

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE - UENF
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PATRICK JHULLYAN DOS SANTOS RIBEIRO SOARES

**O USO DA SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS NA REDUÇÃO DE
GARGALOS EM PROCESSOS LOGÍSTICOS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA
INDÚSTRIA METAL MECÂNICA**

CAMPOS DOS GOYTACAZES

Agosto - 2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE - UENF
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PATRICK JHULLYAN DOS SANTOS RIBEIRO SOARES

**O USO DA SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS NA REDUÇÃO DE
GARGALOS EM PROCESSOS LOGÍSTICOS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA
INDÚSTRIA METAL MECÂNICA**

Dissertação apresentada ao Laboratório de Engenharia de Produção - LEPROD, da Universidade Estadual do Norte Fluminenses Darcy Ribeiro - UENF – Campos / RJ, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof^a: Gudelia Morales de Arica

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ

Agosto – 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pelo autor.

S676

Soares, Patrick Jhullyan dos Santos Ribeiro.

O uso da simulação de eventos discretos na redução de gargalos em processos logísticos : um estudo de caso em uma indústria metal mecânica / Patrick Jhullyan dos Santos Ribeiro Soares. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2018.

118 f. : il.

Bibliografia: 95 - 102.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciência e Tecnologia, 2018.

Orientadora: Gudelia Guillermina Morales de Arica.

1. Recebimento de Materiais. 2. Filas. 3. Gestão de Processos de Negócios – BPM. 4. Indicadores de Desempenho. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 658.5

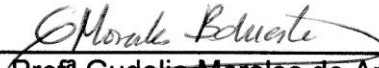
PATRICK JHULLYAN DOS SANTOS RIBEIRO SOARES

**O USO DA SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS NA REDUÇÃO DE
GARGALOS EM PROCESSOS LOGÍSTICOS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA
INDÚSTRIA METAL MECÂNICA**

Dissertação apresentada ao Laboratório de Engenharia de Produção - LEPROD, da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF – Campos / RJ, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Aprovada em 31 de Agosto de 2018.

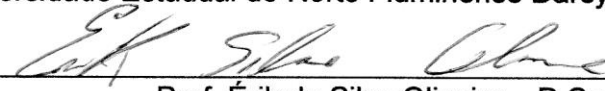
BANCA EXAMINADORA:


Prof.ª Gudelina Moraes de Arica – D.Sc

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF


Prof. José Ramón Arica Chávez– D.Sc

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF


Prof. Érik da Silva Oliveira – D.Sc

Universidade Federal Fluminense –UFF


Prof. Ítalo de Oliveira Matias – D.Sc

Universidade Cândido Mendes –UCAM

Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.

Agosto - 2018

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, primeiramente, ao meu Deus por ter me sustentado e me ajudado em todo esse tempo durante o mestrado. Sem o conhecimento e sabedoria dada por Ele, não conseguiria fazer nada em minha vida.

Dedico também a minha família, que incondicionalmente cooperaram com os meus estudos e as noites de sono mal dormidas. A minha família é a minha base, onde encontro paz e acalento.

(Além deles, não posso me esquecer dos meus queridos e amados sobrinhos (Maria Clara, Maria Eloah), avós (paternos - Valdecy e Umbecira *(in memorian)*); maternos – Maria Tereza e Miguel *(in memorian)*), tios e primos, que estão sendo representados por mim, como o pioneiro a obter um título de mestre na nossa família. Aqui fica o registro!

“E repousará sobre ele o Espírito do Senhor, o espírito de sabedoria e de entendimento, o espírito de conselho e de fortaleza, o espírito de conhecimento e de temor do Senhor”.

Isaías 11:2

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, porque Dele, por Ele e para Ele são todas as coisas. Só obtive este título, por permissão e que foi a vontade Dele para a minha vida.

Agradeço também a minha família, a minha mãe, Rosiane e ao meu pai, Carlos Vinícius por todo apoio, incentivo e preocupação comigo durante os meus estudos.

Aos meus irmãos, Pâmella, Pablo e Pollyana por entenderem e colaborarem com os meus objetivos de vida profissional.

A minha orientadora, Gudelia e ao meu coorientador, José Arica por todo ensino, revisão, *feedbacks* positivos ou negativos e por toda parceria. Obrigado, de coração, por toda ajuda, sem vocês, este trabalho não seria feito.

A todos os professores integrantes da banca por toda consideração feita a este trabalho.

Ao meu ex-aluno e amigo do Mestrado, Cristiano, por todo companheirismo nos artigos, incentivo, cobrança e por todas as dicas de ferramentas computacionais.

Ao professor Ítalo Matias e ao Túlio por me ajudarem com a simulação, uma vez que a mesma é peça fundamental para a realização deste trabalho.

A empresa por ter aberto as suas portas para que esse trabalho pudesse ser realizado, especialmente ao gerente de Qualidade e o responsável pelo Recebimento Fiscal.

A UENF pelo apoio financeiro

A todos os amigos do mestrado e a todos que diretamente ou indiretamente contribuíram e torceram para que eu pudesse conquistar mais uma etapa da minha vida, o meu título de Mestre.

RESUMO

Para manterem-se consolidadas no mercado competitivo, as empresas precisam encontrar meios de minimizar, ou eliminar gargalos em seus processos logístico-operacionais. Esses gargalos podem ser identificados por meio do mapeamento dos processos, modelados como um problema de fila, e analisados através de um modelo de simulação de eventos discretos. Esta técnica possibilita comparar cenários alternativos, de forma a propor eventuais mudanças. Assim, neste trabalho se usa a simulação discreta para propor melhoras de um processo logístico, ao eliminar e/ou reduzir os seus gargalos. Trata-se de um estudo e simulação computacional do processo de recebimento de materiais de uma Empresa Metal Mecânica Privada, localizada na Cidade de Campos dos Goytacazes – Rio de Janeiro. O processo logístico mais crítico, o recebimento, foi mapeado (em *Business Process Model and Notation* (BPMN)) e identificados os seus indicadores-chave de desempenho para efeitos de simulação. Diante disso, foram simulados os ganhos operacionais ocasionados, em diferentes cenários. Como resultado, obteve-se o comportamento dos gargalos no departamento e a proposta de um procedimento que otimiza o processo de recebimento, de forma a reduzir o tempo dos fornecedores/transportadores na fila em 50%.

PALAVRAS-CHAVE: Recebimento de Materiais, Filas, Gestão de Processos de Negócios –BPM, Indicadores de Desempenho.

ABSTRACT

Companies need to find ways to minimize or eliminate bottlenecks in their logistical-operational processes to remain consolidated in the competitive market. These bottlenecks can be identified by mapping processes, modeled as a queuing problem, and analyzed through a simulation model to discrete events. This technique allows comparing hypothetical scenarios to propose possible changes. Thus, this work uses the discrete simulation to propose improvements in a logistic process, by eliminating and/ or reducing its bottlenecks. It is a case study and computational simulation of the receiving materials process of a private Metal Mechanics Company, located in the city of Campos dos Goytacazes - Rio de Janeiro. Its most critical logistic process, the materials receiving, was mapped (in Business Process Model and Notation (BPMN)) and its key performance indicators were identified for simulation purposes. Based on that, the operational gains occasioned caused in different scenarios were simulated. As a result, the behavior of the bottlenecks in the department was obtained and a procedure to optimize it was proposed, reducing the queuing time of suppliers/conveyors by 50%.

KEYWORDS:Material receiving process, queuing, business process management – BPM, KPIs

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Representação hierárquica de Tarefa, atividade e processo.....	22
Figura 2 - Representação esquemática de um sistema com fila	30
Figura 3 - Sistema e Propriedades de um sistema com filas.....	32
Figura 4 - Variabilidade de uma fila.....	32
Figura 5 - Distribuição Uniforme	33
Figura 6 - Distribuição Gama	34
Figura 7 - Distribuição Weibull para diversos valores de β e $\alpha = 1,5$	35
Figura 8 - Distribuição Normal	35
Figura 9 - Distribuição Lognormal para $\mu=1$ e diferentes valores de σ	36
Figura 10 - Medidas de Desempenho	38
Figura 11 - Conceito de simulação como base para experimentação	40
Figura 12 - Classificação de sistemas de modelagem	46
Figura 13 - Interface Gráfica do Ururau versão 1.2	51
Figura 14 -Tela do Teste de Aderência do Ururau	52
Figura 15 - Etapas do Estudo	56
Figura 16 - Fluxograma Recebimento (parte I - Rfiscal).....	61
Figura 17 - Fluxograma Recebimento (parte II- Rfísico).....	62
Figura 18 - Acompanhamento das atividades do Rfiscal.....	66
Figura 19 - Acompanhamento das atividades Rfísico	66
Figura 20 - Ficha de Contagem utilizada na empresa.	68
Figura 21 - Formulário de Inspeção	69
Figura 22 - Tratamento de Reclamações da empresa X	71
Figura 23 - Metodologia da Simulação.....	73
Figura 24 - Cenário atual Recebimento empresa X	78
Figura 25 - Cenário 1.....	83
Figura 26 - Cenário 2.....	85

Figura 27 - Cenário 3	87
Figura 28 - Histograma dos Tempos de Chegada dos Caminhões à Empresa	109
Figura 29 - Histograma dos Tempos de Processamento de P1, item apresentado na página 77	110
Figura 30 - Histograma dos Tempos de Processamento de C1, item apresentado na página 77	111
Figura 31 - Histograma dos Tempos de Processamento de P2c, item apresentado na página 77	112
Figura 32 - Histograma dos Tempos de Processamento de P2, item apresentado na página 77	113
Figura 33 - Histograma dos Tempos de Processamento de P3, item apresentado na página 77	114
Figura 34 - Histograma dos Tempos de Processamento de M1, item apresentado na página 77	115
Figura 35 - Histograma dos Tempos de Processamento de P5, item apresentado na página 77	116
Figura 36 - Relatório do Ururau para o cenário 3, variáveis apresentadas na página 77. ..	117
Figura 37 - Relatório da rodada no Arena do Cenário 3, variáveis apresentadas na página 77.	118

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Distribuições de probabilidade com os seus parâmetros.....	36
Tabela 2 - Resultado do Teste de Aderência (Distribuição de Probabilidades)	77
Tabela 3 - $TF_{máx}$ por processo do Cenário Atual Estudado	81
Tabela 4 - $TS_{máx}$ do Cenário Atual Estudado	81
Tabela 5 - Taxa de Utilização do Cenário Atual Estudado	82
Tabela 6 - $TF_{máx}$ por processo do Cenário1.....	83
Tabela 7 - $TS_{máx}$ do Cenário 1.....	84
Tabela 8 - Taxa de Utilização no Cenário1	84
Tabela 9 - $TF_{máx}$ por processo do Cenário 2	85
Tabela 10 - $TS_{máx}$ para o cenário 2	86
Tabela 11 - Taxa de utilização no Cenário 2	86
Tabela 12 - $TF_{máx}$ por processo do Cenário 3	87
Tabela 13 - $TS_{máx}$ do cenário 3.....	88
Tabela 14 - Taxa de Utilização no cenário 3	88
Tabela 15 - Comparação dos cenários quanto ao $TF_{máx}$	90
Tabela 16 - Comparação dos cenários quanto ao $TS_{máx}$	90
Tabela 17 - Comparação dos cenários quanto Utilização dos recursos	91

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição das atividades para o modelo de simulação	67
Quadro 2 - Valores para p -value	75

LISTA DE SIGLAS

CCD - *Charge Coupled Device*
FIFO – *First in first out*
GPS– *Global Positioning System*
LIFO – *Last in first out*
MRP–*Manufacturing Resource Planning*
PO – Pesquisa Operacional
PRI – *Priority Service*
RF – Rádio Frequência
RFID – *Radio Frequency Identification*
SIRO–*Service in random order*
TI– Tecnologia da Informação
WMS – *Warehouse Management System*
BPMN- *Business Process Model and Notation*
UML - Linguagem de Modelagem Unificada
BPMI- *Business Process Management Initiative*
COTS - *Commercial-Off-The-Shelf*
FOSS - *Free and Open-Source Software*
SED – Simulação de eventos discretos

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS	17
1.1 INTRODUÇÃO	17
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 OBJETIVO GERAL.....	18
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.3 JUSTIFICATIVA	18
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	19
CAPÍTULO II –REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 Mapeamento dos Processos	21
2.2 Processos Logísticos e seus gargalos	23
2.2.1 Logística	23
2.2.2 Logística Interna	24
2.2.2.1 Recebimento	24
2.2.2.2 Estocagem	25
2.2.2.3 Armazenagem	27
2.2.2.4 Expedição.....	27
2.2.3 Gargalos logísticos.....	28
2.3 Teoria das Filas.....	29
2.3.1 Sistema de Filas.....	29
2.3.2 Distribuição de Probabilidades	33
2.3.2.1 Distribuição uniforme	33
2.3.2.2 Distribuição Gama – Gama (α, β)	33
2.3.2.3 Distribuição de Weibull - Weibull (α, β)	34
2.3.2.4 Distribuição Normal.....	35
2.3.2.5 Distribuição Lognormal	36
2.3.3 Medidas de desempenho do Sistema	37
2.3.3.1 Indicadores de Desempenho de Recebimento de Materiais	37
2.4 Simulação Computacional.....	38
2.4.1 Vantagens e Desvantagens do Uso da Simulação Computacional.....	40
2.4.2 Aplicações da Modelagem e Simulação Computacional	42
2.4.3 Simulação nos Processos Logísticos	44
2.4.4 Classificação dos modelos de simulação	46

2.4.4.1 Evento Discreto e Evento Contínuo	46
2.4.4.2 Modelos Determinísticos e Estocásticos	47
2.4.4.3 Modelo Estático e Dinâmico	47
2.5 Simulação de Eventos Discretos (SED)	48
2.5.1 Softwares de Simulação	49
2.5.1.1 Softwares de Simulação de Eventos Discretos	49
2.5.1.2 Softwares livres de Simulação a Eventos Discretos	49
2.5.1.2.1 Software de Simulação Computacional Utilizado: URURAU	50
CAPÍTULO III – MATERIAIS E MÉTODOS	54
3.1 Estudo de Caso	57
3.1.1 Descrição da Empresa	57
3.1.2 Análise dos Processos Logísticos da Empresa e Identificação de seus gargalos	57
3.1.3 Identificação do Processo Logístico mais crítico	59
3.1.3.1 Recebimento da Empresa X	59
3.1.3.2. Análise do Recebimento da Empresa X	60
3.1.4 Análise e Identificação de gargalos do Recebimento Fiscal da Empresa X	60
3.1.5 Mapeamento do Processo do Recebimento da Empresa X	60
3.1.5.1 Descrição do Recebimento da Empresa X	62
3.1.5.2 Descrição das atividades do Recebimento da Empresa X	63
3.1.6 Segunda fase de Análise do Recebimento após considerações iniciais	64
3.1.7 Gargalos logísticos do RFiscal da Empresa X	64
3.1.8 Coleta de dados para a simulação	65
3.1.8.1 Descrição das atividades para o modelo de acordo com o acompanhamento das atividades.	67
3.1.9 Conclusão da Coleta de Dados e observações para a simulação	69
3.2 Metodologia de simulação proposta	72
3.2.1 Implementação do Sistema	73
3.2.1.1 Dados de Entrada	74
3.2 Implementação do Modelo Computacional	78
CAPÍTULO IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO	80
4.1 Cenário Estudado	81
4.2 Cenário 1	82
4.3 Cenário 2	85

4.4 Cenário 3.....	87
4.5 Análise dos Cenários	89
CAPÍTULO V – CONCLUSÕES	92
5.1 Limitações da Pesquisa.....	93
5.2 Trabalhos Futuros	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
ANEXO 1: INSTRUÇÕES DE TRABALHO (IT)– Procedimento de Inspeção de Aquisição e Recebimento de Materiais de Fornecedores Externo	103
APÊNDICE I - Questionário aplicado junto ao Gerente de Qualidade e Suprimentos.....	107
APÊNDICE II - Questionário aplicado em entrevista realizada junto ao Responsável pelo Recebimento de materiais da empresa	108
APÊNDICE III–Histogramas gerados pelo Ururau para cada processo do Recebimento	109
APÊNDICE IV–Relatório da simulação do cenário 3 no software Ururau	117
APÊNDICE V–Relatório da simulação do cenário 3,realizado no software Arena..	118

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Primeiramente se expõe uma visão geral sobre o tema a ser abordado neste trabalho, iniciando com uma introdução que visa apresentar o estado da arte resumido do tema em estudo, além dos objetivos propostos e das motivações consideradas para o desenvolvimento deste tema.

1.1 INTRODUÇÃO

Novas tecnologias aliadas à informática contribuem para a melhoria do desempenho da empresa, haja vista que resultam na racionalização dos processos (por redução dos erros, processamento, monitoração e contabilização de dados) e melhoria no atendimento ao consumidor (com redução do tempo de espera em filas pela existência de informações confiáveis e na disponibilidade das informações em tempo real). Isso acarreta em: redução dos gargalos existentes na operação, eliminação das tarefas realizadas em duplicidade, compartilhamento de tarefas e integração das atividades operacionais com os diversos parceiros comerciais (GONÇALVES, 2010).

A exploração logística como arma estratégica no aumento da eficiência da empresa é o resultado da combinação de sua crescente complexidade, com a utilização intensiva de novas tecnologias (FLEURY *et al.*, 2000).

Essa estratégia fez com que a área de Tecnologia de Informação (TI) evoluísse muito rapidamente num espaço relativamente curto de tempo, beneficiando diretamente diversas áreas técnicas, dentre elas, a logística moderna (BALLOU, 2006). A logística empresarial moderna procura incorporar prazos de entrega menores, acordados de forma que possam ser cumpridos; buscar a integração efetiva entre todos os setores da empresa, com fornecedores (parcerias) e clientes; a otimização global da cadeia produtiva; e a satisfação plena do cliente. (BERGUE, 2000)

As empresas modernas vêm adotando tecnologias de informação, principalmente sistemas de apoio à decisão, para auxiliar aos gestores na identificação, avaliação e comparação de alternativas operacionais. Dentre as várias

técnicas existentes, a modelagem e a simulação computacional despontam como uma das ferramentas mais fortemente utilizadas na gestão moderna. (CARVALHO, 2003).

1.2 OBJETIVOS

A seguir se apresenta o objetivo geral que conduz a pesquisa, assim como os objetivos específicos.

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo eliminar e/ou reduzir gargalos no processo logístico considerado o mais crítico da empresa, em estudo, na decisão da equipe de responsável.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar os processos logísticos da empresa e identificar o mais crítico;
- Criar um modelo de simulação do processo mais crítico identificado a partir da modelagem do processo através do padrão BPMN (*Business Process Model and Notation*).
- Identificar os indicadores-chave de desempenho para o processo mais crítico em estudo, medindo-os em diversos cenários.
- Propor melhorias no processo do recebimento de materiais da empresa.

1.3 JUSTIFICATIVA

A logística é vista como um diferencial competitivo para as empresas modernas, logo estudos que permitam agregar valor nessa área de conhecimento deve ser considerado relevante (TEIXEIRA, 2008).

Este estudo, além proporcionar à empresa estudada uma análise de seus processos logísticos, permitirá a esta uma avaliação dos itens abordados por este trabalho e oferecerá possíveis ações para melhorias de sua política interna em relação aos seus processos logísticos.

Outra motivação para a realização deste estudo provém da dificuldade de se encontrar publicações sobre o uso da simulação computacional em processos logísticos, em especial, no recebimento de materiais, constituindo, assim, uma contribuição deste trabalho. Entretanto, vale ressaltar que muitas das aplicações desenvolvidas em organizações acabam sendo restritas ao seu ambiente originário (BERGUE, 2000).

Os resultados desta pesquisa poderão contribuir também para um maior entendimento da evolução da simulação a eventos discretos em processos logísticos, uma vez que explicitam pontos básicos, críticos e relevantes para o tema aqui proposto em um departamento de recebimento de materiais da empresa metal mecânica em estudo.

O mapeamento do processo permite que os colaboradores tenham uma compreensão holística do seu processo logístico e executem suas rotinas de trabalho de forma sistêmica, aproveitando, assim, a utilização dos recursos para a melhoria dos processos.

O problema aqui abordado é modelado usando Sistema de Filas. Ao utilizar a P.O., é possível avaliar impactos em longo prazo no processo gerencial, por meio de modelos determinísticos de programação matemática, ou através de modelos probabilísticos, filas e simulação (PRAIA e GOMES, 2013).

A simulação pode realmente se tornar um poderoso aliado na otimização operacional e logística, no mundo cada vez mais competitivo em que vivemos (CARVALHO, 2003). Desse modo, a simulação pode ser empregada no auxílio ao processo decisório, levando-se em conta um cenário extraído do mundo real, onde as possíveis alternativas são consideradas como variáveis em um modelo matemático que expressa o cenário analisado. (PRAIA e GOMES, 2013).

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação está estruturada em 5 capítulos, descritos a seguir:

Capítulo 1 – Introdução: busca prover informações para a compreensão do trabalho realizado. Define-se, neste capítulo, o problema de pesquisa, apresentam-se os objetivos, a justificativa, e a estrutura da dissertação.

Capítulo 2 – Referencial Teórico: neste capítulo apresenta-se o aporte teórico necessário à discussão do tema em estudo. São abordados temas como logística, processos logísticos, sistemas de filas, indicadores de desempenho e os princípios básicos da técnica de simulação computacional, além de uma breve apresentação do software URURAU.

Capítulo 3 – Método de trabalho e estudo de caso: apresenta a metodologia aplicada para o desenvolvimento desta dissertação. É feita a apresentação do estudo de caso realizado a partir da descrição da empresa, análise dos seus processos logísticos. Neste capítulo é caracterizado o objeto em estudo e apresentado o seu fluxograma e o projeto de simulação computacional desenvolvido. Além disso, é desenvolvida a fase de concepção do sistema, onde são definidos os objetivos do trabalho e é feita a implementação do modelo computacional no software Ururau.

Capítulo 4 – Análise da simulação: reúne os resultados e interpretações obtidas com a simulação dos cenários propostos rodados nos softwares Arena e Ururau.

Capítulo 5 – Conclusões do estudo: são apresentadas, embasadas nos resultados alcançados com a Simulação de três cenários para execução do recebimento de materiais, gargalo identificado na empresa. Apresentam-se também sugestões para pesquisas futuras.

CAPÍTULO II –REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo busca obter dados e informações por meio das referências bibliográficas, que permitam analisar e compreender os processos logísticos e seus gargalos, assim como formas de eliminá-los/reduzi-los.

2.1 Mapeamento dos Processos

Para permitir a integração nas empresas é preciso que todos os elementos que a compõem possam trocar informações e interagir holisticamente, criando-se assim uma imagem única e integrada da organização (GALLO, 2012).

O mapeamento dos seus processos é um dos mecanismos para auxiliar na obtenção desta imagem. Este é uma técnica de representação de uma organização real possibilitando análises, previsão de impactos das atividades, construção e documentação de sistemas complexos de software, identificação de gargalos e pontos de melhoria, entre outros (COSTA, 2009).

O mapeamento dos processos é a representação gráfica do sequenciamento de atividades de um processo (PAVANI JÚNIOR E SCUCUGLIA, 2011). O seu objetivo é entender as lógicas da cadeia de insumos e informações, viabilizando posteriormente a aplicação de metodologias e técnicas para a otimização dos processos.

Os processos são hierarquizados conforme nível de detalhamento que é representado. A Figura 1 ilustra esta hierarquia.

Para Villela (2000):

- Tarefa: O micro enfoque que detalha o como fazer algo dentro da organização.
- Atividade: Relacionada ao termo o que fazer, é composto de tarefas.
- Processo: É um sequenciamento de atividades, os processos recebem um *input* e através de uma transformação de valor devem apresentar uma saída, *output*.

- Macroprocesso: É como a organização define os conjuntos de processos para agregar valor à empresa e cumprir a sua missão.

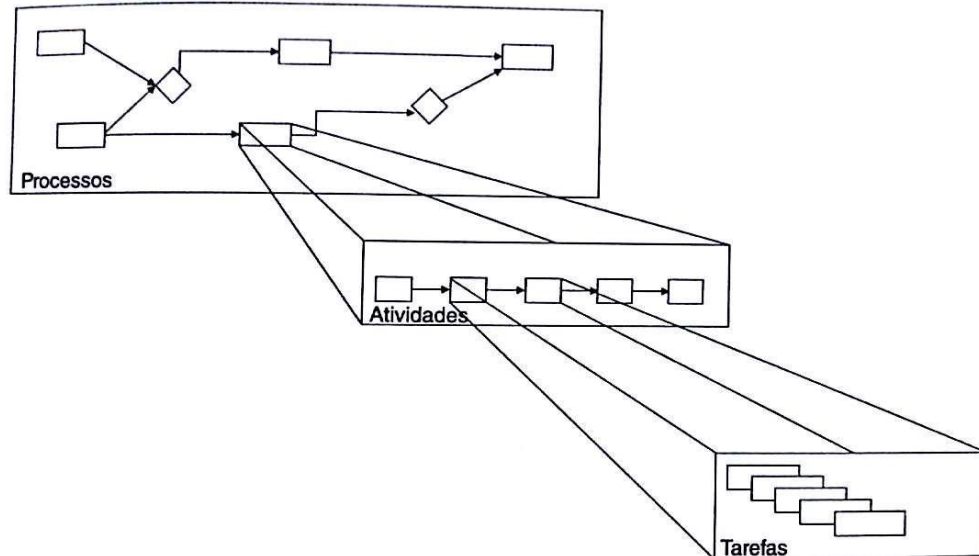


Figura 1– Representação hierárquica de Tarefa, atividade e processo

Fonte: Pavani Júnior e Scucuglia (2011)

Para a realização do mapeamento de processos é fundamental que as informações do processo a ser modelado sejam precisas. Pavani Júnior e Scucuglia (2011) apresentam as principais técnicas de captura de informação:

- Observação direta: Acompanhamento presencial das atividades.
- Entrevistas: Realizadas com pessoas envolvidas diretamente no processo, porém pode haver esquecimento da parte do entrevistado ou resistência para esclarecer as informações.
- Workshops estruturados: Reúnem os profissionais envolvidos, gerando um maior consenso dos fluxos.
- Videoconferência: Útil quando algum participante fundamental não está presente no workshop.

