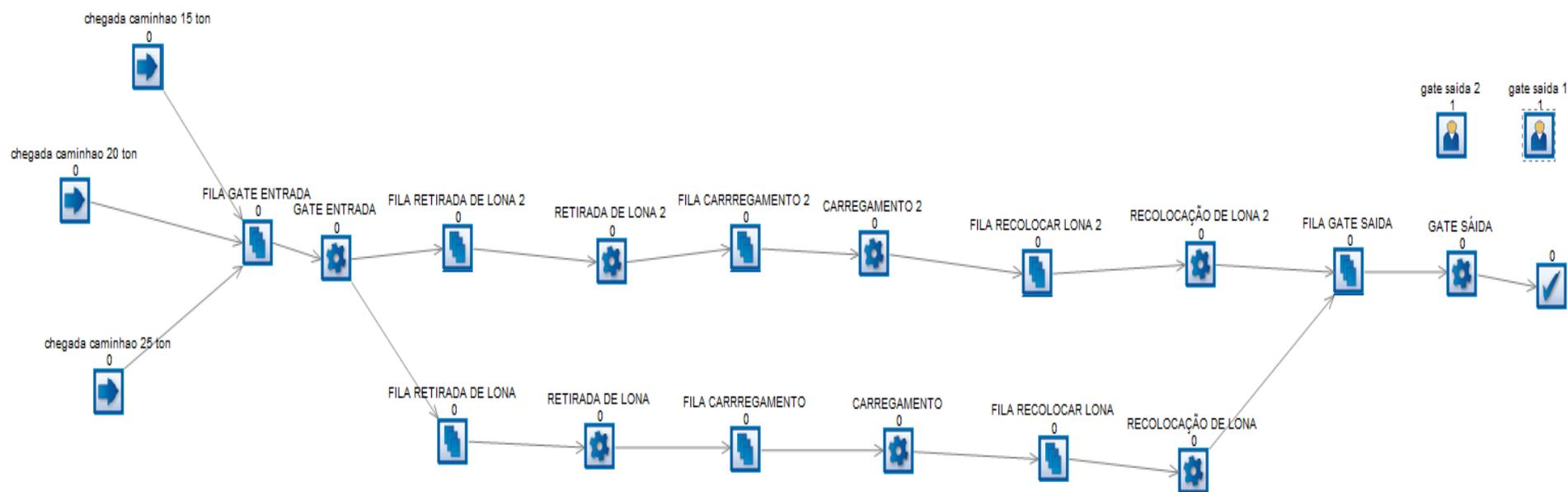
Para a construção dos modelos de simulação foram considerados 6 cenários. Nos cenários 0 e 1 é considerada a operação com 1 navio, antes e depois da modernização respectivamente. Nos cenários 2 e 3 é considerada a operação com 2 navios, antes e depois da modernização respectivamente. Nos cenários 4 e 5 é considerada a operação com 3 navios, antes e depois da modernização respectivamente.

Figura 14 – Cenário para simulação com 1 navio



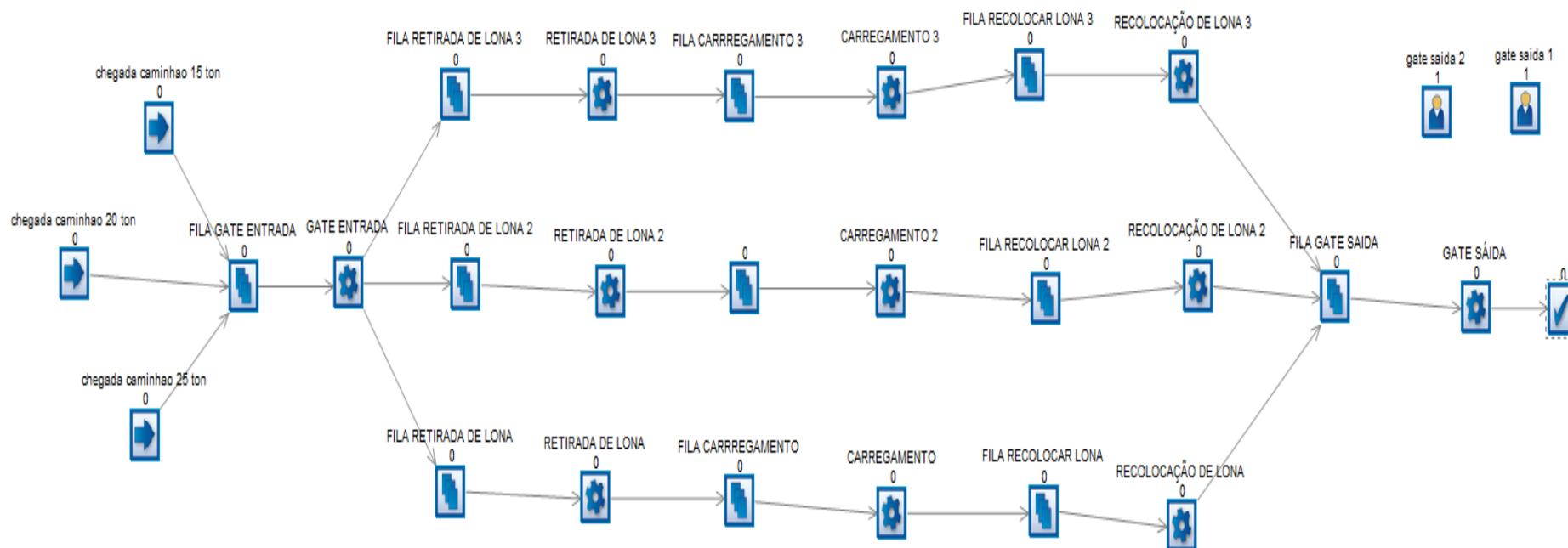
Fonte: Autor (2018).

Figura 15 – Cenário para simulação com 2 navios



Fonte: Autor (2018).

Figura 16 – Cenário para simulação com 3 navios



Fonte: Autor (2018).

4.5.3 Modelo computacional

Definidas as funções dos blocos do programa, o detalhamento das etapas da operação e definidas as distribuições de probabilidade de cada processo é possível compor o modelo computacional. As etapas e configurações de cada bloco estão enumeradas a seguir:

4.5.3.1 Entrada de entidades no sistema

Como os caminhões que fazem a operação não são todos iguais, foi necessário dividir em 3 tipos de entidades para fazer suas representações. Todos os caminhões que carregaram entre 8 e 17,5 toneladas de carga foram aproximados para caminhão 15 ton. Os caminhões que carregam entre 17,5 e 22,5 toneladas foram aproximados para caminhão 20 ton. e todos os caminhões que carregam acima de 22,5 ton. foram aproximados para caminhão 25 ton.

Tal diferenciação foi feita a partir do recurso Label (etiqueta) do software, este recurso permite que diferentes entidades percorram o sistema e que as mesmas possam ter diferentes distribuições de probabilidade num mesmo bloco de processo.

Os dados introduzidos nos blocos start point foram retirados da planilha cedida pela autoridade portuária do Porto de São Francisco do sul. O autor realizou a contagem de cada caminhão com os intervalos de capacidade definidos e contabilizou o tempo médio entre chegadas de caminhões, ou seja, quanto tempo demora para um novo caminhão chegar ao sistema.

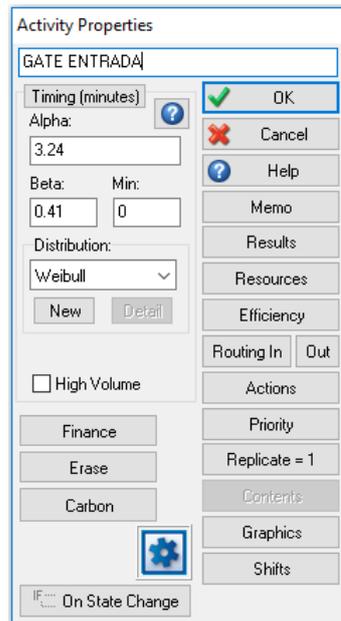
As Figuras a seguir mostram as janelas de configuração dos 3 blocos com os valores utilizados

Para a operação com 1 navio.

4.5.3.2 Processo 1 – Gate de entrada

O processo do Gate de entrada foi modelado para uma distribuição Weibull com alfa igual a 3,24 e beta igual a 0,41 minutos. O tempo para realização deste processo não depende do tamanho do caminhão.

Figura 17 – Configurações bloco Gate de entrada

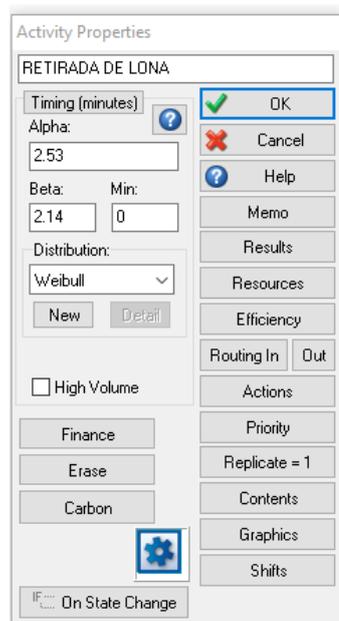


Fonte: Autor (2018).

4.5.3.3 Processo 2 – Retirada de lona

Nesta etapa o tamanho do caminhão também não influi no tempo do processo, desta forma o bloco foi modelado para uma distribuição Weibull com alfa igual a 2,53 e beta igual a 2,14 minutos.

Figura 18 – Configurações retirada de lona

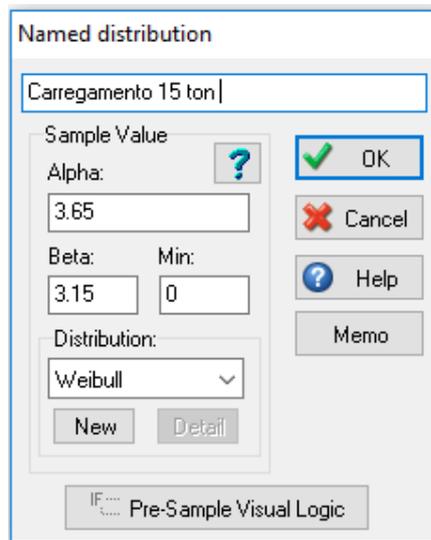


Fonte: Autor (2018).

4.5.3.4 Processo 3 – Carregamento

Nesta etapa o tamanho do caminhão tem influência no tempo do processo, então o foram modeladas 3 distribuições Weibull com mesmo fator de forma (beta) e diferentes alfas, uma para cada tamanho definido de caminhão. O bloco reconhece cada caminhão devido a etiqueta (label) em que cada start point gerou para cada diferente porte de caminhão.

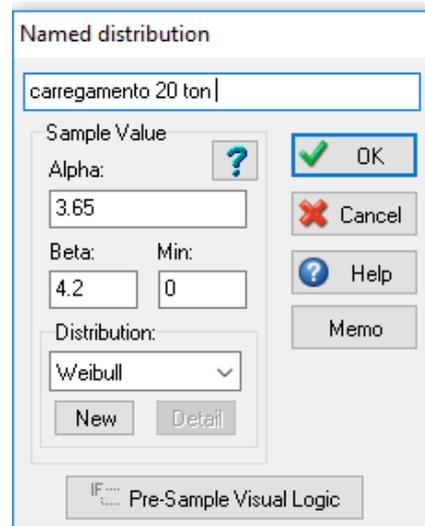
Figura 19 – Distribuição para caminhões de 15ton de carregamento



The screenshot shows a software dialog box titled "Named distribution". At the top, there is a text input field containing "Carregamento 15 ton". Below this, there are several input fields: "Alpha:" with a value of "3.65", "Beta:" with a value of "3.15", and "Min:" with a value of "0". A "Sample Value" label is present with a question mark icon. A "Distribution:" dropdown menu is set to "Weibull". At the bottom left, there are "New" and "Detail" buttons. At the bottom center, there is a "Pre-Sample Visual Logic" button. On the right side, there are four buttons: "OK" (with a green checkmark), "Cancel" (with a red X), "Help" (with a blue question mark), and "Memo".