Para Pavani Júnior e Scucuglia (2011), o mapeamento do processo deve ser de fácil interpretação, objetivo e claro. Os métodos de modelagem mais utilizados são: Fluxogramas; Notação Padrão de Modelagem de Processos de Negócio

(*Business Process Modeling Notation* – BPMN), *Workflow*; Linguagem de Modelagem Unificada (UML); Modelos de Simulação Dinâmica; Diagramas de Causa e Efeito; Diagramas de Pareto (WESKE, 2007).

Para a modelagem do processo é utilizada a ferramenta *BizAgi Modeler*¹ (BIZAGI, 2018) em notação *Business Process Model and Notation* (BPMN) um padrão criado pela *Business Process Management Initiative* (BPMI), instituição não governamental que promove a padronização em processos de negócios comuns, a BPMN apresenta um conjunto robusto de símbolos e gráficos para modelagem de diferentes aspectos de processos de negócio (ABPMP, 2013).

A notação BPMN é uma forma de representação gráfica de processos por meio de diagramas; padronizados que uniformiza os códigos abertos e maximiza a compatibilidade entre diferentes sistemas de informação e a comunicação dos interessados. Resultando assim de fácil entendimento, e através dela, é possível formalizar processos que ainda estão sendo executados de maneira informal, ou possuem potencial de melhoria. (BPMN, 2018)

2.2 Processos Logísticos e seus gargalos

2.2.1 Logística

A logística é o processo de gerenciar estrategicamente a aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, peças e produtos acabados (e os fluxos de informações correlatas) através da organização e seus canais de *marketing*, de modo a poder maximizar as lucratividades presente e futura através do atendimento dos pedidos a baixo custo (CHRISTOPHER, 2002).

Entende-se que a logística abrange os processos de Aquisição, Movimentação (transporte de produtos entre clientes, fornecedores e fabricantes) e Armazenagem (estoque em armazéns, galpões; além da localização de cada

¹*BizAgi Process Modeler* – Um software gratuito de modelagem de processos de negócios para sistemas operacionais Windows mais conhecido, pois apresenta recursos de boa usabilidade. Todo processo é modelado em notação BPMN e é possível também gerar toda documentação que será usada nos processos. (BIZAGI, 2018)

participante da cadeia logística ou cadeia de suprimentos) dos produtos utilizados pela empresa, buscando aperfeiçoar o seu fluxo, proporcionando com isto, um ganho na satisfação do cliente, menor tempo de entrega, organização do estoque, diminuição de custos e diminuição de desperdício (BALLOU, 2006). Para Mentzer *et al.* (2001), o gerenciamento das atividades logísticas tem como objetivo atingir um alto nível de serviço ao cliente, eficiência do custo total, vantagem competitiva e, por fim, melhorar a performance organizacional. Para os autores, a atuação da Logística é constituída pelos seguintes elementos:

- Projeto e gerenciamento da rede de transporte.
- Técnicas de armazenagem incluindo localização, projeto e gerenciamento.
- Gerenciamento de manuseio de materiais.
- Sistema de gerenciamento de estoques.
- Gerenciamento e execução de ordens.
- Atendimento ao cliente.

2.2.2 Logística Interna

A logística interna envolve atividades relacionadas ao recebimento, armazenagem e distribuição de insumos no produto, como manuseio de material, armazenagem, controle de estoque (PORTER, 1989).

Evidenciando a sua importância, Freire (2009) explica que “a logística interna sempre foi fonte potencial de melhoria na eficiência geral das empresas”, por isso a necessidade de atenção e investimento nessa área. Barbosa (2005) complementa que, para se alcançar uma logística eficaz, seja interna ou externa, é necessária a implantação de novos sistemas de controles, que possibilite o suprimento da produção e distribuição.

2.2.2.1 Recebimento

De acordo com Bertaglia (2009), recebimento é o processo de entrada física da mercadoria, passando pela inspeção de qualidade, conferências, ou seja, pesagem ou contagem para a comparação com o documento de transporte e da solicitação da compra dessas mercadorias. Após esta conferência é enviada para a

armazenagem de acordo com os critérios ou regras impostas pela empresa, como produtos em quarentena e checagem de quantidade. Os recebimentos podem ser classificados de acordo com sua origem: importação, transferência entre filiais, transferências de origem de terceiros e devoluções de clientes.

Rezende (2008) enfatiza a qualidade das informações, ou seja, informações pertinentes à atividade tais como: comunicado de chegada de produto com antecedência, condições do protocolo logístico (horário, quantidade, tipo de embalagem) e ainda a capacitação da equipe da conferência qualitativa e quantitativa e dos registros, sendo estas condições básicas para o bom desenvolvimento do processo de recebimento.

A conferência da mercadoria pode ser realizada de varias formas, sendo as mais utilizadas nos dias atuais, a conferência feita diretamente pela comparação entre a nota fiscal e o produto fisicamente recebido (um procedimento manual), uma outra, feita pela utilização de Rádio Frequência (RF), mecanismo empregado por empresas de maior porte, onde a nota fiscal é importada para o sistema utilizado pela organização e após isso a mercadoria é conferida “as cegas” (o conferente não sabe a quantidade que estava na nota fiscal), assim, diminui a probabilidade da ocorrência de erros, e uma terceira opção que é a utilização de RFID (*Radio frequency identification* – identificação por rádio frequência), nesta opção os produtos possuem chips que são detectados por portais nas docas de recebimento e que já identificam as mercadorias que estão sendo recebidas assim como suas quantidades (OLIVEIRA *et al.*, 2016; BERTAGLIA, 2009)

2.2.2.2 Estocagem

É consenso entre os estudiosos do tema, que a gestão eficaz dos estoques é de suma importância para minimizar o capital investido, maximizar o lucro e utilizar melhor o espaço físico da empresa (CHAGAS, 2009).

O controle de estoques é parte vital do composto logístico, pois estes podem absorver de 25% a 40% dos custos totais, representando uma porção substancial do capital da empresa. Portanto, é importante a correta compreensão do seu papel e de como deve ser gerenciado. O processo de armazenagem é geralmente, o terceiro

maior custo de todos os custos logísticos, perdendo apenas para o transporte e igualando-se à manutenção de estoques (RAGO, 2002).

Strassburg (2010) lista algumas consequências da falta de mercadorias, tais como queda nas vendas e a perda de clientes para o concorrente. Já, quando, pela má gestão existirem sobras de estoque estas consequências podem ser ainda mais graves, como:

- Ocupação de espaço: aumento nos custos de armazenagem;
- Risco de desvalorização do estoque: obsolescência; e
- Custo de oportunidade: perda de oportunidades financeiras e indisponibilidade de recursos para novos investimentos.

A política de estoque preocupa-se essencialmente com a necessidade de investimentos de capital em estoque e com as quantidades de materiais para atendimento à produção (ROSA, 2003). Um dos objetivos da política de estoque é não deixar faltar materiais para sua realização, o que, se ocorrer implica em perdas financeiras irreversíveis. Para isso, o Almoxarifado acompanha o planejamento de vendas e o processo de produção, flexibilizando o estoque e observando as mudanças de mercado.

Muitas das vezes, essa falta é causada pela ausência de informação no momento correto (PEDROSO *et al.*, 2009). Essa ausência causa a dificuldade de localização de materiais, nos locais de armazenamento. O tempo destinado a localização de materiais pode atrasar cronogramas e causar prejuízos a companhia, uma vez que este compreende apenas a execução das tarefas em si, não considerando grandes movimentações e busca de materiais (MATTOS *et al.*, 2012).

Para Moura (2008), estocagem é uma parte da armazenagem, ou seja, tem relação ao destino seguro e ordenado dos materiais e mercadorias no depósito, obedecendo a ordem de fluxo de uso ou despacho de acordo com os pedidos ou requisições e a locação estática das mercadorias

2.2.2.3 Armazenagem

Armazenagem consiste no processo de acondicionamento da mercadoria no armazém, em prateleiras, estantes, tanques ou estrados de acordo com o tipo ou especificações individuais, geralmente sobre protetores de umidade. Um local temporário, onde os produtos são instalados para atender às demandas de vários pedidos (BERTAGLIA, 2009).

Através de uma eficiente administração da armazenagem é possível a redução de estoques, a otimização da movimentação e da utilização do armazém, o atendimento rápido ao cliente e à linha produtiva, a redução do índice de material obsoleto, precisão e acurácia das informações, etc. (VERÍSSIMO e MUSETTI, 2003). Assim, é possível diminuir custos, melhorar a integração do processo de armazenagem com os demais processos da organização e melhorar o atendimento ao cliente.

Portanto, o propósito do armazém é prover espaço para o fluxo de materiais entre as funções comerciais e operacionais e, através da integração de suas atividades, satisfazer ao mais alto nível de serviços aos clientes, ao custo mais baixo possível (MOURA, 2008).

Ballou (2006) cita quatro razões para uma empresa fazer uso de espaço para armazenagem. São elas:

- Redução de custos de transporte e produção.
- Coordenação de suprimentos e demanda.
- Necessidade da produção.
- Considerações de Marketing.

2.2.2.4 Expedição

Para Bertaglia (2009) o processo de expedição inicia no recebimento dos pedidos liberados pelo departamento de vendas e financeiro. Desta maneira, a alocação de produto ou mercadoria e o transporte devem ser ágeis, reduzindo o ciclo do pedido.

A expedição é a última etapa antes do embarque das mercadorias para serem entregues ao cliente. Pode-se considerar que se esta parte da operação for

ineficiente, de nada adiantaram as etapas que antecederam este processo. (MOURA, 2008)

Conforme Moura (2008), é necessário que se considerem as seguintes informações para o funcionamento da atividade de expedição:

- Quantidade total a ser expedida.
- Peso total e/ou volume a ser expedido.
- Número de pontos de embarque.
- Distâncias envolvidas.
- Meios de transporte.
- Datas de entrega e finalmente.
- Documentação.

Falhas em qualquer uma destas tarefas resultarão em perdas significativas para a empresa, responsáveis, da geração de gargalos que levarão a longos tempos de espera pelo consumidor final.

2.2.3 Gargalos logísticos

Gargalo, restrição ou ponto de estrangulamento é a atividade mais lenta numa cadeia e embora ele possa, na maioria das vezes, ser uma máquina, pode também ser uma parte do fluxo de informações, como o processamento de um pedido (CHASE *et al.*, 1997; CHRISTOPHER, 2002).

Para Pessoa e Cabral (2005) gargalo é qualquer obstáculo no sistema produtivo que restringe e determina o seu empenho e a sua capacidade de obter uma maior rentabilidade. Em um processo produtivo, o gargalo é a etapa com menor capacidade produtiva e que impede a empresa em atender a demanda por seus produtos.

Uma indústria, empresa ou prestador de serviços pode ser categorizado como “gargalos” ou “não gargalos” i.e., estão sujeitos a restrições que afetam e limitam suas atividades (CARVALHO, 2004).

Assim, os estrangulamentos (ou gargalos) são alvos de estudos intensivos e minuciosos pelo simples fato de ser ponto críticos de sistemas, precisando para tal que as suas operações sejam protegidas (CHASE *et al.*, 1997).

Erros de previsão de demanda, atrasos no ressuprimento de materiais, rendimento da produção abaixo do esperado são problemas comuns que fazem parte dos processos de logística interna. Na busca da otimização dos mesmos, usar-se-á uma técnica de Pesquisa Operacional que auxilia na identificação, gestão e proposta para solução de gargalos, a Teoria das Filas (PRAIA e GOMES, 2013).

2.3 Teoria das Filas

A Teoria das Filas consiste em uma modelagem analítica de sistemas de espera, sendo o estudo focado em minimizar os impactos negativos destas esperas nos processos, evitando desperdícios (SILVA *et al.*, 2016).

Modelos de filas são de grande utilidade na análise de problemas dos sistemas de produção (CAMPOS, 2012).

2.3.1 Sistema de Filas

Para Prado (1999) estudar o comportamento de filas é uma forma de modificar sistemas nos quais existem gargalos. O objetivo de estudar o comportamento de filas é prestar um melhor atendimento ou proporcionar uma redução de custos, já que filas são dispendiosas.

As filas decorrem de gargalos no sistema produtivo impossibilitando fluir os resultados do desempenho da produção. A partir da análise sobre a teoria das filas identifica-se que possíveis filas no processo produtivo podem ocasionar prejuízos à organização, sendo necessário realizar um estudo detalhado a respeito das filas, utilizando processos de otimização para os problemas das filas (JÚNIOR, 2008).

Um Sistema com Fila é qualquer processo onde usuários oriundos de uma determinada população chegam para receber um serviço pelo qual esperam, se for necessário, saindo do sistema assim que o serviço é completado. Essa espera acontece quando a demanda é maior do que a capacidade de atendimento oferecido, em termos de fluxo. (FOGLIATTI; MATTOS, 2007, p. 7).

Segundo Taha (2007), a teoria de filas não é uma técnica de otimização, mas sim, uma técnica para determinar as medidas de desempenho de filas de espera, como o tempo médio de espera em fila e a produtividade da instalação de serviço. Trata-se da quantificação do fenômeno da espera em filas usando medidas de

desempenho como o comprimento médio de uma fila, o tempo médio de espera em fila e a média de utilização da instalação.

Fogliatti e Mattos (2007) mencionam que a estrutura básica de um Sistema com Fila é composto fisicamente por usuários, por canais ou postos de serviço/atendimento e por um espaço designado para a espera. A Figura 2 representa a estrutura básica de um sistema com fila.

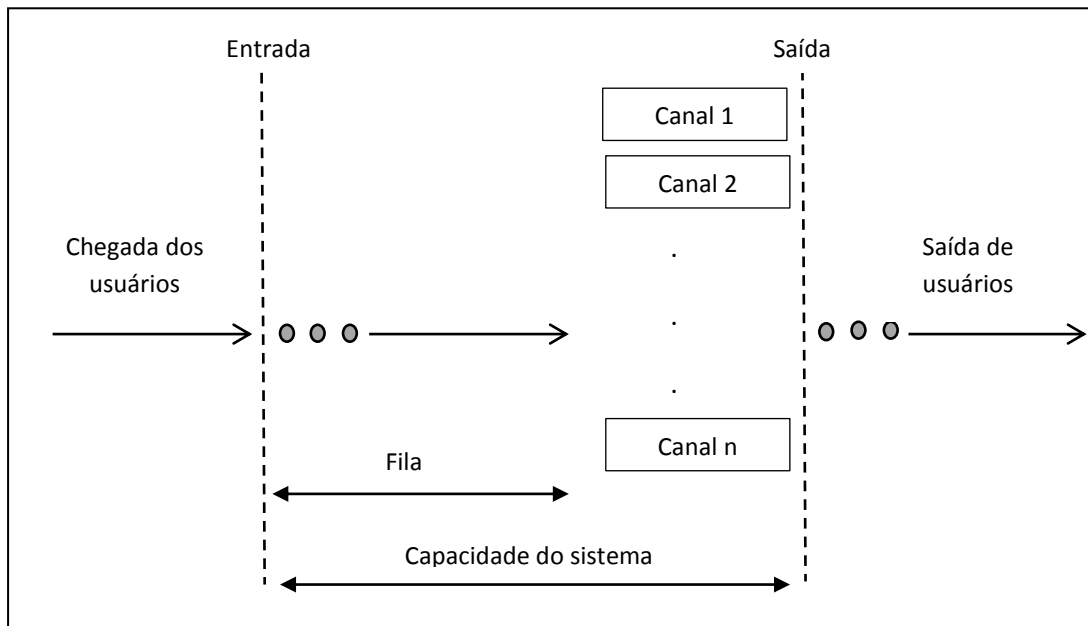


Figura 2 - Representação esquemática de um sistema com fila

Fonte: Fogliatti e Mattos (2007)

Segundo Fogliatti e Mattos (2007), os elementos necessários para a caracterização de um Sistema com Fila são:

Processo de Chegada dos Usuários: especificado pelo comportamento do fluxo de chegadas dos mesmos ao sistema. Pode ser determinístico ou probabilístico (ou estocástico). Determinístico quando o número de chegadas e o instante de tempo dessas chegadas são conhecidos. Estocástico, quando são aleatórios (CAMPOS, 2012); caracterizado por uma distribuição de probabilidade. Para essa distribuição, é necessária a especificação de um parâmetro denominado taxa de chegadas, que representa o número médio de usuários que chegam ao sistema por unidade de tempo. (FOGLIATTI E MATTOS, 2007)

Processo de Atendimento: especificado pelo comportamento do fluxo de usuários atendidos e sua caracterização é análoga à do processo de chegada, caracterizado pelo parâmetro taxa de atendimento.

Canais ou Postos de Serviços/Atendimento: são os locais onde os usuários são atendidos. Pode ser finito ou infinito.

Capacidade do Sistema: é o número máximo de usuários que o sistema com fila comporta, incluindo a própria fila e o atendimento dos usuários. Pode ser finita ou infinita.

Disciplina de Atendimento: é o critério estabelecido pela gerência do sistema, segundo o qual os usuários que se encontram na fila são atendidos quando um posto fica disponível.

Dentre as disciplinas mais utilizadas, podem-se citar:

- FIFO (*First in First Out*): os usuários são atendidos na ordem das chegadas. Essa disciplina de atendimento é a mais comumente adotada. Como exemplos têm-se a venda de ingressos num cinema, atendimento bancário, carregamento e descarregamento de navios num porto.

- LIFO (*Last in First Out*): o primeiro usuário a ser atendido é o que chegou por último. Como exemplos têm-se a utilização de estoques verticais ou horizontais e o carregamento de pilhas de contêineres em navios.

- PRI (*Priority Service*): o atendimento aos usuários segue uma ou mais prioridades pré-estabelecidas pela gerência do sistema. Como exemplos podem ser mencionados a internação hospitalar ou cirurgias, a exploração de poços petrolíferos e tarefas a serem processadas por um computador.

- SIRO (*Service in RandomOrder*): o atendimento aos usuários segue uma ordem aleatória. Como exemplos desta disciplina, tem-se a contemplação de consórcios (por sorteio) ou o embarque no metrô.(FOGLIATTI e MATTOS, 2007).

A Figura 3 representa um sistema com filas com suas propriedades.

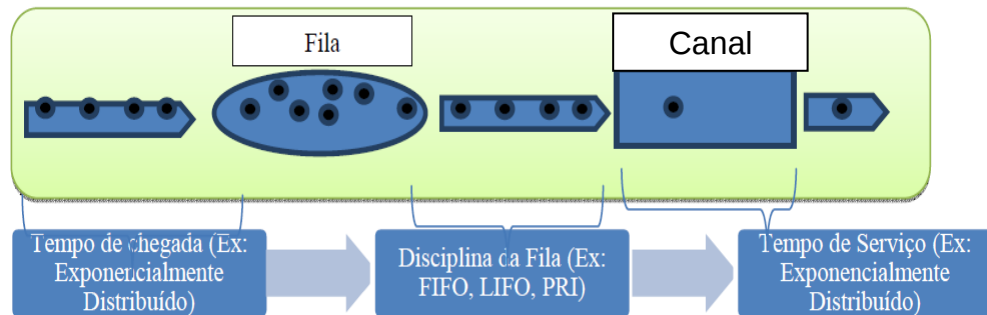


Figura 3 - Sistema e Propriedades de um sistema com filas

Fonte: adaptado de Silva *et al.* (2016)

Podem-se calcular os tempos médios de chegada e tempos médios de processamento, mas também se precisa levar em conta a variação em torno dessas médias. Para isso, precisa-se de uma distribuição probabilística. A Figura 4 ilustra esta situação (SLACK *et al.*, 2009).

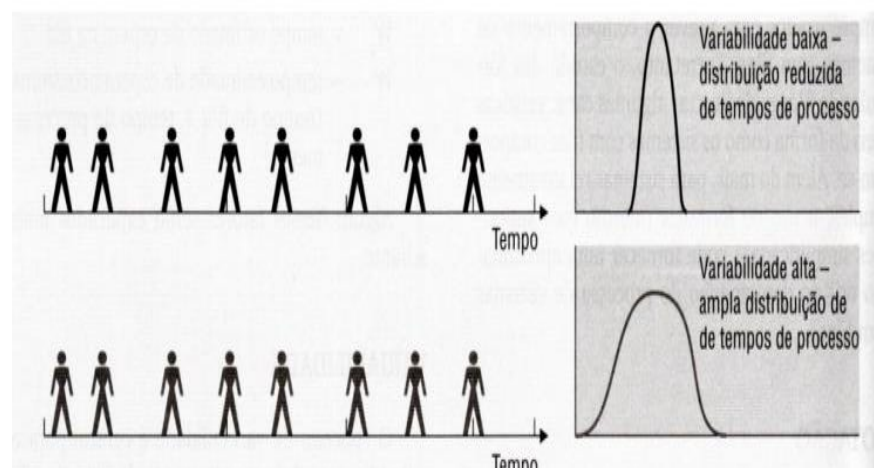


Figura 4 - Variabilidade de uma fila

Fonte: Slack *et al.* (2009)

Banks e Chwif (2010) destacam que, para evitar erros prejudiciais ao modelo, é preciso selecionar corretamente a função de distribuição de probabilidade, que se ajusta melhor aos dados observados no mapeamento do processo em estudo. Algumas dessas funções encontram-se listadas e descritas a seguir, especialmente as que fazem parte do escopo deste trabalho.

2.3.2 Distribuição de Probabilidades

Neste tópico se detalham, dentre todas, as distribuições de probabilidade utilizadas neste trabalho (DOS SANTOS, 2013).

2.3.2.1 Distribuição uniforme

É usada em primeiras tentativas quando são conhecidos apenas os limites dos dados. A distribuição uniforme $f(x)=\text{constante}$ (Figura 5) é tradicionalmente empregada quando a única informação disponível sobre a variável aleatória é que esta ocorre entre dois limites (o seu valor mínimo a e seu valor máximo b).

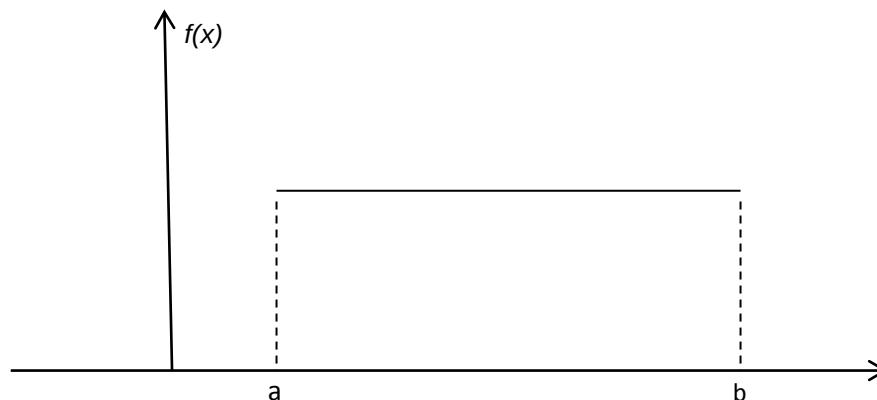


Figura 5 - Distribuição Uniforme

2.3.2.2 Distribuição Gama – Gama (α, β)

A Distribuição Gama, representada na Figura 6, é usada para representar o tempo requerido para completar uma tarefa, como, por exemplo, o tempo de reparo de uma máquina (DE CASTRO, 2006).

$$f(x; \alpha, \beta) = \begin{cases} \frac{\beta^\alpha x^{\alpha-1} e^{-\beta x}}{\Gamma(\alpha)}, & \text{se } x \geq 0 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Onde $\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty t^{\alpha-1} e^{-t} dt$. é a função gama, sendo α e β os parâmetros da função de densidade de probabilidade da distribuição que tomam valores positivos e correspondem ao parâmetro de forma e ao parâmetro de escala inversa, ou taxa, respectivamente.