Fonte: Autor (2018).

Figura 20 – Distribuição para caminhões de 20 ton de carregamento



The screenshot shows a software dialog box titled "Named distribution". At the top, there is a text input field containing "carregamento 20 ton". Below this, there are several input fields: "Alpha:" with a value of "3.65", "Beta:" with a value of "4.2", and "Min:" with a value of "0". A "Sample Value" label is present with a question mark icon. A "Distribution:" dropdown menu is set to "Weibull". At the bottom left, there are "New" and "Detail" buttons. At the bottom center, there is a "Pre-Sample Visual Logic" button. On the right side, there are four buttons: "OK" (with a green checkmark), "Cancel" (with a red X), "Help" (with a blue question mark), and "Memo".

Fonte: Autor (2018).

Figura 21 – Distribuição para caminhões de 25 ton de carregamento

Named distribution

carregamento 25 ton

Sample Value ?

Alpha: 3.65

Beta: 5.25 Min: 0

Distribution: Weibull

New Detail

IF... Pre-Sample Visual Logic

OK Cancel Help Memo

Fonte: Autor (2018).

4.5.3.5 Processo 4 – Recolocação de lona

Nesta etapa o tamanho do caminhão também não influi no tempo do processo, desta forma o bloco foi modelado para uma distribuição Weibull com alfa igual a 2,29 e beta igual a 3,25.

Figura 222 – Configurações retirada de lona

Activity Properties

RECOLOCAÇÃO DE LONA

Timing (minutes) ?

Alpha: 2.29

Beta: 3.25 Min: 0

Distribution: Weibull

New Detail

IF... On State Change

OK Cancel Help Memo Results Resources Efficiency Routing In Out Actions Priority Replicate = 1 Contents Graphics Shifts

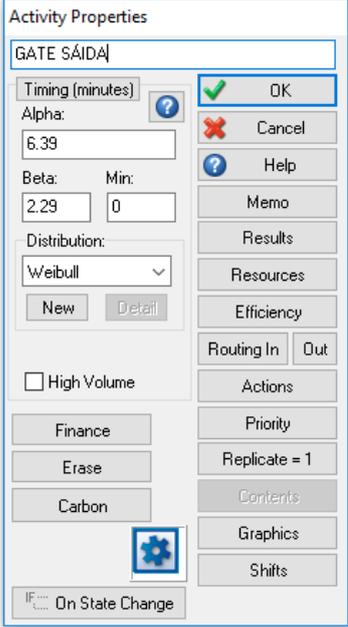
High Volume Finance Erase Carbon

Fonte: Autor (2018).

4.5.3.6 Processo 5 – Gate de saída

Nesta etapa o bloco tem 2 configurações, antes e depois da modernização. O alfa das 2 configurações é o mesmo e tem valor 6,39 enquanto o beta antes da modernização é igual a 2,29 e depois da modernização fica com o valor 0.41.

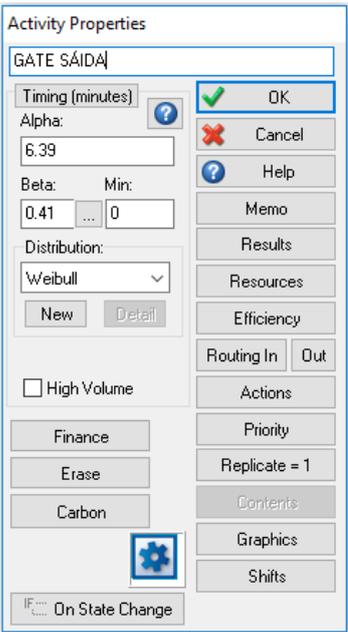
Figura 23 – Configurações Gate de saída pré modernização



The screenshot shows the 'Activity Properties' dialog box for an activity named 'GATE SÁIDA'. The 'Timing (minutes)' section is expanded, showing the 'Alpha' value as 6.39 and the 'Beta' value as 2.29. The 'Min.' value is 0. The 'Distribution' is set to 'Weibull'. The 'High Volume' checkbox is unchecked. The 'On State Change' field is empty. The 'OK' button is highlighted with a green checkmark.

Fonte: Autor (2018).

Figura 24 – Configurações Gate de saída pós modernização



The screenshot shows the 'Activity Properties' dialog box for an activity named 'GATE SÁIDA'. The 'Timing (minutes)' section is expanded, showing the 'Alpha' value as 6.39 and the 'Beta' value as 0.41. The 'Min.' value is 0. The 'Distribution' is set to 'Weibull'. The 'High Volume' checkbox is unchecked. The 'On State Change' field is empty. The 'OK' button is highlighted with a green checkmark.

Fonte: Autor (2018).

5 RESULTADOS

5.1 RESULTADOS

É importante destacar, antes da apresentação dos resultados, que são esperados valores de tempo total no sistema abaixo dos tempos da realidade, pois foi considerado nulo o tempo de deslocamentos entre processos. Mas como o objetivo deste estudo é em caráter qualitativo em relação ao Gate de saída as medidas de desempenho mais relevantes serão em relação as filas e em relação a porcentagem de tempo em serviço e tempo ocioso dos processos.

5.1.1 Cenários com 1 navio em operação

5.1.1.1 Cenário 0

Tabela 4 – Resultados referentes ao start point, pre-modernização

| | Número de caminhos que entraram no sistema |
|-------------------------|--------------------------------------------|
| Chegada caminhão 15 ton | 72 |
| Chegada caminhão 20 ton | 114 |
| Chegada caminhão 25 ton | 155 |
| Total | 341 |

Fonte: Autor (2018)

A partir da análise da Tabela 5, percebe-se que as filas medias de cada processo estão abaixo de 1 caminhão, desta forma não é possível afirmar que o Gate é necessariamente um gargalo da produção em 100% do tempo, porém nota-se que a maior fila registrada foi justamente no Gate de saída com o valor de 6 caminhões, se esse fosse o único cenário do estudo a modernização do Gate de saída não seria justificada pelo resultado das filas.

A Tabela 6 mostra que o processo com maior tempo em serviço foi o carregamento, esse dado caracterizaria esse posto como um gargalo da produção se os valores de fila desse processo fossem muito altos. Já o processo Gate de saída apresentou valores que não justificam sua modernização pois em cerca de metade do tempo de operação esse posto ficou ocioso.

Tabela 5 – Resultados referentes às filas com 1 navio, pre-modernização

| | TAMANHO MEDIO DA FILA | TAMANHO MAXIMO DA FILA | TEMPO MEDIO DE FILA (MIN) | MAXIMO TEMPO DE FILA (MIN) |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|
| FILA GATE | 0,00 | 2 | 0,019 | 0,5 |
| FILA RETIRADA DE LONA | 0,18 | 4 | 1,8 | 7,5 |
| FILA CARREGAMENTO | 0,97 | 6 | 5,5 | 22,1 |
| FILA RECOLOCAR LONA | 0,22 | 3 | 2 | 8,95 |
| FILA GATE SAÍDA | 0,13 | 4 | 0,8 | 3,7 |

Fonte: Autor (2018)

Tabela 6 – Resultados referentes aos processos com 1 navio, pre-modernização

| | % tempo em serviço | % tempo ocioso | numero de entidades que passaram pelo processo |
|------------------|--------------------|----------------|------------------------------------------------|
| GATE ENTRADA | 8,9 | 91,1 | 341 |
| RETIRADA DE LONA | 44,7 | 55,3 | 341 |
| CARREGAMENTO | 77,1 | 22,9 | 337 |
| RECOLOCAR LONA | 68,2 | 31,8 | 336 |
| GATE SAÍDA | 50,1 | 49,1 | 335 |

Fonte: Autor (2018)

O tempo médio registrado na Tabela 7 é abaixo do esperado para simulação, isso pode ter acontecido pela consideração dos tempos de deslocamento como nulos.

Tabela 7 – Resultados referentes ao end point com 1 navio, pre-modernização

| | |
|--------------------------------------------------------|------|
| Número de caminhões que realizaram a operação completa | 335 |
| Tempo mínimo (min) | 12,5 |
| Tempo máximo (min) | 48,9 |
| Tempo médio (min) | 26,4 |

Fonte: Autor (2018)

5.1.1.2 Cenário 1

Não houve alteração em relação aos resultados pre modernização no start point.

Como era esperado houve diminuição no tamanho da fila e no tempo de fila (médio e máximo) do processo Gate de saída (médio e máximo). A modernização

fez com que o tempo de serviço do Gate ficasse muito baixo mostrando alta eficiência no processo.

Tabela 8 – Resultados referentes ao start point, pós-modernização

| | Número de caminhos que entraram no sistema |
|-------------------------|--------------------------------------------|
| Chegada caminhão 15 ton | 72 |
| Chegada caminhão 20 ton | 114 |
| Chegada caminhão 25 ton | 155 |
| Total | 341 |

Fonte: Autor (2018)

Tabela 9 – Resultados referentes às filas com 1 navio, pós-modernização

| | TAMANHO MEDIO DA FILA | TAMANHO MAXIMO DA FILA | TEMPO MEDIO DE FILA (MIN) | MAXIMO TEMPO DE FILA (MIN) |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|
| FILA GATE | 0,01 | 2 | 0,019 | 0,5 |
| FILA RETIRADA DE LONA | 0,18 | 4 | 1,8 | 7,5 |
| FILA CARREGAMENTO | 0,97 | 6 | 5,5 | 22,1 |
| FILA RECOLOCAR LONA | 0,22 | 3 | 2 | 8,95 |
| FILA GATE SAÍDA | 0,05 | 1 | 0,3 | 1,0 |

Fonte: Autor (2018)

A modernização diminuiu a porcentagem do tempo em serviço do processo Gate de saída de 50,1% para 8,9%

Tabela 10 – Resultados referentes aos processos com 1 navio, pós-modernização

| | % tempo em serviço | % tempo ocioso | numero de entidades que passaram pelo processo |
|------------------|--------------------|----------------|------------------------------------------------|
| GATE ENTRADA | 91,1 | 8,9 | 341 |
| RETIRADA DE LONA | 44,7 | 55,3 | 341 |
| CARREGAMENTO | 77,1 | 22,9 | 337 |
| RECOLOCAR LONA | 68,2 | 31,8 | 336 |
| GATE SAÍDA | 8,9 | 91,1 | 335 |

Fonte: Autor (2018)

Houve diminuição no tempo mínimo médio e máximo dos caminhões na operação, demonstrando que a modernização afetou o tempo médio causando uma diminuição de 26,4 minutos para 18,9 minutos.

Tabela 11 – Resultados referentes ao end point com 1 navio, pós-modernização

| | |
|--------------------------------------------------------|------|
| Número de caminhões que realizaram a operação completa | 335 |
| Tempo mínimo (min) | 10,3 |
| Tempo máximo (min) | 39,4 |
| Tempo médio (min) | 18,9 |

Fonte: Autor (2018)

5.1.2 Cenários com 2 navios em operação

5.1.2.1 Cenário 2

Tabela 12 – Resultados referentes ao start point, pré-modernização

| | Número de caminhões que entraram no sistema |
|-------------------------|---------------------------------------------|
| Chegada caminhão 15 ton | 147 |
| Chegada caminhão 20 ton | 228 |
| Chegada caminhão 25 ton | 372 |
| Total | 747 |

Fonte: Autor (2018)

Na Tabela 13 é possível verificar que para a operação com 2 navios no porto os tamanhos médio e máximo da fila no Gate de saída foram muito altos, tais valores na realidade são improváveis de acontecer, pois na área do porto não tem espaço para abrigar uma fila com 75 caminhões, que foi o tamanho máximo de fila registrado pela simulação, porém tais resultados justificam em caráter prerrogativo a modernização do Gate. É importante observar também que as filas dos processos de recolocação de lona atingiram valores mais altos do que os valões de fila dos processos de carregamento, algo que não aconteceu no cenário com 1 navio.