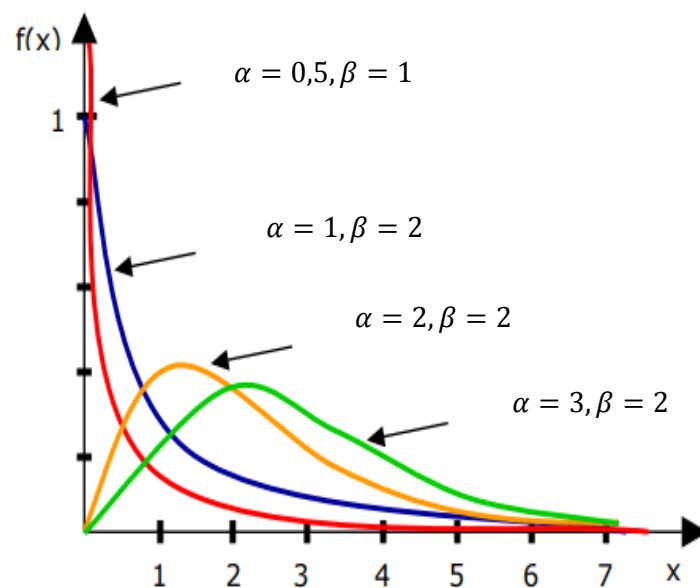


Figura 6 - Distribuição Gama

Fonte: Magalhães (2001)

2.3.2.3 Distribuição de Weibull - Weibull (α, β)

É usado comumente na Análise de Confiabilidade para representar, mortalidade infantil, o tempo de vida médio ou o intervalo de tempo até uma falha, por desgaste, a ocorrer. Na Figura 7 representam-se gráficos da distribuição de Weibull (DE MELO, 2017) para vários valores dos parâmetros α e β . Eles assumem valores positivos, sendo o parâmetro de escala e o parâmetro de forma, respectivamente, da distribuição de densidade de probabilidade.

$$f(x; \alpha, \beta) = \begin{cases} \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{x}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-(x/\alpha)^\beta}, & \text{se } x \geq 0 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

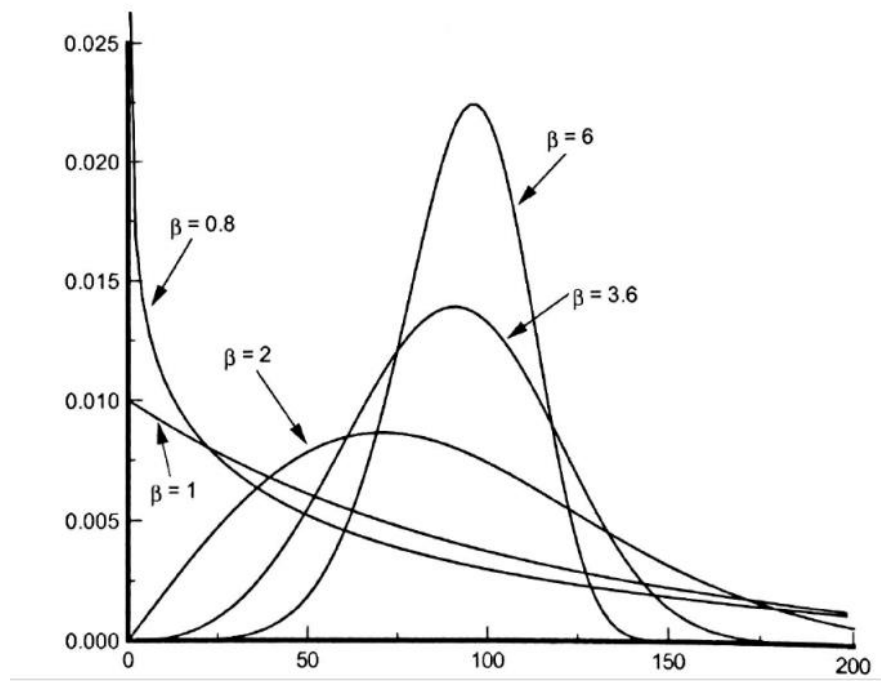


Figura 7 - Distribuição Weibull para diversos valores de β e $\alpha = 1, 5$.

Fonte: De Melo (2017)

2.3.2.4 Distribuição Normal

A distribuição normal, representada na Figura 8, possui dois parâmetros: a média (μ) e desvio padrão (σ). A média de um grande número de valores aleatórios pode ser aproximada por uma curva normal (FREITAS FILHO, 2008).

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

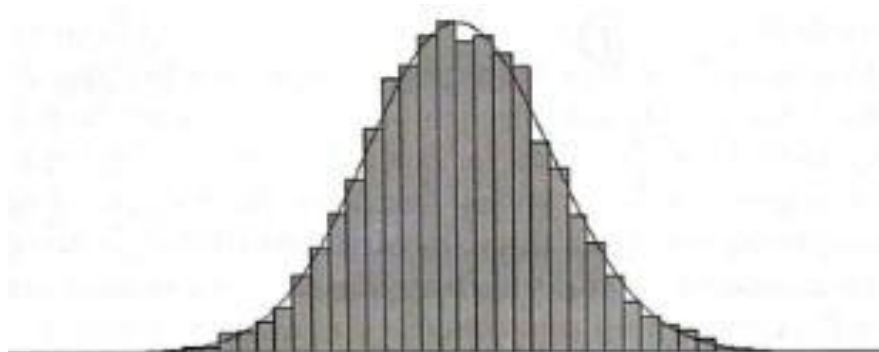


Figura 8 - Distribuição Normal

Fonte: Freitas Filho (2008).

2.3.2.5 Distribuição Lognormal

Os seus usos mais comuns são para descrição de fenômenos naturais e em tecnologia para medir os tempos de reparação de um sistema de manutenção. Essa distribuição também modela situações em que o processo envolvido pode ser considerado como a multiplicação de um conjunto de processos (FREITAS FILHO, 2008). Sua função de densidade é apresentada a seguir, onde o parâmetro μ verifica $-\infty < \mu < \infty$ e o parâmetro $\sigma > 0$.

$$f(x, \mu, \sigma) = \begin{cases} \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}} & \text{se } x > 0 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

A figura 9 ilustra uma distribuição Lognormal.

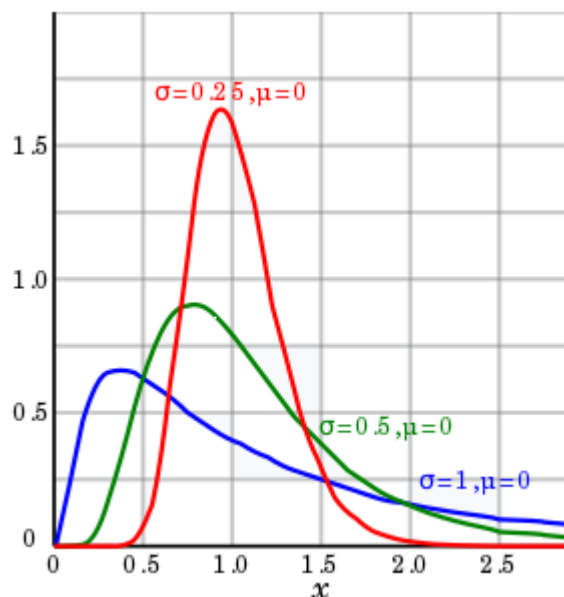


Figura 9 - Distribuição Lognormal para $\mu=1$ e diferentes valores de σ .

Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Log-normal_distribution#Occurrence_and_applications

A Tabela 1 mostra as distribuições de probabilidade usadas neste trabalho com os seus respectivos parâmetros.

Tabela 1 - Distribuições de probabilidade com os seus parâmetros

Normal (média; desvio padrão)
Lognormal (media log, desvio padrão log)
Gamma (escala; forma)

Weibull (escala; forma)

Uniform (mínimo; máximo)

Fonte: Próprio autor (2018)

2.3.3 Medidas de desempenho do Sistema

Para Juran e Gryna (1998), sem controle não há administração e sem medição não há controle. O grau de importância da medição de desempenho pode ser observado como atividade de verificação ou compreensão da realidade organizacional, tendo como base os seus objetivos estratégicos. Isso é feito por meio de indicadores de desempenho.

Segundo Prass (2005), os indicadores de desempenho são utilizados para controlar e melhorar a qualidade e o desempenho dos seus produtos ao longo do tempo. E o seu uso está relacionado à necessidade de se tomar decisões sobre fatos, garantindo-se um processo de gestão sobre as variáveis internas e externas da organização.

Os indicadores de desempenho são essenciais no gerenciamento dos processos, pois possibilitam a identificação dos desvios, e a necessidade de ação corretiva. (PRASS, 2005).

2.3.3.1 Indicadores de Desempenho de Recebimento de Materiais

Os indicadores de desempenho de recebimento de materiais, neste trabalho, terão como base as medidas de desempenho de um sistema com filas.

Segundo Fogliatti e Mattos (2007), a eficiência de um sistema por meio da análise de suas características utilizando medidas de operacionalidade/desempenho é avaliada por meio da utilização da Teoria de Filas.

Segundo Andrade (2009) no estudo de um sistema de filas deve-se determinar várias medidas da efetividade do sistema, com a finalidade de medir seu desempenho.

Na Figura 10 estão descritas as medidas de desempenho, que podem estar relacionadas à fila, ao canal de atendimento ou ao sistema (fila mais canal de atendimento).

SISTEMA	TS = Tempo médio de cliente no sistema NS = Número médio de clientes no sistema $P(n)$ = Probabilidade de existir um número n de clientes no sistema.
FILA	TF = Tempo médio que o cliente gasta na fila de espera NF = Número médio de clientes na fila ou tamanho médio da fila
CANAL DE ATENDIMENTO	P_0 = Índice de ociosidade ρ = Taxa de utilização

Figura 10 - Medidas de Desempenho

Fonte: Adaptado de Prado (2006) e Andrade (2009)

Neste trabalho serão abordados o $TS_{m\acute{a}x}$ (tempo máximo no sistema), $TF_{m\acute{a}x}$ (tempo máximo na fila), ρ (taxa de utilização)

Para Watson (1981), existem três tipos de análise de sistemas de fila: tentativa e erro, analítico e métodos de simulação.

Para os tipos mais complexos de filas, com uma alta complexidade algébrica o método analítico não é recomendado. Nestes casos, utiliza-se a simulação. De forma semelhante, este estudo utiliza a simulação computacional.

2.4 Simulação Computacional

A simulação é utilizada para aprimorar os projetos complexos, economizar tempo e recursos ao conduzir experimentos antes de construir o sistema físico,

avaliando vários cenários alternativos para selecionar o projeto com o melhor desempenho (GAVIRA, 2003).

A simulação usa alguns parâmetros para representar diferentes sistemas. A quantidade de trabalhadores em uma estação de trabalho, velocidade de operação de uma máquina, e características de temporização de um transportador, são exemplos desses parâmetros. (CARSON, 2003).

A simulação computacional baseia-se na utilização de modelos matemáticos que empregados em computadores permitem imitar o funcionamento de diversos tipos de sistemas ou processos produtivos do mundo real (FREITAS FILHO, 2008).

Segundo Banks e Chwif (2010), a simulação é utilizada tradicionalmente como uma ferramenta de análise e design para prever o desempenho de sistemas ainda em concepção, ou para prever o efeito de mudanças em sistemas existentes sem necessariamente intervir no sistema real.

A simulação computacional usa como base um modelo para exploração e experimentação na realidade. Apresenta baixo custo, maior rapidez e segurança se comparado com a realização de testes na realidade (PIDD, 1998)

Bateman (2013) afirma que a simulação é feita através da experimentação de um modelo desenvolvido em computador (modelo de simulação) que busca respostas (saídas do modelo) para variações nas políticas utilizadas (entradas conhecidas). É possível avaliar o que 'aconteceria se' (*what if...*) determinada ação (interações e experimentação) fosse tomada no sistema real. Sendo assim, é possível observar o resultado da mudança de diversos parâmetros, permitindo a comparação de diversos cenários (PIDD, 1998).

Desde a sua criação, a simulação tem sido aplicada a diversos setores, como manufatura, serviços, saúde e serviços públicos (JAHANGIRIAN, 2010).

Na simulação, as entradas são conhecidas e os efeitos destas entradas são observados nas saídas do sistema.

A Figura 11 representa a base conceitual da simulação computacional.

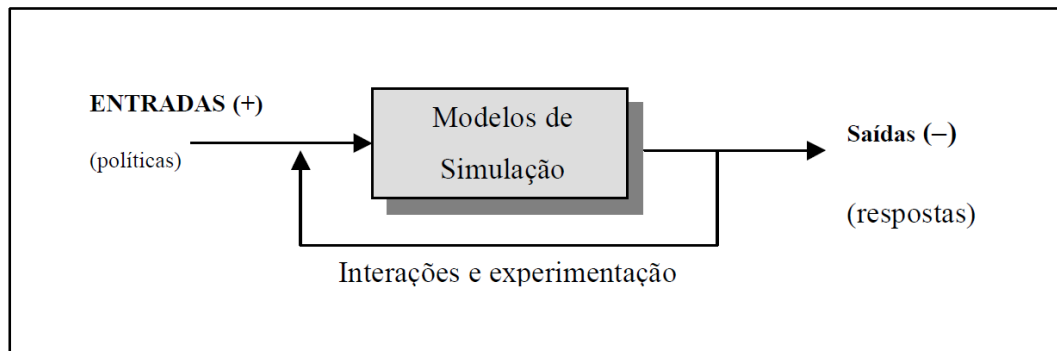


Figura 11 - Conceito de simulação como base para experimentação

Fonte: Pidd (1998)

2.4.1 Vantagens e Desvantagens do Uso da Simulação Computacional

A utilização da simulação gera diversos benefícios. Porém, existem limitações que merecem ser destacadas. Os autores Law e Kelton (1991) e Freitas Filho (2008) apresentam uma lista de alguns pros e contras do uso desta ferramenta, que são apresentados abaixo.

- a) Podem-se identificar mais facilmente os gargalos dos sistemas produtivos, principalmente com ajuda visual;
- b) Hipóteses sobre o porquê ou como certos fenômenos ocorrem podem ser testados para sua confirmação;
- c) Sistemas complexos que contenham elementos estocásticos que não conseguem ser tratados adequadamente por técnicas analíticas podem ser, na maioria das vezes, estudados via simulação.
- d) Fornece um controle melhor sobre as condições experimentais do que seria possível na experimentação no sistema real. A simulação pode mostrar o contraste entre como o sistema opera de fato e como foi a idealização preliminar de seu funcionamento;
- e) Podem-se compreender melhor as variáveis que tem maior impacto no sistema e suas relações;

- f) Geralmente, a simulação possui maior facilidade de aplicação em relação aos métodos analíticos;
- g) Permite replicação precisa dos experimentos, podendo-se testar cenários para o sistema. Uma vez que os modelos representam o sistema real, as mudanças no sistema podem ser testadas sem que seja alterado o sistema real;
- h) Permite simular longos períodos em um tempo reduzido. Após a criação do modelo computacional o mesmo pode ser utilizado inúmeras vezes para analisar projetos e políticas propostas. É possível controlar a velocidade da reprodução dos fenômenos para melhor estudo do sistema;
- i) Os modelos analíticos necessitam de um número alto de simplificações para torná-los matematicamente viáveis, já os modelos de simulação não requerem um grande número de simplificações, desta forma é possível analisar praticamente qualquer medida concebível;
- j) Em geral, é mais econômico do que testar no sistema real. É possível prever como um novo sistema se comportará antes que este seja construído.

Por outro lado, a simulação também possui desvantagens. Law e Kelton (1991) e Freitas Filho (2008) apresentam como desvantagens:

- a) Qualquer simulação é dependente da validade do modelo desenvolvido. Se o modelo criado não representa fidedignamente o sistema ou se os dados de entrada não são confiáveis, de nada adianta fazer um estudo detalhado dos dados de saída e posto que o/os resultado(s) encontrados podem não ser solução para o problema real;
- b) É necessário um treinamento especial para que o profissional esteja capacitado para construção dos modelos computacionais;
- c) Possível dificuldade de interpretação dos resultados obtidos com a simulação;
- d) A técnica da simulação não é por si só a que levará ao ótimo, porque ela está testando somente as alternativas dadas pelo usuário.
- e) Não é possível aproveitar a modelagem de um sistema para se aplicar em outro diferente, a menos que seja continuação ou parte deste;

- f) Um estudo de simulação pode se tornar demorado e consumir recursos elevados. Grande consumo de tempo e recursos na elaboração dos modelos e experimentos;
- g) De acordo com a complexidade do sistema, a modelagem do mesmo pode ser tornar grande e demasiadamente complexo;
- h) Há necessidade de equipamentos potentes de hardware e software para execução e validação do modelo.

2.4.2 Aplicações da Modelagem e Simulação Computacional

A simulação pode ser aplicada em diversas áreas, como em áreas militares, precisão meteorológica, pilotagem de veículos, dentre outros (FRAGA, 2017).

A utilização da modelagem e simulação computacional, durante muito tempo, foi restrita a um pequeno grupo devido a necessidades de grandes recursos computacionais e ao grande esforço de programação requerido. Porém, hoje em dia, os softwares de simulação rodam em microcomputadores e os programas vêm evoluindo se tornando cada vez mais “amigáveis” (AGUILAR *et al.*, 2009).

Segundo Pidd (1998), a simulação computacional figura entre as três ferramentas mais utilizadas pelos pesquisadores em ciências administrativas.

Diversas situações são passíveis de serem simuladas computacionalmente. Pode-se citar, por exemplo, o estudo das filas, seja no setor comercial ou industrial, fluxo de navios em um sistema portuário, previsão meteorológica, fluxo de calor em placas ou outras estruturas e sistemas de *call center*. A simulação é amplamente utilizada, também, para testar equipamentos tais como aeronaves, automóveis dentre outras estruturas.

Praia e Gomes (2013) usou a simulação no processo de recebimento de uniformes da Marinha para identificação de gargalos no fluxo de material do Sistema de Abastecimento da Marinha e na otimização do uso dos recursos operacionais necessários à execução das atividades logísticas. Como conclusão, foi possível analisar as características do comportamento e o entendimento dos efeitos da mudança de um processo específico da Marinha, de modo que pudesse oferecer alternativas de solução para entraves no fluxo logístico.

Da Silva (2016) utilizou simulação de eventos discretos para representar a geração de emissões de CO₂ em uma cadeia logística de veículos de transporte ao executar entregas, além de utilizar um algoritmo de otimização combinados com modelo de simulação. O software usado foi o Ururau. A ferramenta possibilitou a identificação do melhor cenário, dentre os estudados, assim como as variáveis *lead time*, emissão e tempo de transporte.

Tavares (2016) analisou um sistema logístico com emissões de gases do efeito estufa proveniente dos veículos utilizados no transporte de carga por meio do software simulador Ururau. Além disso, puderam-se avaliar as relações conflitantes entre as variáveis relacionadas às emissões gasosas e os custos de transporte para diferentes empresas.

Dos Santos (2013) teve como objetivo propor um Sistema de Informações e Coordenação que envolva três órgãos públicos: o Centro de Operações do GSE/SAMU, o Centro de Operações da Prefeitura do Rio de Janeiro e o Núcleo Interno de Regulação (NIR) dos hospitais municipais. O autor usou a simulação para identificar como o sistema responde à demanda aumentada e o software *SIMUL8* versão Educacional.

Marethet *al.* (2012) simularam o processo de registros e matrículas da Secretaria Acadêmica de uma Instituição de Ensino Superior para construir um procedimento que auxiliasse na gestão de custos. Foi trabalhado no software comercial *Micro Saint*. Como resultado, foi possível diagnosticar a eficácia do procedimento em relação ao volume e nível de informação, agregando informações quantificadas para uma melhor avaliação de custos, contribuindo, assim, para a melhoria da qualidade do serviço e da gestão dos custos.

Lopes (2016) usa a simulação para analisar um subprocesso de um terminal de transportes, relacionado ao fluxo de contêineres vazios, para otimizar as operações do terminal, reduzindo custos e garantindo um elevado nível de serviço ao cliente. O modelo de simulação foi trabalhado no software Arena e através dos indicadores de desempenho, resultantes, foi possível identificar gargalos operacionais e propor um melhor dimensionamento operacional para o terminal. É importante destacar que, Lopes (2016) menciona dois estudos de casos, onde ilustra que a simulação resultou em melhoramento de processos:

- 1) Leal (2003) propôs um diagnóstico do processo de atendimento a clientes em uma agência bancária através de mapeamento do processo e simulação computacional. O mapeamento do processo permitiu a identificação e eliminação de atividades que não agregam valor ao sistema, simplificando as operações essenciais. E através da simulação foi possível testar variações do layout operacional e como impactam no indicador de desempenho “tempo de atendimento”, propondo então modificações que buscam minimizar este indicador.
- 2) Brito (2009) modelou e simulou a operação de um terminal multimodal de contêineres na região de Santos, com o intuito de dimensionar as operações do mesmo, visando diminuir o gargalo imposto pelo alto fluxo de caminhões dirigindo-se ao porto. Este terminal retro portuário seria responsável por receber o fluxo de caminhões e enviar a carga por modais mais sustentáveis, como o aquaviário e ferroviário.

2.4.3 Simulação nos Processos Logísticos

Como apresentado no parágrafo anterior a simulação pode ser aplicada para várias situações dentro do campo da logística, por meio da avaliação da interação entre os componentes que integram um sistema. Reafirmando-se que é utilizada, por exemplo, em sistemas de armazenagem, movimentação de materiais, entre outros (PRAIA e GOMES, 2013).

Banks (2000) abordou que a simulação (que precisa levantamento de dados, modelagem e a programação no software) permite a identificação de problemas, gargalos e deficiências existentes em um projeto antes da concepção de soluções ou mesmo modificação. Além disso, possibilita a comparação de várias alternativas, parâmetros e configurações do projeto e funcionamento de operações, podendo evitar o comprometimento de recursos e investimentos.

A simulação nos processos logísticos possibilita uma melhor visualização do processo logístico empresarial em um determinado departamento. De posse desta visualização, melhorias podem ser feitas ao sistema, como, por exemplo, reduzir a taxa de ocupação de um funcionário, redução do tempo de espera na fila ou determinar a contratação de mais funcionários.

O uso da simulação nas indústrias tem crescido em função da necessidade de redução de custos e melhoria da qualidade. Trata-se de uma ferramenta de apoio a tomada de decisões, podendo estimar a utilização de recursos e os tempos produtivos, além de possibilitar o dimensionamento de filas. (SILVA *et al.*, 2016)

Segundo Fleury *et al.* (2000) e Carson (2003), a simulação é aplicada em tipos de problemas nos quais se necessita:

- Proporcionar melhor compreensão sobre a natureza de um processo. Em sistemas de grande escala física, nos quais a simulação com representação animada (animação) pode ser a melhor maneira de a maioria dos participantes compreender um processo em avaliação.
- Identificar problemas específicos ou, nas áreas problemáticas de um sistema em particular os gargalos, como os estoques intermediários acima do ideal e/ou os recursos eventualmente ociosos;
- Auxiliar a estabelecer estratégias de investimento futuro para um sistema já existente, mostrando quando e quanto se tem a ganhar (reduzindo custos operacionais) a cada nova etapa;
- Testar novos conceitos antes de sua implementação sem interferir na operação de um sistema já instalado e em curso; principalmente quando o projetista não dispõe de experiência no âmbito estudado, e, portanto, enfrenta riscos consideráveis;
- Avaliar benefícios de novos investimentos antes que haja um comprometimento de fato dos recursos de uma empresa.

Para certos problemas, a simulação pode não ser a ferramenta mais indicada para solucioná-los. Pidd (1998) lista algumas características dos sistemas para os quais a simulação é recomendável:

- Eles são dinâmicos: seu comportamento varia ao longo do tempo. Esta variação pode estar associada a fatores que não podem ser controladas, mas que podem-se determinar por análise estatística; ou essa variação pode ser devido a fatores controláveis que podem ser expressáveis através de equações.
- Eles são interativos: os sistemas possuem um número de componentes que interagem entre si e esta interação afeta o comportamento de todo o sistema.
- Eles são complexos: o sistema possui inúmeras variáveis interagindo, e sua dinâmica precisa ser considerada e analisada.

2.4.4 Classificação dos modelos de simulação

Freitas Filho (2008) define sistemas como um grupo de componentes que recebem estímulos (entradas) e produzem respostas (saídas). De acordo com estes autores a classificação dos sistemas para fins de modelagem segue o esquema apresentado na Figura 12. Pode-se dizer que um sistema de modelagem pode ser determinístico ou estocástico, estático ou dinâmico, contínuo ou discreto (LEEMIS; PARK, 2006; ARAGÃO, 2011).

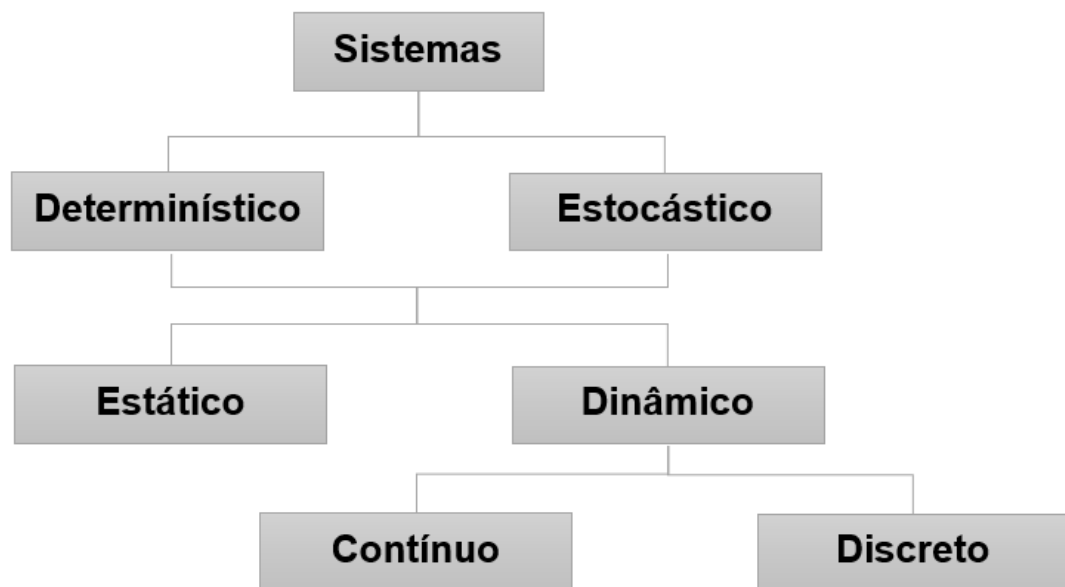


Figura 12 - Classificação de sistemas de modelagem

Fonte: Leemis e Park (2006)

2.4.4.1 Evento Discreto e Evento Contínuo

Esta classificação refere-se a forma como as variáveis mudam de estado e posição dentro do sistema.