A Tabela 14 mostra altos valores para a porcentagem do tempo em serviço para os processos de carregamento e de recolocação de lona, todos acima de 73% do tempo, porém o Gate de saída ficou em serviço em 99% tempo o que o caracteriza, juntamente com os valores registrado de fila do Gate de saída, como um gargalo da produção, justificando assim a modernização

Tabela 13 – Resultados referentes às filas com 2 navios, pre-modernização

| | TAMANHO MEDIO DA FILA | TAMANHO MAXIMO DA FILA | TEMPO MEDIO DE FILA (MIN) | MAXIMO TEMPO DE FILA (MIN) |
|-------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|
| FILA GATE | 0,04 | 2 | 0,22 | 1 |
| FILA RETIRADA DE LONA | 0,7 | 2 | 1,1 | 3,8 |
| FILA RETIRADA DE LONA 2 | 0,7 | 3 | 1,3 | 4,8 |
| FILA CARREGAMENTO | 0,6 | 5 | 1,3 | 4,1 |
| FILA CARREGAMENTO2 | 0,6 | 4 | 1,4 | 4,1 |
| FILA RECOLOCAR LONA | 1,2 | 9 | 4,3 | 13,2 |
| FILA RECOLOCAR LONA2 | 1,1 | 9 | 5,2 | 15,3 |
| FILA GATE SAÍDA | 35 | 75 | 77,4 | 119,3 |

Fonte: Autor (2018)

Tabela 14 – Resultados referentes aos processos com 2 navios, pré-modernização

| | % tempo wm serviço | % tempo ocioso | numero de entidades que passaram pelo processo |
|--------------------|--------------------|----------------|------------------------------------------------|
| GATE ENTRADA | 19,1 | 80,9 | 746 |
| RETIRADA DE LONA | 47,9 | 52,1 | 373 |
| RETIRADA DE LONA 2 | 50,3 | 49,7 | 372 |
| CARREGAMENTO | 83,3 | 16,7 | 371 |
| CARREGAMENTO 2 | 81,8 | 18,2 | 370 |
| RECOLOCAR LONA | 73,8 | 26,2 | 370 |
| RECOLOCAR LONA 2 | 73,4 | 26,6 | 369 |
| GATE SAÍDA | 99,1 | 0,9 | 670 |

Fonte: Autor (2018)

O tempo médio de operação presente na Tabela 17 é um valor coerente para a operação com 2 navios segundo a planilha cedida pelo porto e conversas com funcionários do porto.

Tabela 15 – Resultados referentes ao end point com 2 navios, pré-modernização

| | |
|--------------------------------------------------------|-------|
| Número de caminhões que realizaram a operação completa | 670 |
| Tempo mínimo (min) | 15,4 |
| Tempo máximo (min) | 165,9 |
| Tempo médio (min) | 94,25 |

Fonte: Autor (2018)

5.1.2.2 Cenário 3

Não houve alteração em relação aos resultados pre modernização da operação com 2 navios no start point.

Tabela 16 – Resultados referentes ao start point, pós-modernização

| | Número de caminhos que entraram no sistema |
|-------------------------|--------------------------------------------|
| Chegada caminhão 15 ton | 147 |
| Chegada caminhão 20 ton | 228 |
| Chegada caminhão 25 ton | 372 |
| Total | 747 |

Fonte: Autor (2018)

Os resultados das filas registrados na Tabela 17, mostram o quão expressiva é a modernização nos tempos de fila do Gate de saída, o tamanho máximo da fila caiu de 75 para 4 e o tamanho médio caiu de 35 para 0,4 caminhões.

Tabela 17 – Resultados referentes às filas com 2 navios, pós-modernização

| | TAMANHO MEDIO DA FILA | TAMANHO MAXIMO DA FILA | TEMPO MEDIO DE FILA (MIN) | MAXIMO TEMPO DE FILA (MIN) |
|-------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|
| FILA GATE | 0,04 | 2 | 0,22 | 1 |
| FILA RETIRADA DE LONA | 0,7 | 2 | 1,1 | 3,8 |
| FILA RETIRADA DE LONA 2 | 0,7 | 3 | 1,3 | 4,8 |
| FILA CARREGAMENTO | 0,6 | 5 | 1,3 | 4,1 |
| FILA CARREGAMENTO2 | 0,6 | 4 | 1,4 | 4,1 |
| FILA RECOLOCAR LONA | 1,2 | 9 | 4,3 | 13,2 |
| FILA RECOLOCAR LONA2 | 1,1 | 9 | 5,2 | 15,3 |
| FILA GATE SAÍDA | 35 | 75 | 77,4 | 119,3 |

Fonte: Autor (2018)

A mudança em relação aos resultados dos processos pré-modernização para a operação com 2 navios mostrada pela Tabela 18 é em relação a porcentagem do tempo em serviço do Gate de saída que caiu de 99,1% para 19,5%. Desta forma, a modernização do Gate fez com que os gargalos da produção na operação com 2 navios passassem do Gate de saída para os processos de carregamento e para os processos de retirada de lona.

A diminuição nos tempos totais médio e máximo da operação foi muito expressiva, o tempo máximo caiu de 165,9 minutos para 46,14 minutos e o tempo médio caiu de 94,25 minutos para 19,5 minutos.