Nos sistemas contínuos as mudanças de estado das variáveis ocorrem de forma contínua ao longo do tempo (FREITAS FILHO, 2008). Já nos sistemas de eventos discretos, as mudanças de estado ocorrem em pontos específicos no tempo. O objetivo de um modelo de simulação de eventos discretos é reproduzir as atividades das entidades que compõem um sistema e, a partir daí, conhecer o comportamento e desempenho do sistema. Então, simulação de eventos discretos é

aquela em que a mudança de estado da entidade (caraterizada por variáveis) acontece instantaneamente e é determinada pelos valores de suas variáveis ao passar por um evento (HILLIER E LIEBERMAN, 2013)

2.4.4.2 Modelos Determinísticos e Estocásticos

As mudanças dentro de um processo podem ser consideradas como estocásticas ou determinísticas dependendo do fenômeno em estudo. Nos sistemas determinísticos o comportamento é previsível e possível de se determinar, isto é, o resultado do sistema é pré-determinado em função dos dados de entrada. Diferentemente os resultados dos sistemas estocásticos, não somente dependem dos dados de entrada do sistema, dependem também de fatores aleatórios, apresentam comportamento de difícil previsão, (FREITAS FILHO, 2008).

Os eventos estocásticos não são planejados e podem acontecer em qualquer tempo, por exemplo a falha em um equipamento. Eventos determinísticos são planejados e agendados, como: pausas na produção, turnos e manutenção que visam manter um processo produtivo confiável (ASBJÖRNSSON *et al.*, 2016).

2.4.4.3 Modelo Estático e Dinâmico

Segundo Freitas Filho (2008), em um sistema estático as variáveis de estado não variam ao longo do tempo. Nos sistemas dinâmicos as variáveis se alteram conforme a passagem do tempo.

Para Winston (2004), a simulação estática é a representação de um sistema num ponto particular, no tempo. Já a simulação dinâmica é uma representação de um sistema que evolui ao longo do tempo.

Nesta dissertação usa-se a simulação por eventos discretos. Essa simulação é dinâmica, ou seja, os sistemas possuem um comportamento que podem variar ao longo do tempo e níveis de diferentes de detalhamento podem ser incorporados.

Nos modelos dinâmicos a simulação representa o desempenho do sistema ao longo do tempo, sendo possível acompanhar o comportamento do sistema em

diferentes momentos. Nos modelos discretos as mudanças do sistema ocorrem em intervalos definidos e específicos de tempo. (PIDD, 1998)

2.5 Simulação de Eventos Discretos (SED)

A simulação discreta é normalmente utilizada para avaliar e/ou analisar o desempenho dos sistemas de produção ou de serviços, principalmente aqueles mais complexos, onde vários eventos, dependentes entre si, ocorrem ao mesmo tempo. Chwif e Medina (2014) descrevem a simulação de eventos discretos como aquela em que as mudanças no estado das variáveis ocorrem em pontos discretos do tempo, por meio da ocorrência de um evento.

Poucos sistemas, na prática, são totalmente contínuos ou discretos. Desse modo, é comum considerar, durante a modelagem, o modo predominante de ocorrência dos eventos do sistema em questão (SAKURADA e MIYAKE, 2009).

Para melhor compreender a modelagem, é importante conhecer os conceitos de entidade, classes, estados, eventos e processo.

As entidades são os blocos básicos utilizados para representar os componentes do sistema. Segundo Pidd (1998), uma entidade é um objeto cujo comportamento no modelo será observado ao longo da simulação. O modelo acompanha o comportamento de cada entidade através de informações detalhadas sobre o seu estado e sobre possíveis estados futuros no sistema.

Em alguns softwares de simulação, as entidades devem ser agrupadas em classes, as quais são formadas por entidades similares que possuem características e atributos parecidos.

Se uma entidade estiver ocupada, este será seu estado. A entidade permanece neste estado por um período de tempo e o momento temporal no qual seu estado irá mudar é conhecido como evento ou evento temporal.

Segundo Pidd (1998), um processo é representado por uma sequência cronológica de atividades através das quais uma entidade deve ou poderá passar.

2.5.1 Softwares de Simulação

Nos anos 80 e inícios do 90, por efeito do elevado custo dos computadores, do esforço de programação requerido e na insuficiência para armazenar dados, a simulação era restrita a poucos usuários (BERGUE, 2000). No entanto, atualmente devido ao desenvolvimento de linguagens específicas e aumento na capacidade de processamento, ampliou-se a utilização desta técnica.

Os softwares de simulação existentes podem ser classificados em comerciais (*Commercial-Off-The-Shelf* – COTS), livres ou de código aberto (*Free and Open-Source Software* – FOSS), ou ambas versões (FRAGA, 2017).

Quanto à escolha do software, busca-se aquele que atenda a modelagem necessária para representar o sistema em estudo, levando em consideração os limites de tempo de desenvolvimento, recursos financeiros e esforço de programação (BERGUE, 2000).

2.5.1.1 Softwares de Simulação de Eventos Discretos

Swain (2013) lista cinquenta e cinco softwares de simulação comerciais SED. Segundo o autor, a simulação tem crescido por ser uma ferramenta viável economicamente e poderosa na resolução de problemas complexos.

Não faz parte do escopo da pesquisa discutir todos eles. Os softwares comerciais mais conhecidos nessa área são o ARENA© e o PROMODEL© que possuem versões educacionais gratuitas, porém liberados por só 2 ou 3 meses.

2.5.1.2 Softwares livres de Simulação a Eventos Discretos

Para Peixoto *et al.* (2014), há inúmeros benefícios na utilização dos softwares comerciais. No entanto, para empresas de pequeno porte, os mesmos não são economicamente viáveis. Segundo Rangel e Nascimento (2014), os simuladores gratuitos e de código aberto podem ser uma alternativa viável financeiramente para esse tipo de empresa.

Dagkakis e Heavey (2015) apresentam um levantamento dos softwares livres e de código aberto existentes no mercado, desses, 10 são SED. Os autores descrevem as características, aplicabilidade, linguagem de programação de alguns softwares, dentre eles, JaamSim, SharpSim, PowerDEVS, Ururau, entre outros.

Em especial, um dos softwares mencionados, o Ururau, é o primeiro FOSS de SED desenvolvido no Brasil. Este é o software que será utilizado nesta pesquisa para simular um processo logístico de uma empresa metal mecânica (PEIXOTO *et al.*, 2017).

2.5.1.2.1 Software de Simulação Computacional Utilizado: URURAU

Para os fins do presente estudo, foi escolhido software de simulação computacional denominado Ururau. A escolha deste software deve-se a sua disponibilidade, além da contribuição para promover o software livre e de amplo acesso.

O Ururau, conforme Peixoto *et al.* (2017), é um software para elaboração e testes de modelos de simulação de eventos discretos que possui o código aberto e livre (*Free and Open-Source Software* - FOSS). Encontra-se disponível para download, sendo acessado livremente por meio do link: <https://ururau.ucam-campos.br/>.

O Ururau possui diversas vantagens, dentre elas podemos listar a mais importante

Exploração da arquitetura interna de um ambiente de simulação de eventos discreto e suas características construtivas. Dando acesso a outros pesquisadores e desenvolvedores da área de simulação a compreender o mecanismo desenvolvido e replicá-lo em ambientes computacionais distintos, de forma semelhante (PEIXOTO, *et al.* 2013).

Dagkakis e Heavey (2015) menciona como desvantagem, que o Ururau não tem um código tão robusto como o software Arena, uma vez que o Arena é conhecido no mercado.

A Figura 13 apresenta a interface gráfica do Software Ururau versão 1.2, sendo a camada mais alta do software.

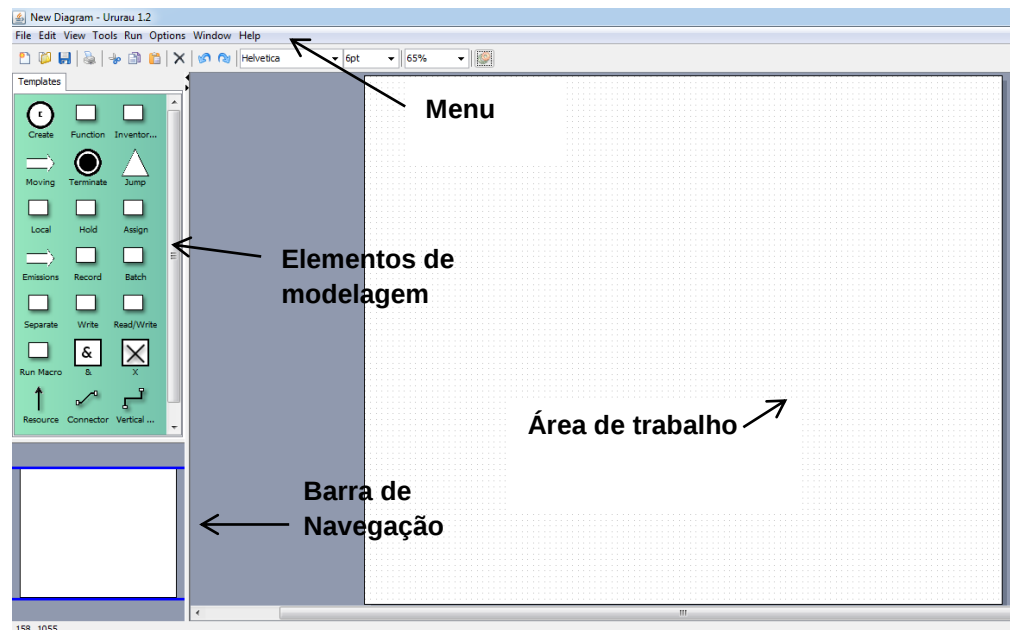


Figura 13 - Interface Gráfica do Ururau versão 1.2

Na Figura 13, estão dispostos os elementos de modelagem e a barra de navegação no lado esquerdo; na parte superior, encontra-se o menu para os ícones de execução; ao passo que na janela, quadro em branco, é a área de trabalho.

Para construir o modelo, é preciso, primeiramente selecionar o módulo (lado esquerdo), arrastá-lo para área de trabalho e conectá-los entre si. Para inserir as informações no módulo, basta clicar com o botão direito sobre o módulo arrastado para abri-lo. Podem ser inseridos, dados como os tempos de eventos, regras de funcionamento do sistema, entre outras funções de acordo com o módulo escolhido, entre outras (PEIXOTO *et al.*, 2017).

O Ururau apresenta uma interface semelhante ao software comercial Arena. No entanto, o Ururau é baseado na linguagem conceitual IDEF-SIM, utilizada em todas as etapas do projeto de simulação desenvolvido, essa linguagem foi apresentada por Montevechi *et al.* (2010).

Após o desenvolvimento do modelo, são definidos os parâmetros da simulação, tais como, o número de replicações e o tempo de replicação. A partir daí,

o modelo é executado, e, ao final, um relatório com as estatísticas será gerado (PEIXOTO et. al, 2013).

Para procurar a função de distribuição mais aderente aos dados de entrada juntamente com seus parâmetros devidamente estimados, a versão 1.2 do Ururau apresenta o teste de aderência (*Goodness-of-fit*), desenvolvido no software livre e aberto *R* (www.r-project.org) em conjunto com o pacote *fdistrplus*. O mesmo pode ser acessado através do menu *Tools*. A Figura 14 apresenta a tela do teste de aderência. O campo “*input*” é para a inserção dos dados. O teste avalia cada distribuição e estima seus parâmetros. À esquerda da tela, na janela *Choose Distribution*, o usuário pode escolher a distribuição e ver seus parâmetros estimados. Já a direita, na janela *Test Result*, mostrará um relatório detalhado para os dados em análise.

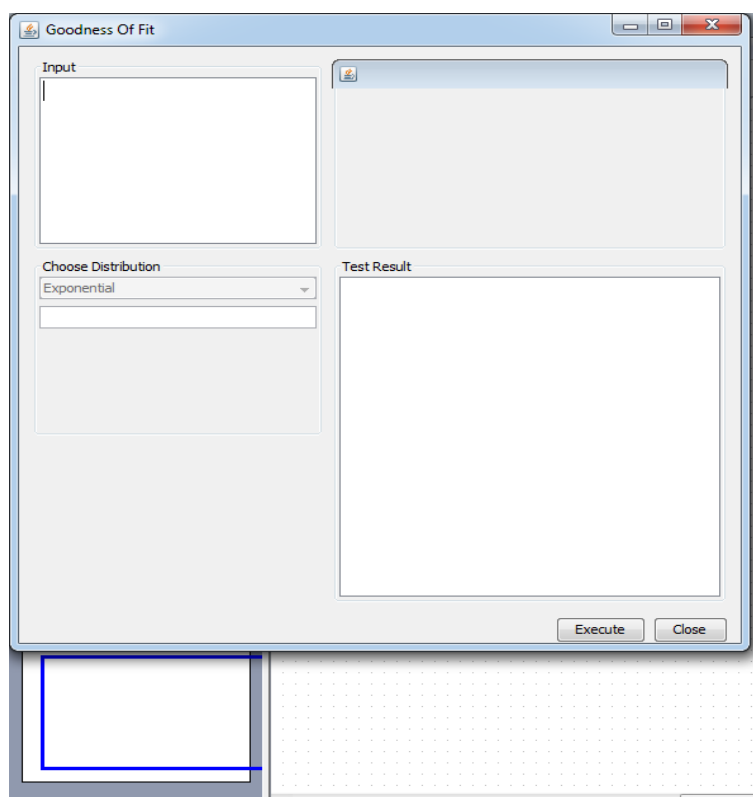


Figura 14–Tela do Teste de Aderência do Ururau

No capítulo seguinte se apresenta o método de trabalho utilizado para o desenvolvimento da dissertação, bem como o método utilizado para o desenvolvimento do projeto de simulação computacional utilizado no estudo de caso.

CAPÍTULO III—MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho utiliza dois métodos de pesquisa: pesquisa bibliográfica e estudo de caso. O primeiro método fornece a base teórica e o segundo visa resolver o problema proposto.

Quanto ao objetivo, este trabalho é de caráter exploratório, pois busca informações sobre algo desconhecido e a abordagem do problema é quantitativa, ou seja, depende de variáveis mensuráveis para sua resolução.

Inicialmente, utilizou-se à pesquisa bibliográfica para a obtenção de dados através da análise de materiais disponíveis em livros, artigos, teses e dissertações, além de consultar dados disponíveis na mídia eletrônica, com o intuito de obter embasamento conceitual sobre processos logísticos, teoria das filas e simulação a eventos discretos.

Para o desenvolvimento deste estudo, a metodologia empregada é uma pesquisa qualitativa que visa analisar e correlacionar os fatos por meio de observação e registros, baseado na documentação direta e indireta.

Conforme Andrade (1999), a documentação direta se relaciona com a pesquisa bibliográfica e documental. Portanto, neste projeto especificamente será feito um estudo mais detalhado das principais publicações encontradas na literatura (artigos, estudos, notícias, dentre outros) sobre o tema aqui abordado.

Já a documentação indireta se baseia nas técnicas de observação, nas entrevistas e visitas ao local. Nesta etapa, abrangerá a análise dos processos logísticos da empresa, onde será elencado o mais crítico para a empresa no momento atual, a identificação de seus gargalos e sugestões de melhoria no seu processo.

Como procedimento técnico se utiliza o método do estudo de caso, que possibilita uma visão geral do ambiente, e a partir da análise do objeto de estudo, se levantam questões importantes, buscando a solução de problemas específicos.

Vale ressaltar que se realizam entrevistas na empresa parceira, como fonte de coleta de informações e ao fim de cada entrevista se elabora um relatório para a constatação das observações e críticas anotadas.

A partir dos dados levantados, identificam-se os gargalos e propõem-se melhorias ao processo logístico analisado.

Este trabalho utiliza a metodologia proposta por Lopes (2016), onde são feitas algumas adaptações necessárias para alcançar o objetivo do estudo. A Figura 15 ilustra as etapas deste estudo.

A primeira etapa compreendeu a etapa da definição do problema e dos objetivos do trabalho.

Na segunda etapa, realizou-se pesquisa bibliográfica, sendo levantados temas relevantes para a resolução do problema em estudo, como processos logísticos, teoria das filas, simulação a eventos discretos e mapeamento de processos.

A análise dos processos logísticos e a identificação do mais crítico constituíram a terceira etapa. Já a quarta etapa tratou-se do mapeamento do processo mais crítico e identificação de seus gargalos, em ambas as etapas foram observados os processos logísticos, além da realização de entrevistas com pessoas chaves ou responsáveis do processo. As perguntas das entrevistas encontram-se nos Apêndices I e II deste trabalho.

A quinta etapa do trabalho compreendeu a coleta de dados, realizada através de observações, cronometragem do tempo e tratamento dos dados fornecidos pelo sistema da empresa.

A sexta e a sétima etapas consistiu da modelagem e simulação do cenário atual e a análise dos seus resultados, respectivamente.

Na oitava etapa, definiram-se os cenários a serem analisados neste trabalho. Finalmente, na nona etapa, analisaram-se os resultados alcançados para cada cenário estabelecido.

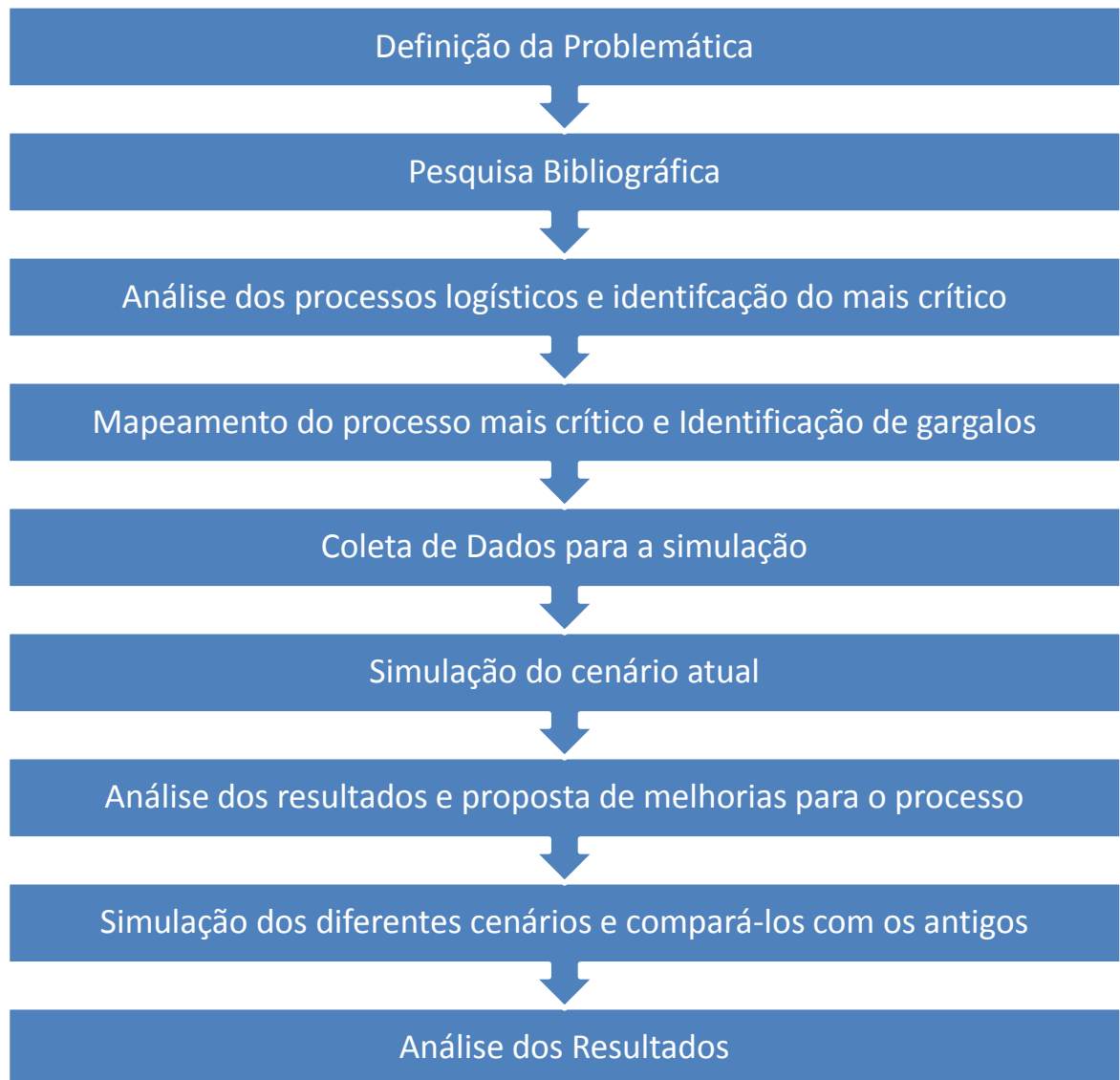


Figura 15 - Etapas do Estudo

Fonte: Adaptado de Lopes (2016)

3.1 Estudo de Caso

3.1.1 Descrição da Empresa

A pesquisa foi realizada em uma empresa metal mecânica de capital privado, que neste trabalho será referida como *Empresa X*, localizada na cidade de Campos dos Goytacazes/RJ, é voltada para o fornecimento de peças para indústria naval, óleo & gás, petroquímica e energia, indústria de mineração, siderurgia, implementos agrícolas e ferroviários, implementos rodoviários, entre outros.

Apresenta sua dinâmica de atuação fundamentada em suprimento de produtos de alta qualidade; desenvolvimento e execução de projetos em parcerias com clientes, instituições de ensino e pesquisa e entidades de classe; colaboração com grandes fornecedores de tecnologia e instituições de ensino e pesquisa.

A empresa desenvolve pesquisas a fim de obter soluções inteligentes para otimizar o custo de transporte e as operações de modo geral. O grupo trabalha com o conceito de Unidades de Negócios autossustentáveis e investe constantemente no campo tecnológico, em certificações de produto e processo.

O gerente de qualidade preza muito pelo desenvolvimento tecnológico da empresa, e cuidando que os seus funcionários desempenhem as tarefas de acordo com Procedimentos Operacionais, conhecidos como IT (Instruções de Trabalho) na empresa.

O foco deste trabalho foi estudar os processos logísticos da empresa, identificar o mais crítico e diminuir/eliminar os gargalos desse processo a fim de propor melhorias para o mesmo.

3.1.2 Análise dos Processos Logísticos da Empresa e Identificação de seus gargalos

Por meio de entrevistas, o gerente de qualidade informou que a empresa X apresentava gargalos em alguns de seus departamentos, principalmente os relacionados à logística interna. Dessa forma, apresentou os departamentos, direcionando-os aos seus respectivos representantes.

Observaram-se os seguintes processos logísticos na empresa: Estoque (Almoxarifado Central), Expedição e Recebimento.

Uma breve apresentação do observado em cada departamento encontra-se nas seções seguintes.

- Estoque (Almoxarifado Central): Neste, percebeu-se a necessidade de realizar um inventário mais preciso e ter um controle de itens mais acurado, especialmente para peças “pequenas” (parafusos, porcas, pregos, por exemplo). Sugeriu-se o uso da tecnologia RFID, porém a mesma foi vetada pelo gerente, por ser financeiramente inviável para o controle desejado. Entretanto, o gerente conseguiu ver a necessidade desta tecnologia para outra aplicação na empresa, uma vez que essa aplicação requer um alto valor agregado.
- Expedição: Nesta atividade foi constatado que há falha na rastreabilidade das chapas metálicas. O processo apresenta apenas uma identificação de código de barras, de papel, gerado pelo Planejamento e controle da produção (PCP) da empresa, o que possibilita apenas a rastreabilidade interna durante a expedição. Em entrevista com o responsável pelo PCP, o mesmo disse que muitas das vezes essa identificação é solta e perdida. Dessa forma, eles não conseguem rastrear as chapas no processo produtivo da empresa. Sugeriu as *tags* RFID para a realização dessa tarefa, porém conclui-se que a mesma não seria viável, economicamente, para esse procedimento.
- Recebimento: Notou-se que havia uma fila de itens empilhados. Buscou-se entender o motivo daquela quantidade de itens, especialmente os que estavam para ser conferidos. O gerente do almoxarifado informou que era devido à carga de trabalho atribuída ao departamento e por ter apenas um funcionário substituto. Além disso, em entrevista com o funcionário do recebimento, informou que precisava ir, inúmeras vezes, durante o expediente, a outro departamento (localizado a 200 metros do seu) para conferir documentos do recebimento, o que deixava o seu trabalho parado, e consequentemente, influenciava no processo produtivo. Diante disso, foi sugerido que o funcionário não precisasse se deslocar diversas vezes do seu

ambiente de trabalho, porque essa conferência poderia ser feita simplesmente ao usar um computador, *tablet*, ou algum outro dispositivo eletrônico, pelo qual pudesse se comunicar com o outro setor.

3.1.3 Identificação do Processo Logístico mais crítico

Através de observações e/ou entrevistas com os responsáveis por cada processo logístico, pôde-se notar que em todos os processos analisados constataram-se gargalos. Como cada departamento apresentava criticidade e os seus gargalos não estavam correlacionados, decidiu-se optar, juntamente com o gerente de qualidade, pelo setor mais crítico, a fim de mapear os seus processos, identificar gargalos e propor melhorias para o mesmo.

Dessa forma, escolheu-se o setor de recebimento, uma vez que o mesmo trata-se da entrada dos itens na empresa, o que o torna mais crítico para mesma. Após a decisão do setor, foram feitos alguns acompanhamentos de suas atividades de forma que fosse possível realizar o mapeamento dos seus processos, e buscar otimizá-los.

3.1.3.1 Recebimento da Empresa X

O recebimento da empresa é dividido em duas etapas: recebimento fiscal (Rfiscal) e recebimento físico (Rfísico).

A empresa X conta com dois locais para armazenar seus itens:

- 1) Almoxarifado central: É onde os itens são descarregados antes de serem despachados para os seus destinos no processo produtivo.
- 2) Setor de processamento de Aço: São recebidos aços planos e não planos que serão usados no processo produtivo.

A empresa de metal mecânica recebe seus pedidos, via transportadoras independentes ou transportadoras dos próprios fornecedores, sendo dos mais variados tipos de materiais, desde eixo, tinta, pneu, aços planos e não planos, entre outros relacionados à sua produção e materiais de limpeza.

Esses itens são classificados em críticos e não críticos, de acordo com a ISO 9001. Quanto às rotinas de recebimento, a única diferença entre os itens críticos para os não críticos, se deve ao fato que os fornecedores dos itens críticos devem anexar junto à nota fiscal às suas certificações (por exemplo, da ISO 9001). Ao receber a nota fiscal do motorista, o funcionário responsável pelo Rfiscal verifica se o certificado está de fato anexado à nota fiscal.

A única diferença está no recebimento de aços planos e não planos para os demais materiais. Ele ocorre, segundo o gerente sem apresentar gargalo para empresa e nem era possível levantar o tempo total do recebimento da chapa. Por esse motivo, o recebimento destinado a essas chapas não foi abordado nesta análise.

3.1.3.2. Análise do Recebimento da Empresa X

Foram acompanhadas as rotinas do recebimento a fim de identificar os seus gargalos em ambas as etapas, Rfiscal e Rfísico.

3.1.4 Análise e Identificação de gargalos do Recebimento Fiscal da Empresa X

O responsável pelo recebimento fiscal explicou detalhadamente todas as suas atividades, executando-as para demonstração do processo do Rfiscal. Durante a execução de uma de suas atividades, foi percebido um dispêndio de tempo considerável em um de seus procedimentos, sendo que o mesmo poderia ser desconsiderado, uma vez que a rotina, em sequência daquela, não tinha necessidade da informação inserida, identificando-se assim uma redução, do tempo utilizado para a realização daquela tarefa, e consequentemente uma redução do tempo total que o motorista ficaria esperando no Rfiscal.

O funcionário informou que realizava as suas rotinas exatamente como constava nas Instruções de Trabalho do Recebimento (ITs) (vide Anexo 1), porém percebia que não havia a necessidade de executar aquela determinada tarefa.

3.1.5 Mapeamento do Processo do Recebimento da Empresa X

Posteriormente, foram feitas outras observações e discutidas algumas soluções para ambos os departamentos de recebimento. Além disso, vale ressaltar que o

processo de Recebimento não tinha um fluxograma, contendo toda a sequência das atividades realizadas juntamente com os seus responsáveis, apenas se tinham a sequência das ITs.

Usando as ITs e com base em observações da rotina de trabalho dos funcionários do Recebimento, elaborou-se um mapeamento dos processos do Recebimento. O mesmo foi validado, após algumas reuniões com o gerente de qualidade e com o responsável pelo recebimento. Durante as reuniões, o gerente de qualidade percebeu a necessidade de reformular alguns itens da IT do Recebimento, visto que não havia a necessidade de ter tal item e que estava consumindo tempo. O fluxograma foi elaborado no software livre *Bizagi Modeler*, na formatação padrão da *Business Process Modeling Notation* (BPMN) ou Notação de Modelagem de Processos de Negócio, apresentado na seção 2.1, página 23. Este fluxograma foi dividido em duas partes: Rfiscal e Rfísico. As Figuras 16 e 17 apresentam o fluxograma do Recebimento fiscal e Rfísico, respectivamente; os quais foram validados pelos responsáveis da empresa.

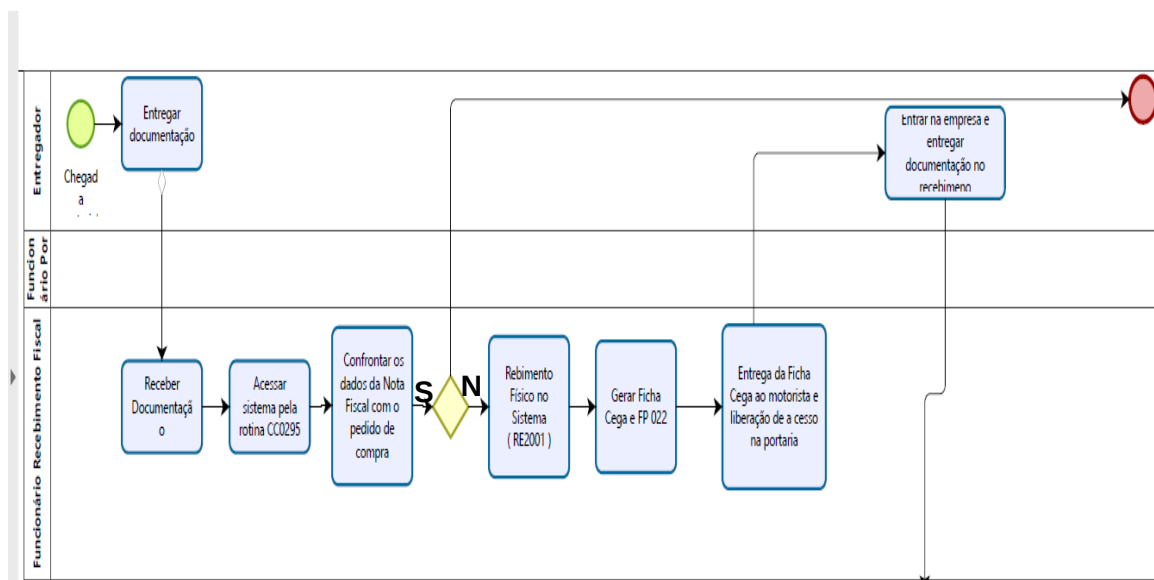


Figura 16 - Fluxograma Recebimento (parte I - Rfiscal)

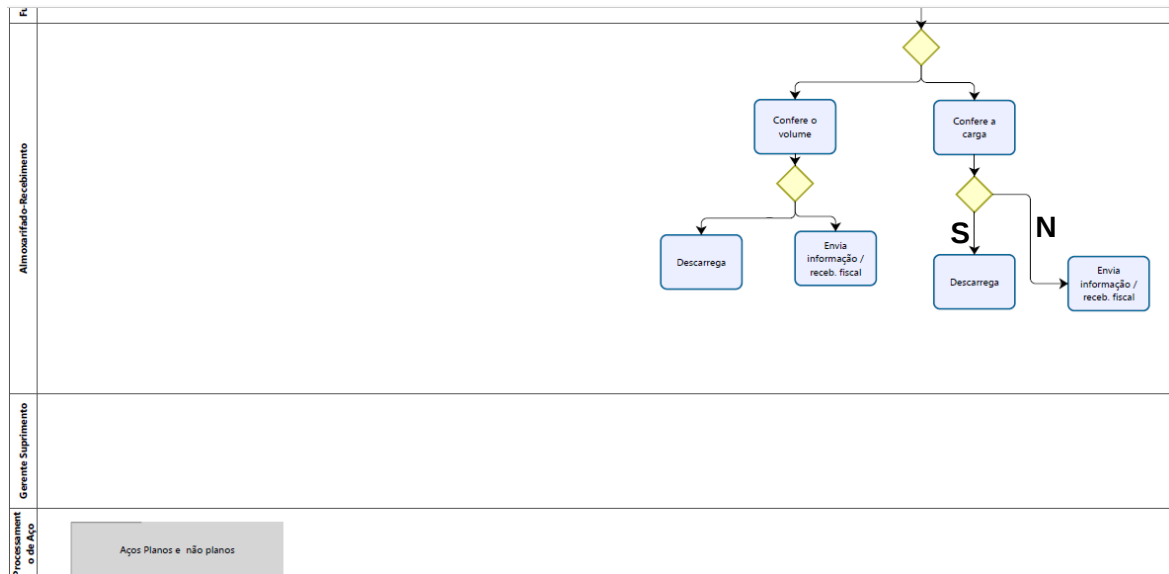


Figura 17 - Fluxograma Recebimento (parte II- Rfísico)

3.1.5.1 Descrição do Recebimento da Empresa X

O recebimento conta com dois funcionários: um assistente administrativo para o recebimento fiscal e um auxiliar administrativo para o recebimento físico.

O Rfísico está alocado no Almoarifado Central e o Rfiscal está alocado, estrategicamente, no Setor de Suprimentos, pois em caso de alguma divergência entre o pedido de compras e a Nota Fiscal do fornecedor/transportador, pode ser resolvido mais facilmente. O setor de suprimentos da empresa possui um gerente e dois compradores, além dos dois funcionários do recebimento, acima citado.

Resumidamente, a *Empresa X*, conta com a seguinte equipe no setor de suprimentos:

- Assistente administrativo que desempenha a função em dois setores: Recebimento fiscal e Faturamento.
- Auxiliar administrativo que atua no recebimento físico e desempenha a função de conferente de materiais. Além dessas responsabilidades, o mesmo acondiciona os materiais e os despacha para os seus destinos na produção.
- Um gerente de suprimentos.
- Dois compradores que realizam compras para a empresa Matriz e todas as suas sete (7) filiais

As filas, para os serviços prestados, são únicas, não existe critério de prioridade, caso haja fila. Utiliza-se a disciplina de fila *FIFO*, o primeiro que chegou, primeiro que será atendido. A única diferença dá-se na agilidade do atendimento pelo Rfísico dos transportadores para os fornecedores. No primeiro caso, o processo é mais ágil, pois a conferência é apenas visual. Já no segundo, a mesma é mais detalhada, o que consome mais tempo. Porém, quando há fila no recebimento físico, atende-se primeiramente o primeiro que chegou.

O motorista é atendido pelo funcionário do recebimento fiscal, onde inicialmente são feitas as suas rotinas, após isso, o motorista se dirige a portaria para entrar à empresa e se dirigir ao Almoxarifado central, onde terão suas cargas conferidas para depois descarregá-las. A distância entre o Recebimento Fiscal e o Almoxarifado Central é de aproximadamente 200 metros. O horário de recebimento da *Empresa X* é das 08:00h às 11:30h – 13:00h às 16:30h.

3.1.5.2 Descrição das atividades do Recebimento da Empresa X

De acordo com o fluxograma elaborado (Figuras 16 e 17), as atividades do recebimento, no momento que o transportador/fornecedor chega à empresa resumidamente são:

- Rfiscal: confrontar a nota fiscal com o pedido de compra, dar baixa no sistema, gerar ficha de conferência (denominado na empresa como ficha “cega”).
- Rfísico: É feito duas maneiras: por volume e por carga.

1) Por volume: É quando a entrega é feita por uma transportadora. Neste caso, o conferente inspeciona o volume visualmente, verificando se não há nada amassado, quebrado, etc., ou seja, que não atenda aos critérios de qualidade estipulado pela empresa. Depois de liberar o transportador, o funcionário inspeciona os itens.

2) Por carga: A entrega é feita pelo próprio fornecedor. Deste modo, a conferência é mais detalhada, onde é contada a quantidade de itens, peso, dimensões e verificados os critérios de qualidade estipulado pela empresa. Neste tipo de

recebimento, o funcionário do RFísico aciona, por rádio comunicador, o RFiscal a fim de relatar a quantidade de itens com as suas especificações. O encarregado do recebimento físico só libera o fornecedor após a conferência das especificações e quantidades junto ao Rfiscal.

Na empresa utiliza-se a conferência “às cegas”. Neste tipo de conferência, o conferente não sabe a quantidade que estava na nota fiscal, apenas o item, sendo assim, diminuindo a probabilidade da ocorrência de erros. Dessa forma, o funcionário do Rfísico informa a quantidade e especificações do item de forma a equipará-lo a nota fiscal.

3.1.6 Segunda fase de Análise do Recebimento após considerações iniciais

Após a modelagem de processos, ao retornar à empresa, notou-se que antes de identificar outros gargalos do recebimento, os que já tinham sido identificados durante observação e entrevista com os responsáveis pelo Recebimento já haviam sido alterados.

Observou-se que o funcionário do Rfísico tinha reduzido à quantidade de vezes que ia ao outro departamento para conferência de documentos fiscais, fato mencionado na seção 3.1.4, podendo assim, atender melhor o ritmo de trabalho do seu setor.

Por outro lado, o funcionário do Rfiscal deixou de preencher o formulário com toda a informação desnecessária, como mencionado no início da seção 3.1.5. Dessa forma, reduzindo drasticamente o tempo de espera que o transportador/fornecedor esperava para entrar à na empresa.

3.1.7 Gargalos logísticos do RFiscal da Empresa X

Durante análises e observações das tarefas do recebimento fiscal, detectou-se algumas possíveis falhas, que ocasionavam atrasos e filas. Dentre elas, a mais impactante é o alto índice de divergências na etapa de comparação entre a nota fiscal e o pedido de compra.

Notou-se que grandes partes dos erros eram ocasionadas pelos compradores, especialmente na emissão do pedido de compras no sistema da empresa. O Rfiscal

informou que este problema é recorrente e que em cada dez notas fiscais, quatro encontravam-se com equívoco do pedido de compra no sistema. Gerando assim, insatisfação e reclamações por parte dos motoristas das transportadoras /fornecedoras, assim como as próprias empresas, ao terem que esperar um longo tempo para entrar à empresa.

O funcionário do Rfiscal relatou que já tinha exposto a frequência do ocorrido para o gerente de suprimentos, mas eles não tinham noção da seriedade do assunto e precisavam quantificar a frequência estas ocorrências e o tempo médio de espera dos motoristas no recebimento fiscal.

Assim, foi preciso demonstrar quantitativamente e qualitativamente o que as divergências ocasionavam ao processo de recebimento. Dessa forma, iniciou-se a coleta de dados para simulação do cenário atual do processo de Recebimento da empresa.

3.1.8 Coleta de dados para a simulação

Para a coleta de dados elaborou-se uma planilha no Excel, conforme fluxograma validado, mas com algumas considerações, visto que algumas atividades podiam ser unificadas para a simulação. Por exemplo, o recebimento e a conferência no sistema são feitos na mesma rotina. Assim, não tinha a necessidade de registrar o tempo separado para cada atividade, mas sim uni-las e registrar o tempo total. Adotaram-se as nomenclaturas para os processos e registrou os tempos e quantidade de itens recebidos na planilha. As planilhas de acompanhamento das atividades do Rfiscal e Rfísico encontram-se nas Figuras 18 e 19, respectivamente. As mesmas passaram por algumas alterações à medida que se começou o registro dos dados, devido à necessidade de adequações à rotina do Recebimento.

Acompanhamento das atividades do Recebimento de Materiais									
Recebimento Fiscal									
Forne- Cedor	Identif (Notas fiscais)	Horário (hh:mm:ss)	Chegada	Entrega/RecDoc (P1)	Recebimento + Conferência no sistema (P2)	Diverge? (S/N)	Qtd (itens)	Ficha Cega + Formulário(P3)	Qtd fichas cega
		Início							
		Término							

Figura 18 - Acompanhamento das atividades do Rfiscal

Acompanhamento das atividades do Recebimento de Materiais (cont.)								
Recebimento Físico								
Horário (hh:mm:ss)	Entreg Docs/ Entrar na empresa (M1)	Confere volume + Descarreg (P5)	Diverg? (S/N)	Total Volume	Confere carga + Descarreg (P6)	Diverg? (S/N)	Total carga	Saída (observação)
Início								
Término								

Figura 19 - Acompanhamento das atividades Rfísico

3.1.8.1 Descrição das atividades para o modelo de acordo com o acompanhamento das atividades.

O Quadro 1 apresenta uma descrição sucinta de cada atividade envolvida no modelo de simulação e como foram registrados os tempos.

Quadro 1 - Descrição das atividades para o modelo de simulação

Identificação	Atividade	Descrição
P1	Entrega/Recebimento da nota fiscal	Tempo compreendido entre o momento que o caminhão chega até o seu atendimento.
P2	Recebimento + Conferência no sistema	A empresa utiliza o software de gestão empresarial, ERP, da empresa TOTVS, para gerenciar suas atividades. A rotina “recebimento no sistema” é uma “baixa” no pedido de compras e a “conferência do pedido”, trata-se de uma comparação do pedido feito pelo comprador em confronto com a nota fiscal. Nessa rotina, o funcionário do Rfiscal deve ser bem criterioso quanto aos valores inseridos, pois quando há divergência entre o valor total do sistema e o da nota fiscal. Deve-se averiguar qual a fonte do erro. Muitas das vezes, apresentam erros de incompatibilidade de sistema por aproximação. A empresa aceita diferenças de no máximo R\$ 0,05 para liberar. Caso contrário, faz-se necessário buscar a fonte do erro.
P3	Ficha Cega + Formulário	A ficha de conferência (ou cega) é gerada automaticamente pelo sistema, basta o funcionário fazer pequenas alterações e imprimi-la. Nela só consta o nome do item, todas as informações detalhadas são ocultas, de forma que o funcionário do Rfísico consiga obter um documento de conferência com maior precisão. Quanto ao formulário de conferência, o funcionário do recebimento fiscal precisa preencher o cabeçalho com informações básicas tais como, nome do fornecedor, item, código, entre outras. As figuras 20 e 21 mostram, respectivamente, um modelo de ficha cega e de formulário de conferência emitido pela empresa.

M1	Entregar Documentos + Entrar na Empresa	O funcionário do Rfiscal entrega ao motorista o formulário + fichas cegas e pede para entregá-los ao funcionário do Rfísico. Ao sair do Rfiscal, o motorista dirige-se à portaria da empresa. Neste momento, o porteiro inspeciona o caminhão e a carga que irá entrar na empresa, segundo normas da empresa X.
P5	Conferir Volume	O momento que a transportadora chega ao Rfísico e começa a conferência dos volumes. O funcionário do Rfísico informa por rádio o momento que o caminhão chega e o momento que ele libera o caminhão.
P6	Conferir Carga	O momento que o próprio fornecedor chega ao Rfísico e começa a conferência das cargas. O funcionário do Rfísico informa por rádio o momento que o caminhão chega, a quantidade de itens conferidos e o momento que ele libera o caminhão.

Arquivo Editar Localizar Visualizar Formatar Linguagem Configurar

new 1 x LISTAGEM DE FORNECEDORES DOS ULTIMOS 6 MESES.txt

1
2
3
4
5 Documento: 0097099 Série: 1
6
7 Tipo Nota: 1 - Compra Seq: 10
8
9 Est: 1 Dep: D01
10
11 Localização: Lote:
12
13 Referencia:
14
15 Item: 3040841 Un: UN Fm: FCO001
16
17 Desc: BOMBA ENGRENAGEM HIDR - 3V/3P-85cm³ ROT. ANTI-HORARIO
18
19 QUANTIDADE:
20
21

Figura 20 - Ficha de Contagem utilizada na empresa.

CHECK LIST DE CONTROLE DE QUALIDADE				FP 022	REVISÃO
INSPEÇÃO DE RECEBIMENTO DE MATERIAIS DE FORNECEDORES EXTERNOS					
INFORMAÇÕES BÁSICAS					
FORNECEDOR:	F=151				
CNPJ:			Nº DO LOTE:		
Nº DA NOTA FISCAL:	97099		DATA DO FORNECIMENTO:	15/08/2017	
	3040841				
COD. ITEM					

Figura 21 - Formulário de Inspeção

O responsável pela cronometragem do tempo, para dados da simulação, esteve alocado no setor de Rfiscal, visto que é onde o processo de recebimento do material se inicia (P1). Quanto às atividades do Rfísico, o funcionário responsável informa por rádio P4, P5 ou P6. A coleta dos tempos utilizados, no procedimento, foram registrados durante um mês.

3.1.9 Conclusão da Coleta de Dados e observações para a simulação

Durante a etapa de coleta, notaram-se algumas razões recorrentes para a espera do motorista em ser atendido:

a) O funcionário do Rfiscal está ausente do setor no momento que o motorista chega.

Como já foi exposto, na seção 3.1.5.1 dos procedimentos, o mesmo funcionário atua no setor de faturamento também, o que faz com o que precise se ausentar do seu departamento para dar assistência ao setor de contabilidade. Entretanto, ele entende que o recebimento é prioridade. Dessa forma, ao chegar um caminhão, o funcionário do Rfiscal prontamente o atenderá.

b) Divergência devido à nota fiscal lançada no sistema (por exemplo: conversão de unidades, divergência de preço, divergência da compra).

A mesma deve estar igual à nota física (contendo o total e o desconto). O funcionário do Rfiscal deve respeitar todos os dados fiscais, pois o mesmo atua no Faturamento. Segundo as ITs do Recebimento (vide Anexo 1), é imprescindível a

exatidão e excelência de todas as informações que envolvem este procedimento, pois seguinte ao Recebimento acontece o Lançamento das Notas Fiscais no Sistema (atividade do Faturamento). Quando isso acontece, é alterado no sistema, de modo que ambas as notas estejam iguais.

c) Divergência ocasionada pelos compradores

Os mesmos nem sempre podem resolvê-las prontamente, pois na empresa há apenas dois compradores, responsáveis pela aquisição de itens de da empresa X matriz e suas filiais (sete, no total). Os mesmos estão sempre ocupados. E o funcionário do Rfiscal deve esperá-los desocuparem para resolver. Dessa forma, o motorista fica esperando para entrar na empresa.

d) Quando o comprador está ausente e há divergência.

Neste caso, é liberado quando a diferença é relacionada à unidade, pois isso pode ser resolvido depois, é um procedimento interno. Não há necessidade para o motorista esperar. Entretanto, em casos onde o valor total é diferente da nota fiscal, isso só pode ser resolvido com o comprador.

e) Espera na portaria da empresa X

A portaria da empresa inspeciona todos os veículos que entram na empresa. Às vezes, o transportador/fornecedor deve esperar para o porteiro liberar a sua entrada. A portaria verifica item por item dos transportes que entram e saem de acordo da empresa.

f) Alto índice de reclamação de transportadoras

Três transportadoras reclamam com frequência do atraso para entrar à empresa.

Entretanto, notou-se também que alguns fornecedores enviam suas notas fiscais por e-mail (em formato XML) para dar agilidade ao processo. Dessa forma, o funcionário do Rfiscal pode “antecipar” a emissão dessas notas e a armazená-las, como cópia. No momento que o caminhão chega, basta substituir a nota cópia pela nota fiscal original. Reduzindo assim, o tempo no recebimento. Entretanto, nem todas as fornecedoras/transportadoras enviam as suas notas por e-mail. A Empresa

X não consegue mensurar em percentual a redução do tempo ao utilizar a “ficha pronta”.

Em geral, notou-se um alto grau de insatisfação dos transportadores (devido ao longo tempo de espera no Rfiscal), alto índice de divergências ocasionado pelos compradores, sobrecarga dos funcionários do Rfiscal e Compradores.

Esse longo tempo de espera é prejudicial para os motoristas e suas respectivas transportadoras ou fornecedoras e podem incorrer em multas, caso o motorista não consiga entregar a carga na empresa subsequente à empresa X. Além disso, as transportadoras/fornecedores terão que pagar horas extras ao motorista por ter excedido o seu horário de trabalho, entre outros custos de transporte para transportadores/fornecedores. Gerando custos de armazenagem para a compradora, no caso a empresa X.

A empresa X apresenta uma política para tratamento de reclamações, representada na Figura 22.



Figura 22 - Tratamento de Reclamações da empresa X

Dessa forma, visando uma melhoria no atendimento de seus parceiros (fornecedores). O responsável pelo Rfiscal relata que o tempo máximo que um transportador/fornecedor espera para entrar à empresa é de 30 min. Tempos superiores a 30 minutos geram insatisfações, reclamações junto aos seus responsáveis do Rfiscal, incluindo aos diretores da Empresa X.

O encarregado do Rfiscal informou que quanto ao tempo total de permanência na Empresa X, alguns motoristas reclamam com frequência. A criticidade para eles está relacionada ao tempo que ficam esperando no Rfiscal antes entrar à empresa.

3.2 Metodologia de simulação proposta

O modelo de simulação desenvolvido nesta dissertação possui três divisões: concepção do sistema (definição de objetivos e modelo conceitual), implementação do modelo computacional (no software URURAU versão 1.2 e verificados, também, no Arena) e análise dos dados (obtenção de resultados experimentais dos cenários). Este modelo foi adaptado segundo a metodologia de simulação de Chwif & Medina (2014), representada na Figura 23.

Na verificação e validação do modelo de simulação foi empregada também a metodologia proposta por Sargent (2013) que consistiu em comparação com outros modelos, validação face a face, validação interna, entre outros. Vale ressaltar que o modelo conceitual do sistema foi desenvolvido em linguagem IDEF-SIM, apresentada por Pereira *et al.* (2015). Esta linguagem permite uma melhor visualização e compreensão das etapas e características do problema em estudo. Esta mesma linguagem é utilizada no software Ururau versão 1.2.

As fases de concepção do sistema foram apresentadas na seção 3.1. A fase de implementação do modelo computacional será discursada nesta seção 3.2. A fase de análise será apresentada no capítulo 4.

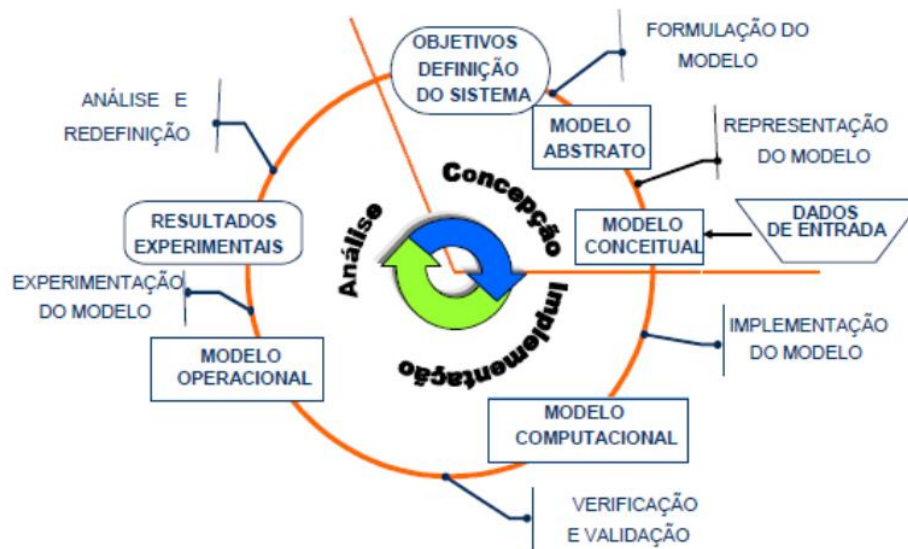


Figura 23 - Metodologia da Simulação

Fonte: Chwif& Medina (2014).