Tabela 18 – Resultados referentes aos processos com 2 navios, pós-modernização

| | % tempo wm serviço | % tempo ocioso | numero de entidades que passaram pelo processo |
|--------------------|--------------------|----------------|------------------------------------------------|
| GATE ENTRADA | 19,1 | 80,9 | 746 |
| RETIRADA DE LONA | 47,9 | 52,1 | 373 |
| RETIRADA DE LONA 2 | 50,3 | 49,7 | 372 |
| CARREGAMENTO | 83,3 | 16,7 | 371 |
| CARREGAMENTO 2 | 81,8 | 18,2 | 370 |
| RECOLOCAR LONA | 73,8 | 26,2 | 370 |
| RECOLOCAR LONA 2 | 73,4 | 26,6 | 369 |
| GATE SAÍDA | 19,5 | 80,5 | 670 |

Fonte: Autor (2018)

Tabela 19 – Resultados referentes ao end point com 2 navios, pós-modernização

| | |
|--------------------------------------------------------|-------|
| Número de caminhões que realizaram a operação completa | 738 |
| Tempo mínimo (min) | 11,4 |
| Tempo máximo (min) | 46,14 |
| Tempo médio (min) | 19,5 |

Fonte: Autor (2018)

5.1.3 Cenários com 3 navios em operação

5.1.1.1 Cenário 4

Tabela 20 – Resultados referentes ao start point, pré-modernização, para 3 navios

| | Número de caminhos que entraram no sistema |
|-------------------------|--------------------------------------------|
| Chegada caminhão 15 ton | 270 |
| Chegada caminhão 20 ton | 320 |
| Chegada caminhão 25 ton | 416 |
| Total | 1006 |

Fonte: Autor (2018)

A Tabela 21 mostra que, semelhante a operação com 2 navios, os valores do tamanho da fila médio e máximo do Gate de saída foram muito altos e é improvável que aconteçam na realidade, pois o porto não tem espaço físico para abrigar uma fila de 96 caminhões no Gate de saída. É importante observar também que foram registrados altos valores para as filas no processo de carregamento

Tabela 21 – Resultados referentes às filas com 3 navios, pré-modernização

| | TAMANHO MEDIO DA FILA | TAMANHO MAXIMO DA FILA | TEMPO MEDIO DE FILA (MIN) | MAXIMO TEMPO DE FILA (MIN) |
|-------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|
| FILA GATE | 0,4 | 3 | 0,28 | 1,3 |
| FILA RETIRADA DE LONA | 0,3 | 2 | 1,1 | 2,8 |
| FILA RETIRADA DE LONA 2 | 0,3 | 3 | 0,8 | 2,2 |
| FILA RETIRADA DE LONA 3 | 0,2 | 3 | 1,6 | 4,6 |
| FILA CARREGAMENTO | 5,4 | 16 | 6,6 | 31,9 |
| FILA CARREGAMENTO 2 | 3,1 | 10 | 8,5 | 40,5 |
| FILA CARREGAMENTO3 | 4,5 | 11 | 8,5 | 30,9 |
| FILA RECOLOCAR LONA | 1,3 | 7 | 4,3 | 15,2 |
| FILA RECOLOCAR LONA 2 | 1,2 | 7 | 4,2 | 15,6 |
| FILA RECOLOCAR LONA3 | 1,2 | 8 | 3,9 | 16,0 |
| FILA GATE SAÍDA | 40 | 96 | 76,2 | 170 |

Fonte: Autor (2018)

A Tabela 22 mostra altos valores para a porcentagem do tempo em serviço para os processos de carregamento, todos acima de 80% do tempo, porém o Gate de saída ficou em serviço em 98% tempo o que o caracteriza, juntamente com os valores registrado de fila do Gate de saída, como um gargalo da produção, justificando assim a modernização.

Diferentemente da operação com 2 navios, a porcentagem do tempo em serviço dos processos de recolocação de lona ficou em torno dos 50%.

Tabela 22 – Resultados referentes aos processos com 3 navios, pré-modernização

| | % tempo wm serviço | % tempo ocioso | numero de entidades que passaram pelo processo |
|--------------------|--------------------|----------------|------------------------------------------------|
| GATE ENTRADA | 19,1 | 80,9 | 1006 |
| RETIRADA DE LONA | 33,3 | 66,7 | 335 |
| RETIRADA DE LONA 2 | 68 | 32 | 334 |
| RETIRADA DE LONA 3 | 32 | 68 | 337 |
| CARREGAMENTO | 81,5 | 18,5 | 335 |
| CARREGAMENTO 2 | 86,9 | 17,1 | 334 |
| CARREGAMENTO 3 | 84,6 | 15,4 | 337 |
| RECOLOCAR LONA | 50,6 | 49,4 | 334 |
| RECOLOCAR LONA 2 | 53,8 | 46,2 | 334 |
| RECOLOCAR LONA 3 | 51,1 | 48,9 | 336 |
| GATE SAÍDA | 98,4 | 1,6 | 906 |

Fonte: Autor (2018)

Tabela 23 – Resultados referentes ao end point com 3 navios, pré-modernização

| | |
|--------------------------------------------------------|-------|
| Número de caminhões que realizaram a operação completa | 950 |
| Tempo mínimo (min) | 10.64 |
| Tempo máximo (min) | 220,9 |
| Tempo médio (min) | 97.4 |

Fonte: Autor (2018)

Os tempos médio e máximo registrados pela simulação são coerentes com o observado na planilha cedida pelo porto e conversas com funcionários do porto.

5.1.1.2 Cenário 5

Não houve alteração em relação aos resultados pre modernização da operação com 2 navios no start point.

Tabela 24 – Resultados referentes ao start point, pós-modernização, com 3 navios

| | Número de caminhos que entraram no sistema |
|-------------------------|--------------------------------------------|
| Chegada caminhão 15 ton | 270 |
| Chegada caminhão 20 ton | 320 |
| Chegada caminhão 25 ton | 416 |
| Total | 1006 |

Fonte: Autor (2018)

Mais uma vez é possível perceber a grande diminuição nos valores do tamanho médio e máximo das filas do Gate de saída e do tempo de espera médio e máximo das filas

Mais uma vez é possível perceber a grande diminuição nos valores do tamanho médio e máximo das filas do Gate de saída e do tempo de espera médio e máximo das filas. Demonstrando que na operação com 3 navios a modernização é necessária.

A mudança em relação aos resultados dos processos pré-modernização para a operação com 3 navios mostrada pela Tabela 26 é em relação a porcentagem do tempo em serviço do Gate de saída que caiu de 98,4% para 19,8%. Desta forma, a modernização do Gate fez com que os gargalos da produção na

operação com 3 navios passassem do Gate de saída para os processos de carregamento.

Tabela 25 – Resultados referentes às filas com 3 navios, pós-modernização

| | TAMANHO MEDIO DA FILA | TAMANHO MAXIMO DA FILA | TEMPO MEDIO DE FILA (MIN) | MAXIMO TEMPO DE FILA (MIN) |
|-------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|
| FILA GATE | 0,4 | 3 | 0,28 | 1,3 |
| FILA RETIRADA DE LONA | 0,3 | 2 | 1,1 | 2,8 |
| FILA RETIRADA DE LONA 2 | 0,3 | 3 | 0,8 | 2,2 |
| FILA RETIRADA DE LONA 3 | 0,2 | 3 | 1,6 | 4,6 |
| FILA CARREGAMENTO | 5,4 | 16 | 6,6 | 31,9 |
| FILA CARREGAMENTO 2 | 3,1 | 10 | 8,5 | 40,5 |
| FILA CARREGAMENTO3 | 4,5 | 11 | 8,5 | 30,9 |
| FILA RECOLOCAR LONA | 1,3 | 7 | 4,3 | 15,2 |
| FILA RECOLOCAR LONA 2 | 1,2 | 7 | 4,2 | 15,6 |
| FILA RECOLOCAR LONA3 | 1,2 | 8 | 3,9 | 16,0 |
| FILA GATE SAÍDA | 1,5 | 5 | 0,9 | 1,8 |

Fonte: Autor (2018)

Tabela 26 – Resultados referentes aos processos com 3 navios, pós-modernização

| | % tempo wm serviço | % tempo ocioso | numero de entidades que passaram pelo processo |
|--------------------|--------------------|----------------|------------------------------------------------|
| GATE ENTRADA | 19,1 | 80,9 | 1006 |
| RETIRADA DE LONA | 33,3 | 66,7 | 335 |
| RETIRADA DE LONA 2 | 68 | 32 | 334 |
| RETIRADA DE LONA 3 | 32 | 68 | 337 |
| CARREGAMENTO | 81,5 | 18,5 | 335 |
| CARREGAMENTO 2 | 86,9 | 17,1 | 334 |
| CARREGAMENTO 3 | 84,6 | 15,4 | 337 |
| RECOLOCAR LONA | 50,6 | 49,4 | 334 |
| RECOLOCAR LONA 2 | 53,8 | 46,2 | 334 |
| RECOLOCAR LONA 3 | 51,1 | 48,9 | 336 |
| GATE SAÍDA | 19,8 | 80,2 | 993 |

Fonte: Autor (2018)

A Tabela 27 mostra uma grande diminuição no tempo médio de 97.4 minutos para 19,5 minutos e no tempo máximo de 220 minutos para 54,8 minutos dos caminhões na área do porto, demonstrando assim o grande impacto da modernização no tempo nos tempos totais do processo.

Tabela 27 – Resultados referentes ao end point com 3 navios, pós-modernização

| | |
|--------------------------------------------------------|-------|
| Número de caminhões que realizaram a operação completa | 993 |
| Tempo mínimo (min) | 10,44 |
| Tempo máximo (min) | 54,8 |
| Tempo médio (min) | 19,50 |

Fonte: Autor (2018)

5.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir da observação dos resultados percebe-se que a modernização do Gate de saída afeta significativamente os tempos totais do processo com 2 e 3 navios e os tamanhos de suas filas fazendo com que o Gate de saída possa ser considerado um gargalo da produção quando a operação é feita com 2 ou 3 navios. Porém na operação com somente 1 navio, apesar de haver diminuição no tempo total da operação e também diminuição no tamanho das filas, o Gate de saída não pode ser considerado um grande gargalo da produção pois as maiores filas pré-modernização também podem estar no posto de carregamento.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Ao longo da realização do presente trabalho o autor, quando visitou o Porto de São Francisco do Sul e observou a operação, conseguiu identificar a sequência dos processos, verificou como as etapas são realizadas e realizou a coleta de dados, desta forma foi possível identificar as condições de contorno e os fatores que influenciam na operação dos caminhões no porto.

Com os dados coletados e a revisão bibliográfica sobre simulação de eventos discretos, o objetivo de modelar o problema no software logístico Simul8 foi alcançado. Tal ferramenta computacional provou-se muito eficaz mesmo com a pouca quantidade de dados que foi coletada. Com a simulação foi possível perceber que o Gate de saída é realmente um gargalo da operação portuária com quando o porto está operando com 2 ou 3 navios e que, após a simulação com o Gate de saída modernizado, o gargalo da produção passou a ser o processo de carregamento da operação – desta forma atingiu-se o objetivo de avaliar os gargalos da produção antes da modernização e projetar onde será o próximo gargalo da produção após o Gate ser modernizado.

O objetivo específico que não foi alcançado completamente foi o de estimar o ganho em produtividade da modernização em valores exatos, pois as considerações adotadas pioram o intervalo de confiança dos resultados.

Além da modernização do Gate, o Porto de São Francisco do Sul pode tomar outras providencias para melhorar sua produtividade. Como o porto em questão é um porto público, o modelo portuário adotado é o landlord port. Nesse modelo, como foi destacado no Capítulo 2, os operadores portuários são os donos da superestrutura fazendo com que haja quase sempre superestrutura ociosa, pois diferentes operadores possuem o mesmo tipo de maquinário – superestrutura parada não gera receita. Uma solução para esse problema seria o arrendamento de cada berço para somente um operador, desta forma não haveria ociosidade de maquinário pesado. Outra possibilidade seria a mudança no modelo portuário brasileiro dos portos públicos de landlord port para tool port, onde toda a superestrutura está nas mãos do poder público.

De maneira geral, o objetivo do estudo que era analisar o processo de descarregamento de carga granel no Porto de São Francisco do Sul a fim de avaliar o Impacto da modernização do Gate de saída foi atingido.