Os modelos de simulação foram executados numa máquina *Dell*, modelo *Inspiron*, processador *Intel Core i5-2430M* 2,40 GHz, 6,00 GB de memória RAM instalada, sistema operacional *Windows 7 Pro* 64 bits.

Toda a lógica de simulação utilizada reproduziu a prática real do processo de recebimento de materiais e teve por base a experiência técnica de especialistas na área de recebimento.

3.2.1 Implementação do Sistema

Nesta etapa, buscou-se atender o objetivo da simulação deste trabalho, que é avaliar os indicadores de desempenho de tempo máximo de espera do motorista para entrar à empresa, o tempo máximo que fica na empresa, além da taxa de utilização dos funcionários. O intuito é de elaborar um cenário de modo que o tempo máximo de espera do motorista na fila não ultrapasse 30 min, e que os funcionários consigam exercer as suas funções sem estar sobrecarregados, e com o menor índice de erros possíveis no processo de recebimento.

3.2.1.1 Dados de Entrada

O gerente forneceu a informação de que não havia dias típicos de chegada de materiais à empresa e que eles não têm um controle do dia que os itens chegarão. Deste modo, a coleta dos dados deu-se em um mês, no mês de Novembro de 2017, tomaram-se dias aleatórios do mês e visitou-se à empresa na maioria das vezes durante o turno da tarde, mas houve dias que a coleta foi no turno da manhã. Como resultado, a coleta foi realizada dos dias 16 de Novembro de 2017 a 15 de Dezembro de 2017. O tempo de coleta foi de 4h por dia.

Para a coleta de dados, uma pessoa ficou posicionada próximo ao funcionário do recebimento fiscal e cronometrou o tempo médio destinado a cada atividade do processo e os anotou juntamente com outras informações, tais como a quantidade de fichas “cegas” e se houve alguma divergência no processo. Já para o tempo das atividades de conferência das cargas/volume, o funcionário se comunicava por rádio com o recebimento fiscal em dois momentos: o instante que o caminhão chegava ao almoxarifado e o momento que terminava a conferência da carga/volume.

Em todos os dias foram coletados os dados de chegada dos motoristas à Empresa X e o tempo de atendimento, tanto no recebimento fiscal, quanto o físico.

Os dados coletados foram tratados pelo software URURAU, na função *Goodness-of-fit* (Teste de aderência) com o intuito de determinar a distribuição de probabilidades mais aderente ao conjunto de valores dos dados coletados. Este teste fornece uma distribuição de probabilidades mais aderente a certo conjunto de dados.

A ferramenta permite que várias distribuições sejam comparadas, em termos de dois parâmetros, *p-value* e *CDF-distance*; e mostra os efeitos da troca dos parâmetros das distribuições, além de permitir a manipulação dos dados de entrada.

Chwif & Medina (2010) explicam sobre o primeiro parâmetro, o *p-value* (ou valor-p), que tenta fornecer uma medida da força dos resultados a partir de uma dada amostra. Ele representa o nível de significância que pode ser assumido para se rejeitar a hipótese de aderência, onde a hipótese nula (H_0) representa que — existe aderência dos dados — com a distribuição de probabilidade comparada, ou seja:

- Se $p\text{-value} \leq \alpha$, então H_0 é rejeitada ao nível de significância α
- Se $p\text{-value} > \alpha$, então H_0 não é rejeitada ao nível de significância α

Portanto, quanto menor o $p\text{-value}$, mais razões temos para rejeitar a hipótese de aderência. O Quadro 2 apresenta faixa de valores para o $p\text{-value}$

Quadro 2 - Valores para $p\text{-value}$

$P\text{-value}$	Interpretação
$p\text{-value} < 0,01$	evidência forte contra H_0
$0,01 \leq p\text{-value} < 0,05$	evidência moderada contra H_0
$0,05 \leq p\text{-value} < 0,10$	evidência potencial contra H_0
$0,10 \leq p\text{-value}$	pouca ou nenhuma evidência real contra H_0

Fonte: Chwif & Medina (2010)

O *CDF-distance* (*cumulative distribution function*)—função de distribuição acumulada da distância, em português – é uma medida que indica o quão próxima a distribuição teórica está da distribuição empírica correspondente aos dados da amostra. Quanto menor o *CDF-distance*, mais aderente será a distribuição (MULLER e DUTANG, 2015).

Como resultado do teste de aderência, obtém-se a distribuição mais aderente aos dados da amostra. Além disso, é mostrado um relatório detalhado com o $p\text{-value}$ e o valor do *CDR-distance* de cada função, e um histograma comparando, as curvas das demais distribuições teóricas em ordem decrescente de *CDR-distance*

Entretanto, o usuário é livre para escolher a distribuição por *CDF-distance* ou $p\text{-value}$, mas, como regra prática, o valor do $p\text{-value} \geq 0,10$ há uma boa chance de a amostra ser aderente à distribuição teórica em questão como sugere por Chwif e Medina (2010). Valores de $p\text{-value} < 0,10$ há uma grande chance da distribuição teórica não ser uma boa candidata, ou seja, não ser aderente aos dados da amostra.

Os histogramas, referentes a cada conjunto de dados, gerados pelo *software Ururau* podem ser observados no Apêndice III nas Figuras 28 a 35.

Vale ressaltar que para gerar os histogramas, foram retirados os valores atípicos, que são os casos isolados de tempos discrepantes com a faixa de dados observados.

Para o tempo de chegada dos caminhões à empresa, o $p\text{-value} = 0.2790$ e $CDF\text{-distance} = 0.0881$, a distribuição mais aderente será a Weibull. (ver apêndice C)

No P1, como o $p\text{-value} = 0.4413$ e $CDF\text{-distance} = 0.1704$, a distribuição será Lognormal.

O C1 apresenta o $p\text{-value} = 0.0003014$ é um valor muito pequeno. O teste retornou o menor valor para o $CDF\text{-distance} = 0.3217$. Logo, a distribuição será Weibull

Já para o P2c, o $p\text{-value} = 0.7164$ e $CDF\text{-distance} = 0.1246$, a distribuição será a Gama. Ao passo que P2 apresentam o $p\text{-value} = 0.2378$ e $CDF\text{-distance} = 0.1796$, assim a distribuição será Gama.

Os valores de $p\text{-value} = 0.6476$ e $CDF\text{-distance} = 0.1390$ para o P3, logo a distribuição será Lognormal.

Para M1 Como o $p\text{-value} = 0.9205$ e $CDF\text{-distance} = 0.3335$, a distribuição será Lognormal.

E P5 terá a distribuição Lognormal, uma vez que os valores de $p\text{-value}$ e $CDF\text{-distance}$ são respectivamente, 0.2590 e 0.2339.

Vale ressaltar que para o processo P6 não foi possível gerar o histograma, devido à escassez dos dados, dentro do tempo determinado para a coleta de dados, Assim, o tempo médio de P6 - inspeção da carga vinda de um fornecedor – foi determinado junto ao especialista. Foram informados o tempo mínimo e máximo para P6. Assim, para esse processo foi escolhida a distribuição Uniforme (valor mínimo, máximo).

Além disso, foi indispensável representar na simulação, de forma geral, o processo de compra e faturamento, uma vez que como os compradores atuam diretamente nas tarefas do recebimento, em caso de divergência, e quanto ao faturamento, o funcionário do recebimento fiscal realiza as tarefas do mesmo. Esta informação foi validada com o especialista e ao observar o sistema e a suas respectivas distribuições de probabilidades, os resultados podem ser vistos na tabela 2

O resumo das distribuições de probabilidades, que melhor aderiram aos conjuntos de dados, é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultado do Teste de Aderência (Distribuição de Probabilidades)

Conjunto de Valores	Distribuição Aderente
E1 (chegada de caminhões)	WEIB(46.425,0.838)
P1 (entrada de documento)	LOGN(0.912,2.258)
C1 (atributo da quantidade de itens)	WEIB(2.796,0.921)
P2c(tempo gasto com divergência em cada item)	GAMM(5.417,1.121)
P2s (tempo gasto sem divergência em cada item)	GAMM(2.681,1.230)
P3 (ficha cega)	LOGN(2.611,2.778)
M1(portaria)	LOGN(5.529,2.750)
P5 (conferência por volume)	LOGN(8.721, 9.303)
P6 (conferência por carga)	UNIF(4.65,17.5)
E2 (tempo de chegada entre os pedidos de compra)	NORM(13.672,3)
F1 (outros processos do comprador)	NORM(19.5, 1.8333)
E3 (tempo de chegada das faturas)	NORM(12,3)
F2 (outros processos do faturamento)	NORM(15.5, 1.6333)

3.2 Implementação do Modelo Computacional

A Figura 24 representa o Modelo de Simulação do setor de Recebimento da Empresa X, elaborada no software Ururau versão 1.2. Nele não foi considerado o recebimento de aços planos e não planos, visto que estes não ocorrem no almoxarifado central, o que está fora do escopo deste trabalho.

Desse modo, foi feito o Modelo com todos os processos do departamento de recebimento fiscal e físico destinado ao almoxarifado central da Empresa X. A Fig. 24 representa o cenário atual, com divergência e precisando do comprador para resolvê-las, além do encarregado pelo recebimento fiscal atuando no faturamento também.

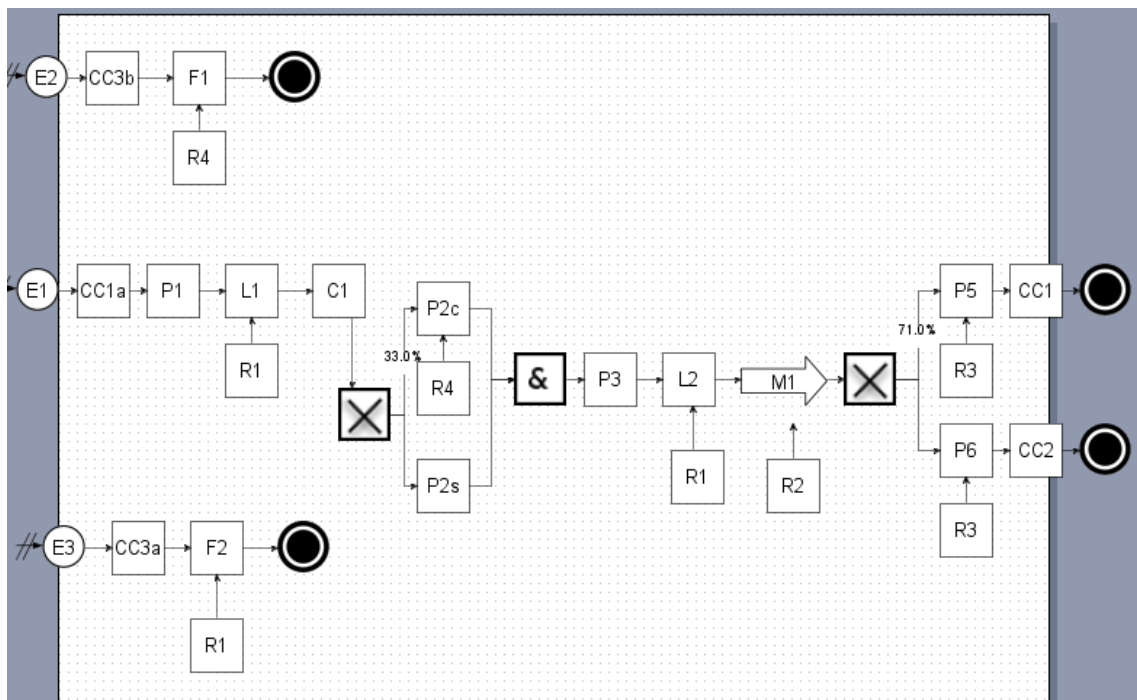


Figura 24 - Cenário atual Recebimento empresa X

Os módulos E1, E2 e E3 proporcionam a geração das entidades 1 (caminhão); 2 (problemas do setor de compras) e o módulo 3(faturas). O módulo (CC1a) é um *assign* (atributo) que faz a contagem de caminhões que chegam à empresa. Outros atributos (CC1 e CC2; CC3a, CC3b) foram utilizados para contar transportadora e fornecedor; além da contagem do número de demandas do

comprador e do faturamento, respectivamente. Os mesmos foram usados neste trabalho para validação do modelo computacional. Todos esses dados podem ser obtidos no relatório do modelo.

Os módulos “P’s” tratam-se dos processos (já apresentados no Quadro 1, pag 67 deste trabalho). Os “R’s” são os Recursos que fazem parte do processo – R1: Rfiscal; R2 - porteiro, R3 – Rfísico e o R4 – compradores. Os módulos F1 e F2 indicam o processo de compras e faturamento, respectivamente.

O módulo C1 representa um atributo relacionado à quantidade de itens, pois o tempo de espera do motorista varia em função de quantidade de itens, dessa forma, teve-se que ajustar a uma distribuição da quantidade de itens. O módulo L1 (*seize* – “prender”/“segurar”) é usado no modelo para indicar o início da atividade do recebimento fiscal (R1), e que a partir deste ponto, a fila do recebimento começa sendo gerada. O R1 fica “preso” às atividades do processo até que o L2, que tem a função de “liberar” o Rfiscal, ou seja, término da fila do Recebimento Fiscal.

Já o módulo “X” controla o fluxo de entidades, respeitando uma porcentagem ou uma expressão condicional. Nesta dissertação, o primeiro “X”, trata-se de divergência no processo de recebimento; enquanto que o segundo trata-se dos diferentes tipos de entregas (transportador ou fornecedor), com as suas respectivas porcentagens. O módulo “&” tem a função de juntar os fluxos, recebendo todas as entidades e conduzindo-as ao próximo módulo.

O módulo M1 indica uma movimentação (deslocamento). E por fim, o círculo preenchido de preto finaliza o fluxo de entidades.

CAPÍTULO IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Além do modelo do cenário real estudado, foram propostos três cenários (em decorrência ao que foi evidenciado no levantamento de dados: a grande proporção de erros e tempo de espera dos caminhoneiros para entrar à empresa e entregar os insumos) afim de contribuir para a tomada decisões da empresa. Assim, puderam-se avaliar diferentes situações em que foram provocadas mudanças, de modo a avaliar se o tempo de espera dos clientes na fila atende aos 30 min (no máximo), que estão dispostos a esperar, conforme foi levantado com, os responsáveis da fase que o transportador/fornecedor.

Os cenários elaborados para simulação foram os seguintes:

- Cenário 1 – aceitar 15 % de divergência e precisando da intervenção do comprador;
- Cenário 2 – com a ficha pronta (sem divergência). Não precisa do comprador
- Cenário 3 – com ficha pronta (sem divergência). Não precisa do comprador, Funcionário do Rfiscal não atuando no faturamento.

Para todos os casos foram considerados horários de almoços dos atendentes, que é de 1 hora. Além disso, foram geradas dez replicações para cada caso e o tempo das replicações foi de 420 min.

Na análise dos cenários foi considerado, como indicador de desempenho, o Tempo Máximo de Espera na Fila ($TF_{máx}$) das replicações. Este indicador não pode ser superior a trinta minutos para o motorista adentrar à empresa, para evitar reclamações. Além do ($TF_{máx}$), são analisados o $TS_{máx}$ (tempo máximo no sistema) e ρ (taxa de utilização) das replicações.

Nas seções 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4, são apresentadas as tabelas com os respectivos resultados desses cenários e é feita a análise dos mesmos.

4.1 Cenário Estudado

Os resultados de $TF_{m\acute{a}x}$ do cenário simulado atual em estudo, apresentado na Tabela 3, foram obtidos quando foi realizado com 33% de divergência no processo do recebimento fiscal, compradores atuando no processo ao resolver as divergências; e com o funcionário exercendo as atividades do recebimento fiscal e do setor de faturamento. Vale ressaltar que os resultados foram levados ao responsável pelo setor de Recebimento da *Empresa X* e validado pelo mesmo.

Tabela 3 - $TF_{m\acute{a}x}$ por processo do Cenário Atual Estudado

Processo	Tempo médio e Tempo máximo (min.)
L1	73, 997 (máx – 126,541)
P2c	51,623 (máx – 104,284)
M1	0,137 (máx – 0,763)
P5	0,076 (máx – 0,684)
P6	0

A partir dos resultados obtidos pode-se observar que a Empresa X não atende o tempo máximo de espera ponderado pelos responsáveis da fase transportador/fornecedor. Uma vez que o tempo L1 mínimo (processo do recebimento fiscal) é superior ao que os motoristas estão dispostos a esperar.

Sendo assim, comprometerá o seu tempo máximo na empresa. A tabela 4 apresenta o $TS_{m\acute{a}x}$ para as entidades do estudo.

Tabela 4 - $TS_{m\acute{a}x}$ do Cenário Atual Estudado

Entidade (clientes)	Tempo médio e Tempo máximo (min.)
Caminhões	132,192 (máx – 191,788)
Comprador	106,974 (máx – 126,584)

Faturamento

103,656 (máx – 157,828)

Como se pôde notar, devido ao grande índice de divergências ocasionadas no processo logístico interno, o motorista fica aproximadamente de 2h a 3,3h na empresa.

Outro fator indispensável de ser analisado é a taxa de utilização dos recursos envolvidos neste trabalho no Cenário Atual, apresentada na tabela 5.

Tabela 5 - Taxa de Utilização do Cenário Atual Estudado

Recurso	%
R1 (Rfiscal)	96,9
R2 (porteiro)	5,9
R3 (Rfísico)	8,9
R4 (comprador)	97,6

A partir dos resultados, nota-se um sobrecarga de trabalho para o R1 e R4, haja vista que eles não atuam apenas em seus respectivos setores, como também são solicitados em outros. Em especial, o comprador no cenário atual da empresa tem atuado continuamente no ato do recebimento fiscal do material para resolver divergências ocasionadas pelos mesmos.

4.2 Cenário 1

No cenário 1, apresentado na figura 25, decidiu-me manter a configuração do cenário estudado, porém, reduzir-se em 15 % as divergências ocasionadas no Rfiscal.

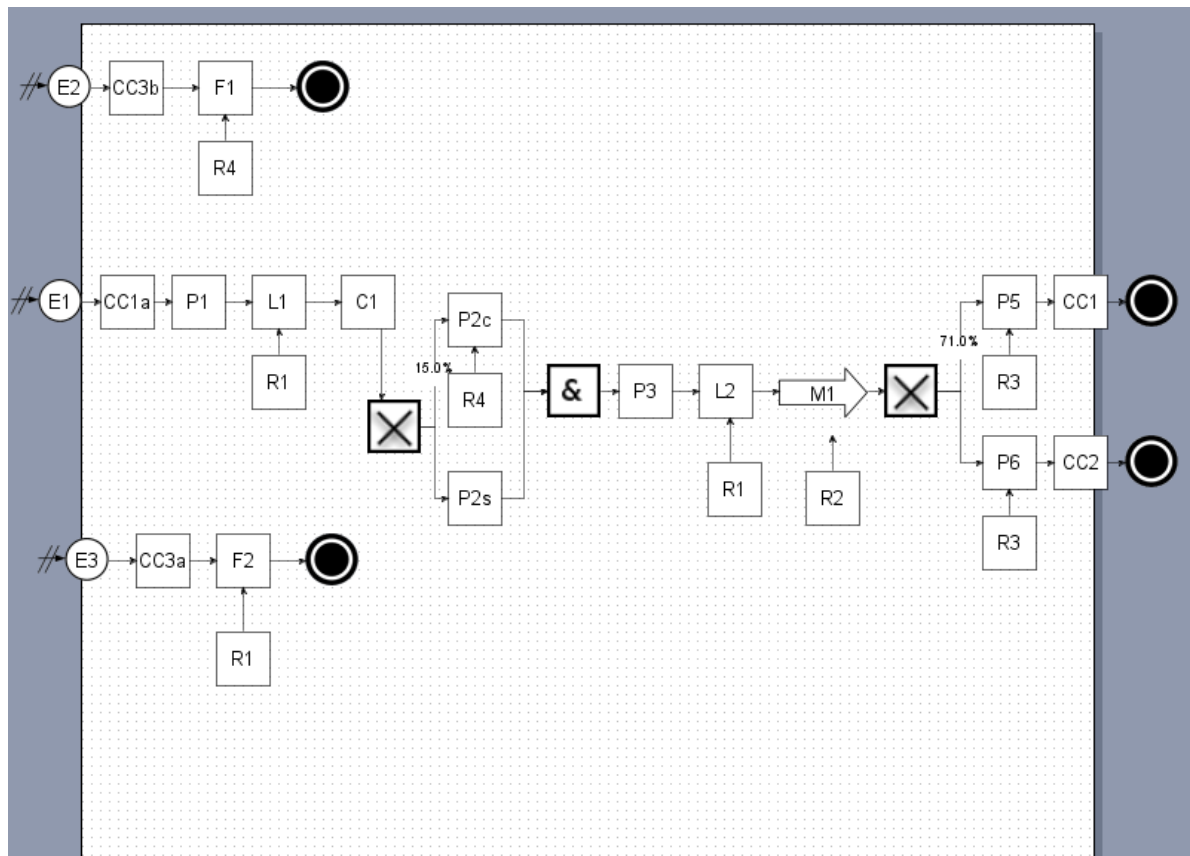


Figura 25 - Cenário 1

Os resultados do tempo na fila $TF_{m\acute{a}x}$ do Cenário 1, presentes na Tabela 6, foram obtidos com a simulação com 15% de divergência no processo do recebimento fiscal.

Tabela 6 - $TF_{m\acute{a}x}$ por processo do Cenário1

Processo	Tempo médio e Tempo máximo (min.)
L1	74,56 (máx – 111,76)
P2c	50,74 (máx – 115,70)
M1	0,145 (máx – 0,763)
P5	0,049 (máx – 0,489)
P6	0

A partir dos resultados obtidos na simulação do Cenário1, pode-se observar que o $TF_{m\acute{a}x}$ do Rfiscal diminuiu. Apesar desta mudança, não houve tanto impacto e o $TF_{m\acute{a}x}$ do L1 não atende aos 30 min máximos.

Dessa forma, o seu tempo máximo no sistema $TS_{m\acute{a}x}$ também será influenciado. A tabela 7 apresenta o $TS_{m\acute{a}x}$ para as entidades do estudo.

Tabela 7 - $TS_{m\acute{a}x}$ do Cenário 1

Entidade (clientes)	Tempo médio e Tempo máximo (min.)
Caminhões	128,177 (máx187,138)
Comprador	105,373(máx – 126,584)
Faturamento	111,7 (máx – 144,43)

Embora tenha ocorrido uma pequena melhora, os motoristas ainda ficariam na empresa por um longo tempo, um pouco mais de duas horas (128 min).

Quanto a taxa de utilização, a mesma é apresentada na Tabela 8.

Tabela 8 - Taxa de Utilização no Cenário1

Recurso	%
R1 (fiscal)	98,1
R2 (porteiro)	5,1
R3 (físico)	9,5
R4 (comprador)	97,4

Ao reduzir a taxa de divergência, nota-se que R1 aumentou a sua taxa de utilização, haja vista que diferente do cenário atual estudado, o R1 está atuando em todo o tempo que o caminhão chega a empresa. Quando há divergências, o funcionário do Rfiscal transfere a responsabilidade para o comprador resolver e espera até que o mesmo conserte a divergência. Ao passo que R4 diminui um pouco, haja vista que nesta simulação buscou-se representar que o comprador está a maior parte do tempo ocupado, mesmo com a proporção de divergências

reduzidas, eles ainda são solicitados pelo recebimento quando não estão fazendo orçamentos, comprando, atendendo fornecedores, entre outras.

4.3 Cenário 2

No cenário 2, apresentado na figura 26, foi simulado um cenário sem divergência, onde se assume que esta composto pela ficha pronta, dessa forma, o comprador não atuará no processo de recebimento inicial.

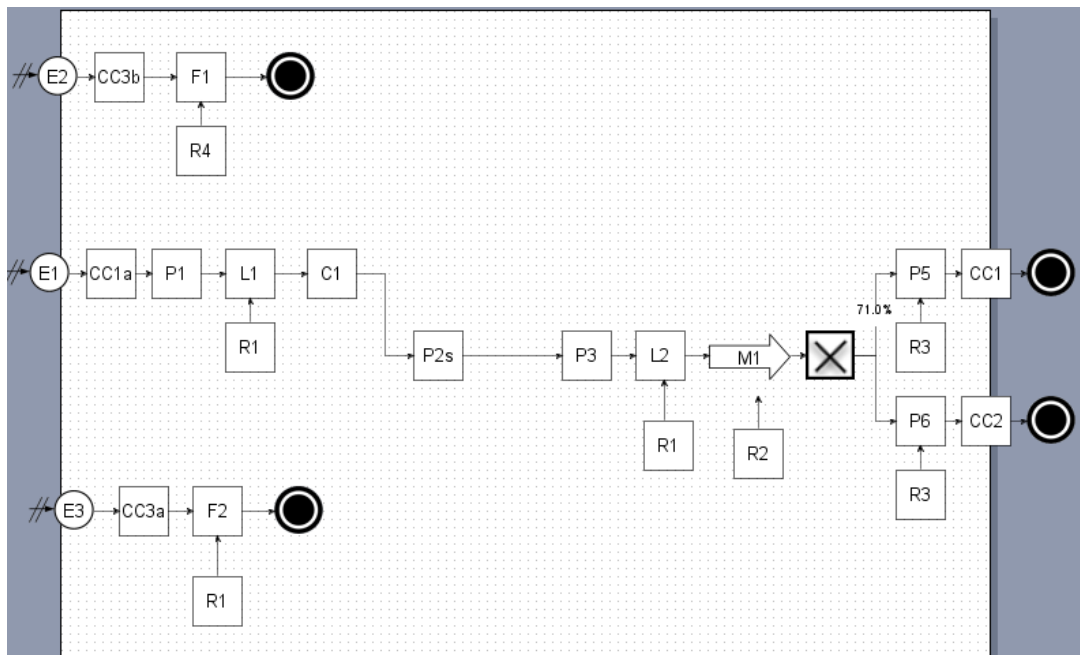


Figura 26 - Cenário 2

Os resultados de $TF_{m\acute{a}x}$ do Cenário2 podem ser vistos na Tabela 9.

Tabela 9 - $TF_{m\acute{a}x}$ por processo do Cenário 2

Processo	Tempo médio e Tempo máximo (min.)
L1	81,606 (máx – 133,15)
P2c	-
M1	0,139 (máx – 0,568)
P5	0
P6	0,612 (máx – 5,507)

Com os resultados obtidos na simulação do Cenário 2, pode-se observar que o $TF_{máx}$ referente ao L1 aumentou, embora espera-se que haja uma diminuição, devido a antecipação da ficha, comparado aos outros dois cenários. Isso se deve ao fato de ter apenas 1 recurso responsável pelo recebimento fiscal de todas as cargas que chegam a empresa. Dessa forma, ainda gera-se ainda insatisfação dos transportadores/fornecedores terem de esperar mais de 30 min.

O $TS_{máx}$ para o cenário 2 pode ser obtido na tabela 10

Tabela 10 - $TS_{máx}$ para o cenário 2

Entidade (clientes)	Tempo médio e Tempo máximo (min.)
Caminhões	139,520 (máx – 170,160)
Comprador	101,36 (máx – 116,06)
Faturamento	105,97 (máx – 140,79)

O aumento do tempo na atividade do R_{fiscal} implica diretamente no tempo médio que o motorista ainda fica na empresa. Neste cenário fica em média 139 min, com o seu máximo em 170,16 min.

Quanto à taxa de utilização do cenário 2, a mesma é apresentada na tabela 11.

Tabela 11 - Taxa de utilização no Cenário 2

Recurso	%
R1 (fiscal)	98
R2 (porteiro)	8,3
R3 (físico)	11,5
R4 (comprador)	96,9

Ao utilizar-se da ficha pronta, ou seja, um cenário sem divergência nota-se que R1 aumentou a sua taxa de utilização, haja vista que diferente do cenário Estudado, o R1 está atuando em todo o tempo que o caminhão chega a empresa, não apenas no setor de recebimento, mas o de faturamento também. Ao passo que R4 diminui, pois não há divergências no momento que o motorista chegue à empresa. O que não tira a possibilidade de acontecer no ato do processamento das fichas prontas, entretanto isso não afetará externamente, apenas internamente.

4.4 Cenário 3

No cenário 3, apresentado na figura 27, foi uma melhoria do cenário 2, onde foi retirado o setor de faturamento do funcionário do recebimento fiscal.

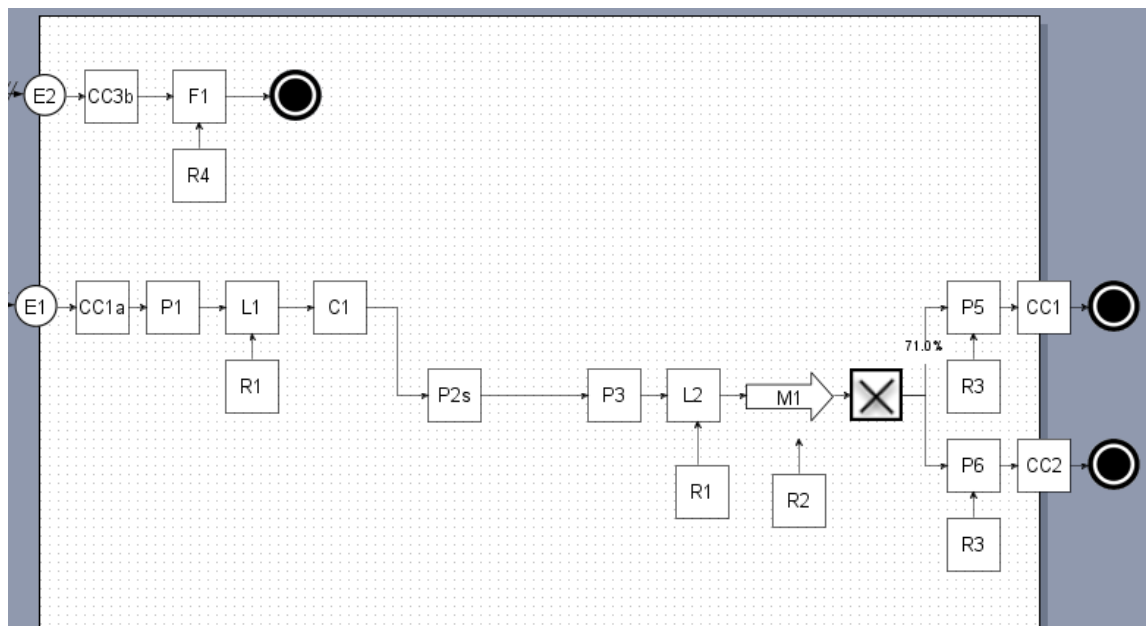


Figura 27 - Cenário 3

Os resultados de $TF_{m\acute{a}x}$ deste cenário podem ser observados na Tabela 12.

Tabela 12 - $TF_{m\acute{a}x}$ por processo do Cenário 3

Processo	Tempo médio e Tempo máximo
----------	----------------------------

	(min.)
L1	4,823 (máx – 26, 311)
P2c	-
M1	0,184 (máx – 1,064)
P5	0,369 (máx – 1,523)
P6	0,501 (máx – 5,015)

A partir dos resultados obtidos na simulação do Cenário 3, pode-se observar que o $TF_{máx}$ para L1 diminui consideravelmente de forma a obedecer os tempo máximo de espera antes de entrar à empresa, sendo inferior em 4 min do que o esperado pelos motoristas.

Dessa forma, o seu $TS_{máx}$ também será influenciado. A tabela 13 apresenta o $TS_{máx}$ do cenário 3.

Tabela 13 - $TS_{máx}$ do cenário 3

Entidade (clientes)	Tempo médio e Tempo máximo (min.)
Caminhões	78,713 (máx – 149,89)
Comprador	104,22 (máx – 114,6)

Neste cenário, o motorista tem o seu tempo médio reduzido em cerca de 50% do tempo médio obtido no cenário atual Estudado.

A taxa de utilização dos recursos do cenário 3 é apresentada na tabela 14.

Tabela 14 - Taxa de Utilização no cenário 3

Recurso	%
R1 (fiscal)	28,7
R2 (porteiro)	11,4
R3 (físico)	15,5
R4 (comprador)	96,8

No cenário 3, observa-se que R1 teve um decréscimo de 70% em sua taxa de utilização, o que demonstra que as atividades que o funcionário do recebimento tenha que fazer ao receber um motorista seja reduzida, uma vez que não haverá divergência. Isso não significa que o mesmo não faça outras atividades relacionadas ao departamento.

4.5 Análise dos Cenários

No Cenário Estudado – que foi simulado com os 33 % de divergência, com a ativa participação dos compradores e com o fiscal atuando no faturamento todos os processos e com a ativa participação dos compradores – $TF_{máx}$ para L1, $TS_{máx}$ para os caminhões e ρ (taxa de utilização) para R1 e R4 - $TF_{máx}$ para L1 excedeu em 1,5h o tempo aceitável pelos motoristas mostrando assim que a *Empresa X*, em sua disposição atual de recursos disponíveis não está cumprindo o tempo máximo aceitável pelos motoristas, o que gera inúmeras insatisfações. Já para $TS_{máx}$ para os caminhões, os mesmos tem ficado em torno umas 2h na empresa; e como taxa de utilização demonstra que tanto o R1 quanto R4 estão sobrecarregados com mais de 95% de utilização, atuando em seus setores e outros.

Na hipótese do Cenário 1, mesmo com a diminuição em 15% das divergências, a *Empresa X* continuaria dentro dos 30 min máximos, $TF_{máx}$ para L1 excedeu em 80 min o tempo aceitável pelos motoristas. Já para $TS_{máx}$ para os caminhões, o motorista ainda fica na empresa por um longo tempo, cerca de 130 min; e como taxa de utilização, embora tenha diminuído a porcentagem de divergência, R4 decresceu um pouco, o que mostra que os compradores ainda estarão sobrecarregados com a demanda de seu setor e as poucas divergências que podem ser deflagradas ao conferir o pedido de compra com a nota fiscal do fornecedor.

Já na Simulação do Cenário 2 – onde se retiraram as divergências, foram simulados devido a ficha pronta (a não participação dos compradores no processo de recebimentos), a *Empresa X* continuaria não atendendo os 30 min, quanto ao $TF_{máx}$ para L1. O seu $TS_{máx}$ fica em média 139 min, com o seu máximo em 170,16

min e quanto a taxa de utilização, R1 aumentou a sua taxa de utilização e R4 diminuiu devido ao não ter divergência, o que não indica que ocorreu antes, mas pelo menos o motorista não precisou esperar.

Por fim, no Cenário 3, em que se retiraram as atividades do faturamento do Cenário 2, a Empresa X cumpriria os 30 min, pois o seu $TF_{máx}$ para L1 foi 26 min, o que atenderia com sobra de 4 min ao esperado. O motorista tem o seu tempo médio reduzido em cerca de 50% do tempo médio obtido no cenário Estudado e R1 teve um decréscimo de 70% em sua taxa de utilização.

As tabelas 15, 16, e 17 apresentam uma comparação dos cenários quanto ao $TF_{máx}$, $TS_{máx}$ e a taxa de utilização, respectivamente.

Tabela 15 - Comparação dos cenários quanto ao $TF_{máx}$

	Cenário Estudado	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
L1	73,997 (máx – 126,541)	74,56 (máx – 111,76)	81,606 (máx – 133,15)	4,823 (máx – 26,311)
P2c	51,623 (máx – 104,284)	50,74 (máx – 115,70)	-	-
M1	0,137 (máx – 0,763)	0,145 (máx – 0,763)	0,139 (máx – 0,568)	0,184 (máx – 1,064)
P5	0,076 (máx – 0,684)	0,049 (máx – 0,489)	0	0,369 (máx – 1,523)
P6	0	0	0,612 (máx – 5,507)	0,501 (máx – 5,015)

Tabela 16 - Comparação dos cenários quanto ao $TS_{máx}$

Cenário Estudado	Cenário 1:	Cenário 2	Cenário 3
------------------	------------	-----------	-----------

Caminhões	132,192	128,177	139,520	78,713
	(máx – 191,788)	(máx 187,138)	(máx – 170,160)	(máx – 149,89)
Compras	106,974	105,373	101,36	104,22
	(máx – 126,584)	(máx – 126,584)	(máx – 116,06)	(máx – 114,6)
Faturas	103,656	111,7	105,97	-
	(máx – 157,828)	(máx – 144,43)	(máx – 140,79)	

Tabela 17 - Comparação dos cenários quanto Utilização dos recursos

	Cenário Estudado	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
R1 (fiscal)	96,9	98,1	98	28,7
R2 (porteiro)	5,9	5,1	8,3	11,4
R3 (físico)	8,9	9,5	11,5	15,5
R4 (comprador)	97,6	97,4	96,9	96,8

Através das comparações realizadas entre os Cenários, aqui apresentados, destacou-se o Cenário 3 onde, atende ao tempo estabelecido pelos fornecedores/transportadores para esperarem entrar na empresa, um tempo total médio de permanência dos caminhões na empresa e uma taxa de ocupação do funcionário fiscal menor, o que faz com que ele possa focar nas atividades do recebimento para evitar descontentamento dos transportadores/fornecedores.

Com o intuito de validar os resultados da rodada no Ururau foram comparados com uma rodada no software Arena nos Apêndices IV e V, respectivamente, se mostram os resultados das rodadas com os respectivos relatórios para o cenário 3.

CAPÍTULO V – CONCLUSÕES

Este trabalho se propôs analisar os processos logísticos de uma empresa metal mecânico, a fim de melhorar o seu processo mais crítico.

O modelo apresentado descreve quantitativamente o comportamento do sistema em estudo e mostra uma ferramenta para auxiliar as decisões operacionais dos gestores da empresa em questão. Entretanto, este precisa ser ajustado haja vista o aumento dos tempos de espera obtidos no cenário 2, sendo que não havia divergências para este cenário.

O mapeamento dos processos (abstrações dele) mostra-se muito importante, para entendimento dos processos logísticos e suas particularidades. O que levou a identificação e eliminação de atividades redundantes no manual de Instrução de Trabalho. Tomou-se o processo mapeado como a construção do projeto conceitual de simulação.

O processo identificado como gargalo foi o Recebimento. Este é dividido em Fiscal e Físico. Após mapeamento dos processos desse departamento e consequentemente a simulação, observou-se que o gargalo estava presente nos processos do recebimento fiscal, em especial devido ao grande índice de divergência ocasionados durante a etapa de confronto no sistema da empresa do pedido da compra com a nota fiscal.

Desde que o grau de erros detectados foi relativamente alto, sugeriu-se que os causadores da divergência revisassem o IT de compras, de forma que a façam buscando chegar a forma correta, para evitar retrabalhos, longo tempo de espera no Recebimento Fiscal e, consequentemente, um descontentamento dos envolvidos nas atividades do recebimento.

A opção de simular mostrou resultados satisfatórios para esta pesquisa, uma vez que os mesmos foram semelhantes a realidade da empresa, gerando informações para auxílio no processo de tomada de decisões acerca de problemas internos desconhecidos quantitativamente pelo gerente de qualidade. Entretanto, ao compará-los com o software Arena, obtiveram resultados discrepantes. No cenário 3, por exemplo, o tempo médio de espera do motorista na fila apresentou um valor

quatro vezes maior no Ururau, o que indica uma necessidade de aprimoramento, testando novos modelos no software.

O cenário estudado foi utilizado para calibrar o modelo de simulação com o real, onde foram feitas as comparações e adaptações necessárias para que o modelo refletisse a realidade. No cenário 1, foi proposto algumas modificações no cenário estudado com objetivo de melhorar o tempo de espera na fila pelo motorista e por fim no cenário 3, sem divergência (i.e., com notas fiscais por XML), é o modelo para redistribuir a taxa de utilização dos recursos envolvidos no cenário atual, onde o funcionário do Rfiscal atuasse integralmente nas atividades do recebimento.

Quanto aos indicadores de desempenho, de todos os cenários estudados, o cenário 3, representou um menor tempo máximo que o motorista precisa esperar para descarregar as suas cargas, uma vez que as divergências ocasionadas serão resolvidas antecipadamente.

Um dos principais resultados que esta pesquisa pôde ocasionar está relacionada à informação quanto ao tempo máximo de espera de um caminhão no cenário atual comparado ao cenário 3, onde este tempo é reduzido à metade do atual, quando o fornecedor envia as notas fiscais por XML. Portanto, recomenda-se à empresa incluir essa informação ao enviar comunicação, de retorno, por e-mail para os seus fornecedores .

Quanto aos recursos, a partir das simulações computacionais, pôde-se observar que, no cenário atual da Empresa X os funcionários do Rfiscal e os compradores encontram-se com a taxa de utilização expressiva, diariamente, o que poderá diminuir consideravelmente, caso foquem apenas nas atividades designadas ao seu departamento.

5.1 Limitações da Pesquisa

Por ser uma pesquisa cujo objetivo foi gerar um diagnóstico, necessitou-se de informações provenientes de naturezas diversificadas, o que fez com que a obtenção de dados ocorresse de forma lenta e gradual.

5.2 Trabalhos Futuros

Para dar continuidade a este trabalho, de modo a permitir um aprimoramento e aperfeiçoamento dos estudos e resultados alcançados, podem-se considerar as seguintes propostas:

- a) Analisar os custos para os diferentes cenários.
- b) Usar a metodologia deste trabalho para resolver os outros gargalos nos processos encontrados na empresa em questão, como por exemplo, no setor de Faturamento.
- c) Propagar o estudo aqui proposto em processos logísticos e/ou administrativos de outras empresas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPMP. **Guia para o gerenciamento de processos de negócio corpo comum de conhecimento ABPMP BPM CBOK v. 3.0**. Charleston, SC: CreateSpace, 2013, p. 33-36.

AGUILAR, S. M.; GUIMARÃES, I. F. G.; SCHUCHTER, D. C.; MENDES, L. G. **Avaliação dos benefícios da aplicação da simulação, através do software Arena 10.0, em uma empresa de transporte ferroviário**. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção-ENEGEP, 2009.

ANDRADE, E. L de. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009

ANDRADE, M. M. **Como preparar trabalhos para cursos de pós-graduação**. São Paulo: Atlas, 1999.

ARAGÃO, A. P. **Modelagem e simulação computacional de processos produtivos: o caso da cerâmica vermelha de Campos dos Goytacazes, RJ**. 2011. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)-UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE - UENF, Campos dos Goytacazes, 2011.

ASBJÖRNSSON, G.; BENGTSSON, M.; HULTHÉN, E.; EVERTSSON. **Modelling of discrete downtime in continuous crushing operation**. Minerals Engineering, v. 98, p. 22-29, 2016.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos / logística empresarial**: Bookman, 2006.

BANKS, J.; CHWIF, L. **Warnings about simulation**. Journal of Simulation, v. 5, n. 4, p. 279-291, 2010.

BANKS, J. **Introduction to simulation**. Proceedings of the Winter Simulation Conference. Atlanta, 2000.

BARBOSA, E. R.; BRONDANI, G. **Planejamento Estratégico Organizacional**. Revista eletrônica de contabilidade, curso de ciências contábeis UFMS. Volume 1, 2005.

BATEMAN, R. E. **Simulação de Sistemas: aprimorando processos de logística, serviços e manufatura**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

BERTAGLIA, P. R. **Logística e Gerenciamento de Cadeia de Abastecimento**. São Paulo: Saraiva, 2009.

BERGUE, L. X. **Análise das potencialidades do uso da ferramenta de simulação computacional em operações logísticas: estudo de caso em um armazém geral**. 2000. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, 2000.

BIZAGI. **BizAgi Process Modeler**. Disponível em <<https://www.bizagi.com/pt/produtos/bpm-suite/modeler>>. Acesso em 21 de julho de 2018.

BPMN. **Business Process Modeling Notation (BPMN) Information**. Disponível em <<http://www.bpmn.org>> Acesso em 21 de julho de 2018

BRITO, T. B. **Modelagem e simulação de um terminal regulador de contêineres**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 29., 2009, Salvador. Artigo. Salvador: ABEPRO, 2009. p. 1 - 13.

CAMPOS, G. L. **O uso da Teoria das Filas no acesso rodoviário aos terminais de contêiner**. 2012. 77 f. Dissertação (Departamento de Engenharia Civil). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2012.

CARSON, J. S. **Introduction to Modeling and Simulation**. In: PROCEEDINGS OF THE WINTER SIMULATION CONFERENCE, 35., 2003, New Orleans. Anais... Piscataway: IEEE, 2003. p. 7-13.

CARVALHO, D. **Teoria das restrições: capítulo IX**. 2004. Disponível em <pessoais.dps.uminho.pt/jdac/apontamentos/Cap09_TOC.pdf>. Acesso 16 de Março de 2017.

CARVALHO, L. S. de. **Modelagem e simulação: poderosa ferramenta para otimização logísticas**. Bahia Análise & Dados, Salvador, v. 13, n. 2, p. 267- 274, Set. 2003.

CHASE, E.; AQUILANO, N. J.; D'ESPINEY, S. **Gestão da produção e das operações: perspectiva do ciclo de vida**. Monitor, Lisboa. 1997.

CHAGAS, C. P.; DE SOUZA, S.; SIMÃO, F. P. **A Relevância do Sistema Informatizado para Controle de Estoques na Gestão Empresarial: Um Estudo de Caso**. 2009.

CHWIF, L.; MEDINA, A. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. 283p.

CHWIF, L.; MEDINA, A. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Prática**. 309 p., 3.ed., São Paulo, Bravarte, 2010.

CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos**. São Paulo: Pioneira Thomson, 2002.

COSTA, A. L. **Aplicação da Simulação Computacional no Mapeamento do Fluxo de Operações de uma Empresa de Manutenção de Motores Elétricos**. Universidade Federal de Ouro Preto, São Paulo, 2009.

DAGKAKIS, G.; HEAVEY, C. **A review of open source discrete event simulation Software for operations research**. Journal of Simulation, v. 10, n. 3, p. 193-206, 2015.

DA SILVA, F. F. **Simulação com otimização para análise de trade-offs de variáveis econômicas e ambientais em sistemas logísticos**. 2016. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)- Universidade Cândido Mendes– UCAM, Campos dos Goytacazes, 2016.

DOS SANTOS, M. **Simulação da Operação de um Sistema Integrado de Informações para o atendimento pré-hospitalar de emergência no município do Rio de Janeiro**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

DE MELO, F. C. **Estudo de Caso de Controle Estatístico e Análise de Falhas em Frota de Máquinas Agrícolas**. 2017. 67 f. Monografia (Graduação em Engenharia Automotiva)- Universidade de Brasília – UnB, Brasília, 2017.

DE CASTRO VIEIRA, A. F. **Simulação de uma linha de montagem de veículos: Uma aplicação em veículos militares**. 2006. Tese de Doutorado. PUC-Rio

FLEURY, P. F.; WANKE, P.; FIGUEIREDO, K. F. **Logística empresarial; uma perspectiva brasileira**. São Paulo, Atlas, 2000

FOGLIATTI, M. C.; MATTOS, N. C.. **Teoria de Filas**. Rio de Janeiro: Interciência, 2007.

FRAGA, G. R. **Simulação com otimização em tempo real em processo de dosagem utilizando um software livre**. 2017. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Cândido Mendes – UCAM, Campos dos Goytacazes, 2017.

FREIRE, G. **Logística Interna Como Ferramenta de Competição**. Revista P&S – Produtos e Serviços. 2009. Disponível em: <www.maua.br/arquivos/artigo/h/4bbdc554fc3f1538295141a8949088b0> artigo logística interna>. Acesso em: 16 jun. 2013.

FREITAS FILHO, P. J.de. **Introdução Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações Arena**. 2. ed. Florianópolis: Visual books, 2008.

GALLO, J. **Comparativo entre As Versões 1.2 E 2.0 da Notação BPMN a sua Aplicação em Diagramas de Processos de Negócios**. Tese de Pós Graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. 2012

GAVIRA, M. de O. **Simulação computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

GONÇALVES, P. S. **Administração de materiais**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução á Pesquisa Operacional**. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

JAHANGIRIAN, M.; ELDABI, T.; NASEER, A.; STERGIOULAS, L. K.; YOUNG, T. **Simulation in manufacturing and business: a review**. European Journal of Operational Research, v. 203, n.1, p. 1-13, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221709004263>>. Acesso em: 22 de julho 2018.

JÚNIOR, E. L. C. **Gestão do processo produtivo**. Editoralbpex, 2008.

JURAN, J.; GRYNA, F. **Quality Control Handbook**. Nova York: McGraw-Hill, 1998.

LEEMIS, L. M.; PARK, S. K. **Discrete-event simulation: A first course**. 1. ed. UpperSaddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2006. 604 p.

LOPES, R. B. **Mapeamento dos processos e simulação de um terminal regulador de contêiner**. 2016. 93 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Transportes e Logística)- Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Joinville, 2016.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation Modeling & Analysis**. McGraw-Hill Books, NY, Second Edition, 1991.

LEAL, F. **Um diagnóstico do processo de atendimento a clientes em uma agência bancária através de mapeamento do processo e simulação computacional**. 2003. 224 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2003.

MAGALHÃES, M.N., Lima, A.C.P., **“Noções de Probabilidade e Estatística”**, IME-USP, São Paulo, 2001, 375 p.

MARETH, T.; ALVES, T. W.; DE BORBA, G. S. **Simulação como Procedimento de Apoio a Gestão de Custos: um Estudo de Caso numa Instituição de Ensino Superior**. Revista Base (Administração e Contabilidade) da UNISINOS, v. 9, n. 2, p. 162-173, 2012.

MATTOS, M. P. P.; FERREIRA, A. S.; NASCIMENTO, D. C. O.; RAMOS, R. R. **Análise da gestão de risco no projeto de construção e montagem em uma empresa petrolífera**. CONGRESSO VIRTUAL BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO, 2012

MENTZER, J. J. T.; DEWITT, W.; KEEBLER, J. J. S. **Defining supply chain management**. Journal of Business, v. 22, n. 2, 2001, p. 1–25.

MOURA, R. A. **Sistemas e Técnicas de Movimentação e Armazenagem de Materiais**. São Paulo: IMAM, 2008.

MONTEVECHI, J. A. B.; LEAL, F.; DE PINHO, A. F.; DA SILVA COSTA, R. F.; DE OLIVEIRA, M. L. M.; DA SILVA, A. L. F. **Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: An application in a Brazilian tech company**. In: PROCEEDINGS OF THE WINTER SIMULATION CONFERENCE, 42., 2010, Baltimore. Anais... Piscataway: IEEE, 2010. p. 1624-1635.

MULLER, M. L. D e DUTANG, C. **Fitdistrplus: An R Package for Fitting Distributions**. Journal of statistical software, v. 64(4), p. 1-34, 2015.

OLIVEIRA, C. M. DE O; SOARES, P.J.S.R.S; MORALES, G.; ARICA, J.; MATIAS, I. **ORfid e suas aplicações na cadeia de suprimentos no brasil: estado da arte**. XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. João Pessoa/PB, Brasil, 2016.

PAVANI JÚNIOR, O.; SCUCUGLIA, R. **Mapeamento e gestão por processos - BPM: Gestão orientada a entrega por meio dos objetos**. Metodologia de Gauss. São Paulo: M. Books, 2011.

PEDROSO, M. C.; ZWICKER, R.; SOUZA, C. A. de. **RFID adoption in Brazil: an exploratory study**. RAM. Revista de Administração Mackenzie, v. 10, n. 1, p. 12-36, 2009.