Por fim, após a análise do processo isolado de descarregamento de carga granel, é possível sugerir trabalhos futuros em relação ao Porto de São Francisco do Sul como de realizar a simulação para todos os tipos operação de descarregamento de navios neste porto e avaliar o impacto no Gate de saída. A operação de descarregamento de bobinas de aço, por exemplo, que é outro tipo de carga que o Porto de São Francisco do Sul movimenta bastante. Em relação ao carregamento de navios no porto a sugestão para trabalhos futuros seria somente em relação aos navios de carga geral solta que é o tipo de carga que utiliza caminhões para a operação de carregamento no Porto de São Francisco do Sul.

REFERÊNCIAS

ANTAQ. **Movimentação de carga no setor portuário cresce 83**. Disponível em: <<http://portal.antaq.gov.br/index.php/2018/02/15/movimentacao-de-carga-no-setor-portuario-cresce-83/>>. Acesso em: 24/06/2018.

BRASIL. **Secretaria dos portos**, Governo federal. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/sobre/perguntas-frequentes>>. Acesso em 29/04/2018.

MIRANDA, Arthur. **O setor portuário desde a lei de modernização dos portos**. Disponível em: <<http://jusliberdade.com.br/o-setor-portuario-desde-a-lei-de-modernizacao-dos-portos-1993-2017/>>. Acesso em: 24/06/2018.

PARAGON. **O que é simulação**. Disponível em: <<http://www.paragon.com.br/academico/o-que-e-simulacao/>>. Acesso em: 24/06/2018.

PORTO GENTE. **Autoridade portuária privada: uma velha conhecida** Disponível em: <<https://portogente.com.br/colunistas/carla-diequez/27418-a-autoridade-portuaria-privada-uma-velha-conhecida>>. Acesso em: 24/06/2018.

NILA, Safira. **Os impactos da lei 12.815/13 no sistema portuário brasileiro**. Revista JUS navegante 2004 Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/27093/impactos-da-lei-12-815-13-no-sistema-portuario-brasileiro/2>>. Acesso em: 24/06/2018.

ANDRADE, Eduardo Leopoldino de. **Introdução à pesquisa operacional**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à pesquisa operacional**. 9.ed. Porto alegre: AMGH, 2013

TAHA, Hamdy A. **Pesquisa operacional**. 8. ed. São Paulo: Pearson, 2008.

AGRIEXPO. **Extratora de grãos**. 2018. Disponível em: <<http://www.agriexpo.online/pt/prod/vigan/product-176805-20765.html>>. Acesso em: 26 jun. 2018.

PINHO, Bruno et al. **Metodologia e ferramentas para a simulação de processos** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro 2009. 111 slides coloridos

CHWIF, Leonardo et. al. **Introdução ao SIMUL8 [livro eletrônico] Um guia prático**. 1.ed. São Paulo, 2013

PORTO ITAPOÁ. **Institucional:** Infraestrutura do Porto Itapoá. 2018. Disponível em: <<http://www.portoitapoa.com.br/institucional/68>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

BRESSAN, Graça. **Modelagem e Simulação de Sistemas Computacionais.** 2002. Notas de aula. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2446242/mod_resource/content/1/modsim03.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2018.

APÊNDICE

| tempo gate de entrada | |
|-----------------------|-----|
| 0,233 | min |
| 0,167 | min |
| 0,517 | min |
| 0,433 | min |
| 0,250 | min |
| 0,333 | min |
| 0,517 | min |
| 0,317 | min |
| 0,383 | min |
| 0,550 | min |
| 0,383 | min |

| tempo de retirada de lona | |
|---------------------------|-----|
| 2,6 | min |
| 1,4 | min |
| 2,3 | min |
| 3,8 | min |
| 1,0 | min |
| 1,4 | min |
| 1,6 | min |
| 1,7 | min |
| 1,4 | min |
| 2,4 | min |
| 1,5 | min |

| tempo de carregamento | | peso carregado | |
|-----------------------|-----|----------------|-----|
| 3,92 | min | 22.580,00 | ton |
| 6,50 | min | 20.800,00 | ton |
| 1,42 | min | 14.280,00 | ton |
| 3,25 | min | 21.560,00 | ton |
| 3,72 | min | 23.160,00 | ton |
| 3,58 | min | 22.500,00 | ton |
| 5,60 | min | 24.380,00 | ton |
| 5,75 | min | 27.240,00 | ton |
| 4,98 | min | 32.560,00 | ton |

| | | | |
|-----------------------|-----|----------------|-----|
| 3,17 | min | 17.800,00 | ton |
| 5,52 | min | 23.140,00 | ton |
| tempo de carregamento | | peso carregado | |
| 3,92 | min | 22.580,00 | ton |
| 6,50 | min | 20.800,00 | ton |
| 1,42 | min | 14.280,00 | ton |
| 3,25 | min | 21.560,00 | ton |
| 3,72 | min | 23.160,00 | ton |
| 3,58 | min | 22.500,00 | ton |
| 5,60 | min | 24.380,00 | ton |
| 5,75 | min | 27.240,00 | ton |
| 4,98 | min | 32.560,00 | ton |
| 3,17 | min | 17.800,00 | ton |
| 5,52 | min | 23.140,00 | ton |

| | |
|------------------------------|-----|
| tempo de recolocação da lona | |
| 3,03 | min |
| 1,33 | min |
| 5,33 | min |
| 4,00 | min |
| 1,67 | min |
| 3,47 | min |
| 4,15 | min |
| 2,00 | min |
| 2,13 | min |
| 1,67 | min |
| 0,383 | min |

| | |
|------------------------|-----|
| tempo no Gate de saída | |
| 2,02 | min |
| 1,90 | min |
| 1,68 | min |
| 1,78 | min |
| 1,55 | min |
| 2,12 | min |
| 2,37 | min |
| 2,15 | min |
| 2,28 | min |
| 1,90 | min |

| | |
|------|-----|
| 1,80 | min |
| 1,73 | min |
| 2,42 | min |
| 2,77 | min |
| 2,03 | min |
| 1,97 | min |
| 2,52 | min |
| 2,57 | min |
| 3,00 | min |