PESSOA, P. F.A. P; CABRAL, J. E. O. **Identificação e análise de gargalos produtivos: impactos potenciais sobre a rentabilidade empresarial**. Anais de XXV ENEGEP Porto Alegre, RS Brasil, 2005.

PEIXOTO, T. A.; DE ASSIS RANGEL, J. J.; DE OLIVEIRA MATIAS, Í.; DA SILVA, F. F.; TAVARES, E. R. **Ururau: a free and open-source discrete event simulation software**. Journal of Simulation, 2016. Disponível em: <doi:10.1057/s41273-016-0038-5>. Acesso em: 20 jan 2017.

PEIXOTO, T. A.; RANGEL, J. J. A.; MATIAS, I. O. **Free and open-source simulation Software “ururau”**. In: PROCEEDINGS OF THE WINTER SIMULATION CONFERENCE, 46., 2014, Savannah. Anais... Piscataway: IEEE, 2014. p. 4097- 4098.

PEIXOTO, T. A.; RANGEL, J. J. A.; MATIAS, I. O.; MONTEVECHI, J. A. B.; Miranda, R.C. **Ururau-Um Ambiente para Desenvolvimento de Modelos de Simulação a Eventos Discretos**. Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento, v. 5, n. 3, p. 373-405, 2013.

PEREIRA, T. F.; MONTEVECHI, J. A. B.; MIRANDA, R. de C.; FRIEND, J. D. **Integrating soft systems methodology to aid simulation conceptual modeling. International Transactions in Operational Research**, v. 22, n. 2, p. 265–285, 2015.

PIDD, M. **Modelagem Empresarial – Ferramentas para tomada de decisão**. Porto Alegre: Bookman, 1998.

PORTER, M. **Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior**. 18ª Edição. Rio de Janeiro: Campus. 1989.

PRADO, D. S. **Teoria das Filas e da Simulação**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999. 124 p.

PRADO, D. S. **Teoria das Filas e da Simulação**. Nova Lima: INDG, 2006

PRAIA, C. R.; GOMES, C. F. **Simulação Computacional Aplicada à Modelagem do Processo de Recebimento de Uniformes na Marinha do Brasil**. Resende. X SEGeT, 2013.

PRASS, A. C.. **Indicadores de Desempenho no Processo de Produção de Peças Injetadas**. Taubaté, 2005. Disponível em: <http://www.ppga.com.br/mba/2005/prass_arni_carlos.pdf>. Acesso em: 22/07/2018.

RAGO, S. F. Log&Man **Logística, movimentação e armazenagem de materiais**. Guia do visitante da MOVIMAT, p. 10–11, 2002..

RANGEL, C. L.; RANGEL, J. J. A.; NASCIMENTO, J. R. **Discrete event simulation for didactic support resource**. In: PROCEEDINGS OF THE WINTER SIMULATION CONFERENCE, 46., 2014, Savannah. Anais. Piscataway: IEEE, 2014. p. 3596 – 3607.

REZENDE, A. C. **Entendendo a Logística**. São Paulo: IMAM, 2008.

ROSA, C. B. **Gestão de almoxarifados**. São Paulo: Edicta, 2003.

SARGENT, R. G. **Verification and validation of simulation models**. Journal of Simulation, v. 7, n. 1, p. 12–24, 2013.

SAKURADA, N.; MIYAKE, D. I. **Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços**. Gestão & Produção, v. 16, n. 1, p. 25-43, 2009

SILVA, L. C.; COELHO, C. J.; DANTAS, M. J. P. **Aplicação da teoria de filas e simulação em sistemas de produção com ênfase na teoria das restrições**. Anais Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, 2016.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2009.

STRASSBURG, U. O uso da logística na gestão de estoques. **Ciências Sociais Aplicadas em Revista**, v. 6, n. 11, 2010.

SWAIN, J. J. **Discrete event simulation software tools: a better reality**. OR/MS Today, v.40, n.5, oct, 2013, p. 48-59. Disponível em: < <http://www.orms-today.org/orms-10-07/survey.html>>. Acesso em: 22 julho 2018.

TAHA, H. A. **Pesquisa Operacional**. 8ª ed. São Paulo: Pearson; Prentice Hall, 2007.

TAVARES, E. R. **Modelagem e simulação para análise de emissões de gases dos veículos de carga em sistemas logísticos**. 2016. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)- Universidade Cândido Mendes – UCAM, Campos dos Goytacazes, 2016.

TEIXEIRA, E.C. **Mapeamento da logística interna de uma empresa do setor de autopeças**. 2008. 92 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, 2008.

VERÍSSIMO, N.; MUSETTI, M. A. **A tecnologia de informação na gestão de armazenagem**. Anais eletrônicos do XXIII ENEGEP-Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Ouro Preto, 2003.

VILLELA, C. S. S. **Mapeamento de processos como ferramenta de reestruturação e aprendizado organizacional**. 2000. 182 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

WATSON, H. J.; BLACKSTONE Jr., J. H. **Computer simulation**. New York: John Wiley & Sons, 1981.

WESKE, M. **Business Process Management: Concepts, Languages**. Berlin: Springer, 2007.

WINSTON, Wayne L. **Operations Research: Applications and Algorithms**. 4. ed. Belmont: Brooks/Cole, 2004.

ANEXO 1: INSTRUÇÕES DE TRABALHO (IT)– Procedimento de Inspeção de Aquisição e Recebimento de Materiais de Fornecedores Externo

Assim que a mercadoria chega à empresa, a Portaria entra em contato com o Setor de Recebimento Fiscal para que o mesmo tenha acesso à Nota Fiscal do (s) material (s). A partir daí, são feitos os seguintes passos:

1. Acessar o sistema através da execução da rotina CC0295 (Pedidos Compra por Fornecedor) e através do CNPJ do mesmo que consta na Nota Fiscal, localizar o pedido de compra.
2. Após localizado o pedido, confrontar os dados da Nota Fiscal com o pedido de compra, verificando: item, quantidade, depósito ao qual se destina à mercadoria, valor, o solicitante do material, prazo de pagamento e frete.

Feita a verificação do pedido em confronto com as informações da Nota Fiscal, é executada a próxima rotina no sistema: RE2001 (Tarefas Recebimento Físico) . Nesta, são referenciados os seguintes dados:

- Emitente
- Série
- Documento (Nº da Nota Fiscal)
- Estabelecimento (CNPJ da Empresa)
- Data de Emissão da Nota Fiscal
- Data de Transação (Data na qual está sendo executado o procedimento)

3. Após o preenchimento desses dados iniciais, na mesma rotina, porém em outra tela, é feita a localização do pedido de compra com a quantidade correta. OBS: Vale ressaltar que em alguns casos, a mercadoria pode chegar parcialmente. Quando isso ocorre, não é executada a opção “Encerra parcela”, que trata o pedido como recebido por completo. É referenciado na próxima tela (mesma rotina) o peso da mercadoria que consta na Nota Fiscal, e a inclusão do depósito ao qual o material está sendo destinado. Na opção “Finalizar” é confirmado o processo e atualizado o

documento. Essa rotina gera movimentação de estoque, atualizando o mesmo de acordo com o recebimento do material.

4. À seguir é feito o acesso à rotina RE0905 (Tarefa Recebimento Físico Fichas Contagem). Nela, são informados o Nº do Documento, Série, Emitente e Data de Transação bem como o tipo de Nota (Compra ou Devolução). A rotina é executada e prontamente visualiza-se a Ficha de Contagem com as informações acima acrescidas do código do item e sua descrição, e o volume que consta na Nota Fiscal. A Ficha de Contagem é entregue ao funcionário do Almoxarifado, destinado a receber a mercadoria no físico, liberando a entrada da mesma na Empresa para a conferência através do Volume.

5. Após recebido o material e conferido através do volume, a (o) responsável pela conferência do mesmo realiza o procedimento preenchendo a Ficha de Contagem e o *Check List* de Controle de Qualidade (FP 022). O Recebimento Fiscal referencia as informações básicas e os códigos dos itens que chegam à empresa e os demais campos sendo estes de Verificações e Observações Complementares ficam à critério do (a) recebedor (a) de mercadoria no físico.

Observações: O Recebimento Fiscal integra as atividades do Almoxarifado, Fiscal e Financeiro.

Ocorre a conferência dos impostos destacados na Nota Fiscal de acordo com a Legislação, pois seguinte ao Recebimento acontece o Lançamento das Notas Fiscais no Sistema sendo imprescindível a exatidão e excelência de todas as informações que envolvem o procedimento.

Se houver divergência de informações que constam na Nota Fiscal em relação ao Pedido de Compra, é comunicado à Gerência para que a situação seja avaliada dando então continuidade ao processo.

DESENVOLVIMENTO DA TAREFA:

1. RECEBIMENTO DO MATERIAL

- Analisar se a descrição do item está de acordo com o pedido de compras, Nota Fiscal, e/ou ficha cega.
- Fazer inspeção visual na carga
- Conferir se o material está de acordo com o descrito no pedido de compra, Nota Fiscal e/ou ficha cega (espessura, largura, comprimento, qualidade, forma, peso e etc)
- Relatar e comunicar quaisquer anomalias, divergências e não conformidades.
- Enviar nota fiscal ao setor responsável pelos registros e controles
- Utilizar equipamentos e dispositivos adequados para descarregamento, transporte e manuseio da carga, quando necessário.
- Receber material no Sistema para que quando necessário possa se realizar as baixas e alocações pertinentes.

1.2. ESTOCAGEM E ACONDICIONAMENTO

- Definir área adequada para estocagem dos materiais
- Dispor calços e apoios a fim de garantir a forma e integridade do material, estabilidade e segurança das pilhas, quando aplicável.
- Identificar os materiais.
- Atualizar sistema de localização e endereçamento do material no pátio, através de meios físicos e/ou informatizados.
- Evitar danos, quedas, arranhões e amassamentos aos materiais.
- Estocar os materiais em área isenta de umidade, contaminação com óleos, graxas, tintas ou qualquer outro contaminante.

1.3. COMPONENTES E MATERIAIS / INSPEÇÃO DE RECEBIMENTO

Todo o material que chegar à empresa, só poderá ser recebido se a quantidade estiver correta. Deve-se inspecionar através do Formulário Padrão FP 022, 100% dos lotes dos itens críticos (CG 063) e qualquer resposta negativa devem ser comunicadas à Engenharia da Qualidade antes do recebimento.

Se encontrada alguma não conformidade pós-inspeção, responsável pelo setor deve imediatamente comunicar a Engenharia de Qualidade.

RECOMENDAÇÕES GERAIS:**1) Qualidade da Tarefa:**

- Não receber material mal acondicionado, danificado e/ou sem identificação.

APÊNDICE I - Questionário aplicado junto ao Gerente de Qualidade e Suprimentos

- 1- Há gargalos em seus processos logísticos? Se sim, qual(is) você considera como crítico(s)?**
- 2- Dentre os processos logísticos, qual seria o mais crítico para empresa? Por quê?**
- 3- No Recebimento, qual seria o tempo máximo aceitável para o transportador/fornecedor entrar à empresa?**
- 4- Há divergências no processo de recebimento? Qual seria a porcentagem de divergência aceitável?**
- 5- A quantidade de recursos disponível é suficiente para atender toda a demanda do setor?**

**APÊNDICE II - Questionário aplicado em entrevista realizada junto ao
Responsável pelo Recebimento de materiais da empresa**

- 1- Quantas transportadoras vocês recebem diariamente?**
- 2- Qual é o horário de pico para o recebimento?**
- 3- Qual é o tempo médio estimado para que a transportadora seja atendida pela empresa?**
- 4- As divergências no processo de recebimento são frequentes? Se sim, aproximadamente, qual é a porcentagem de divergência atual?**
- 5- Há algum tipo de insatisfação de alguma transportadora para com a empresa?**
- 6- Qual é a atividade do processo de recebimento que é mais complexa de ser feita? Por quê?**

APÊNDICE III—Histogramas gerados pelo Ururau para cada processo do Recebimento

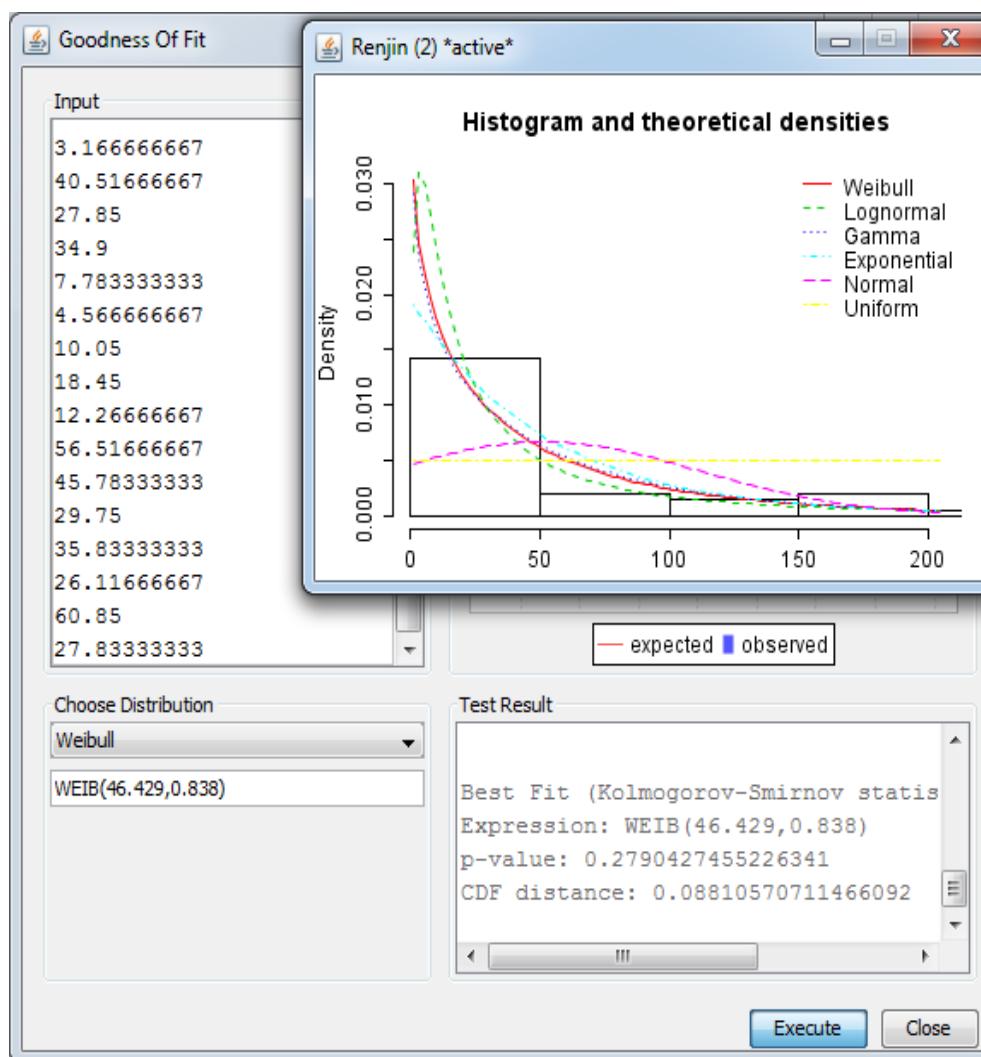


Figura 28 - Histograma dos Tempos de Chegada dos Caminhões à Empresa

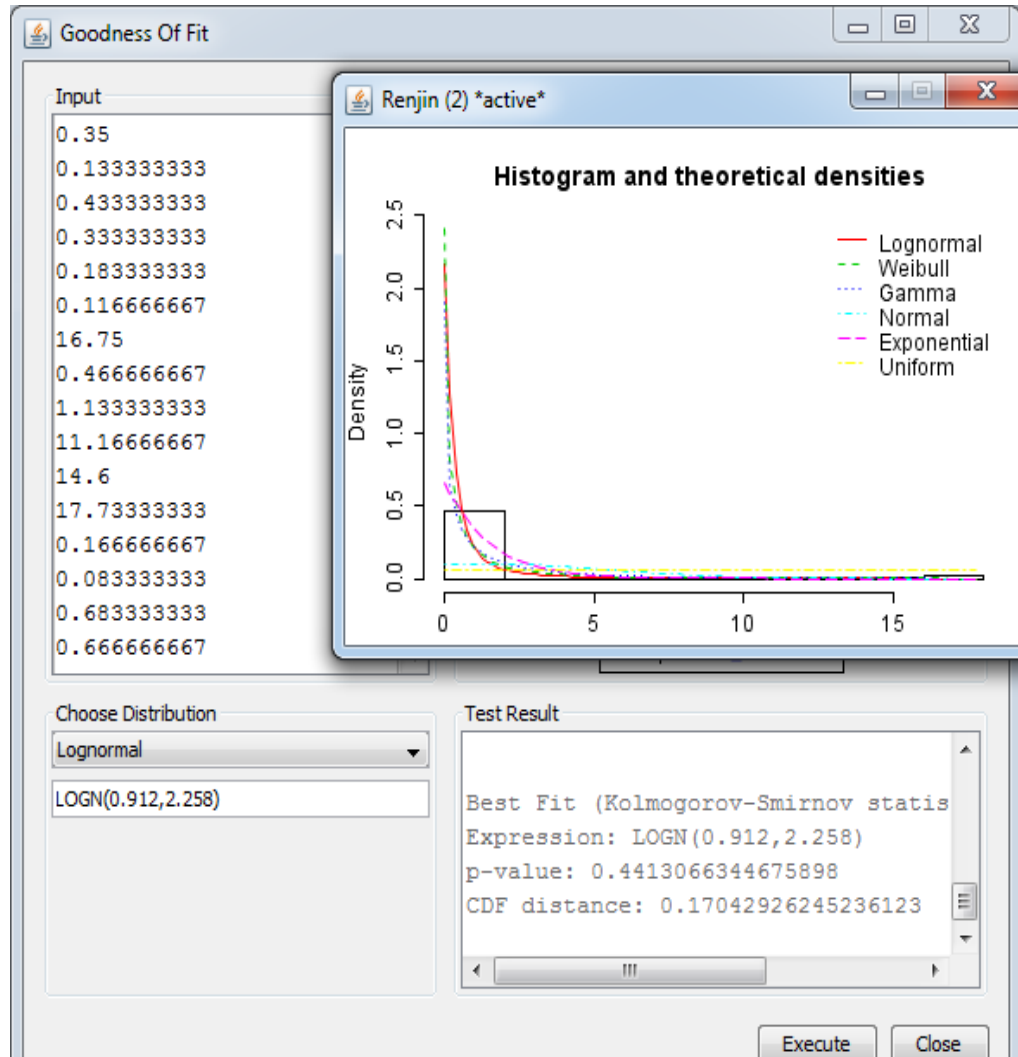


Figura 29 - Histograma dos Tempos de Processamento de P1, item apresentado na página 77

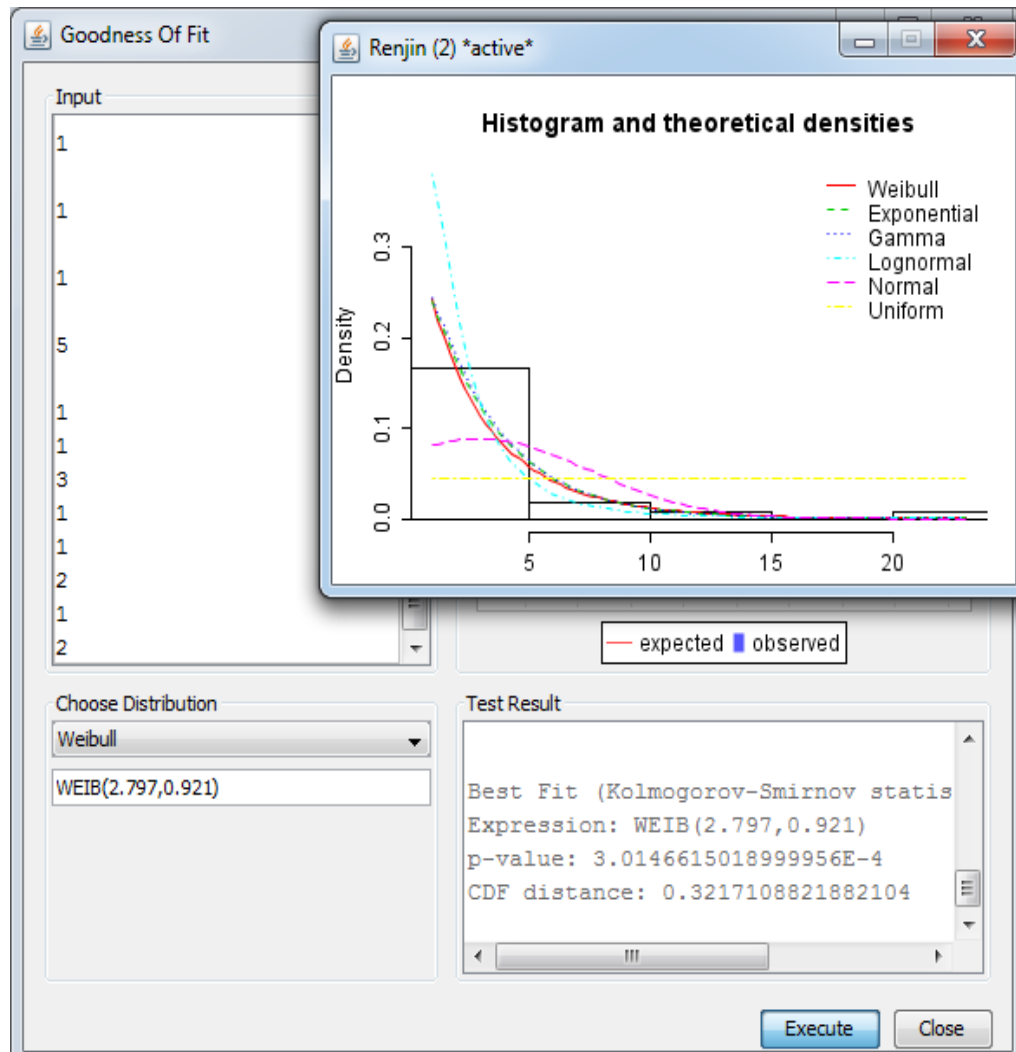


Figura 30 - Histograma dos Tempos de Processamento de C1, item apresentado na página 77

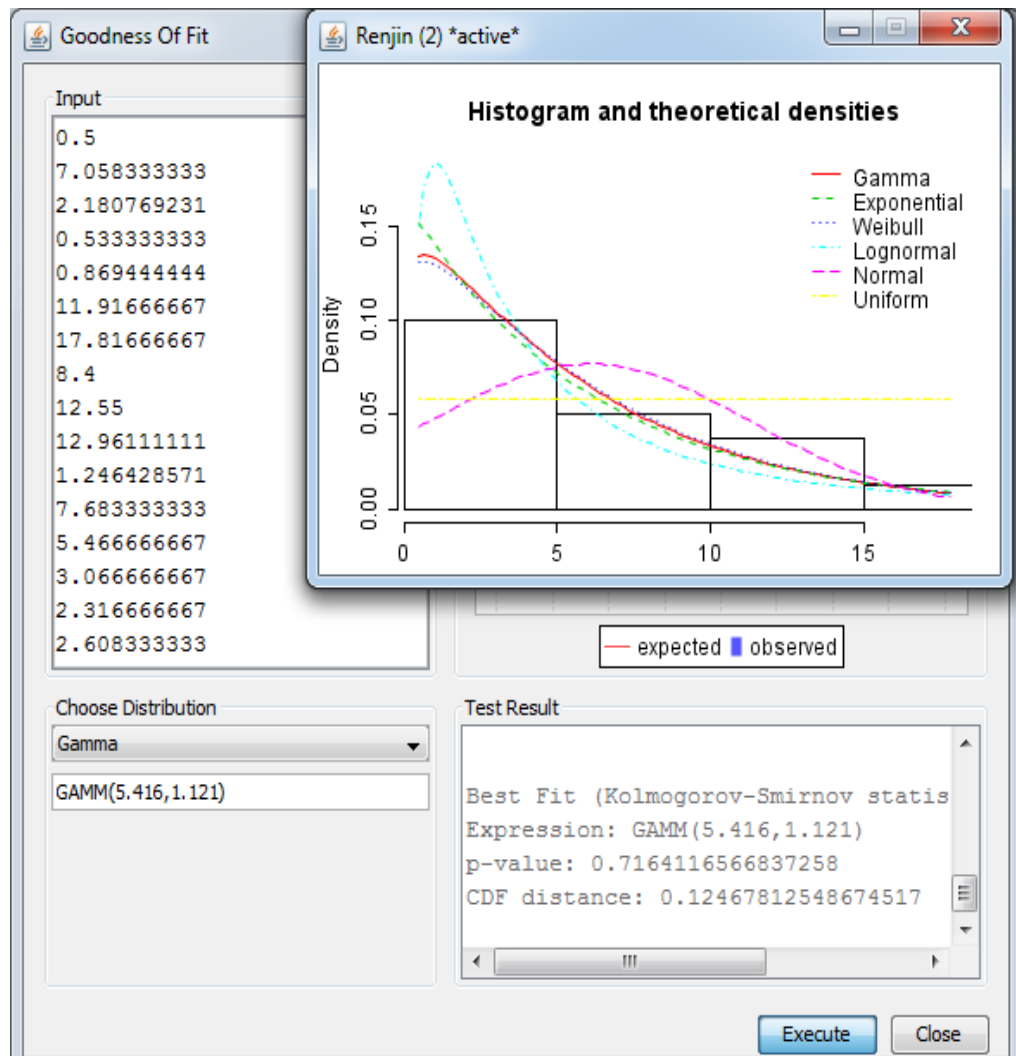


Figura 31 - Histograma dos Tempos de Processamento de P2c, item apresentado na página 77

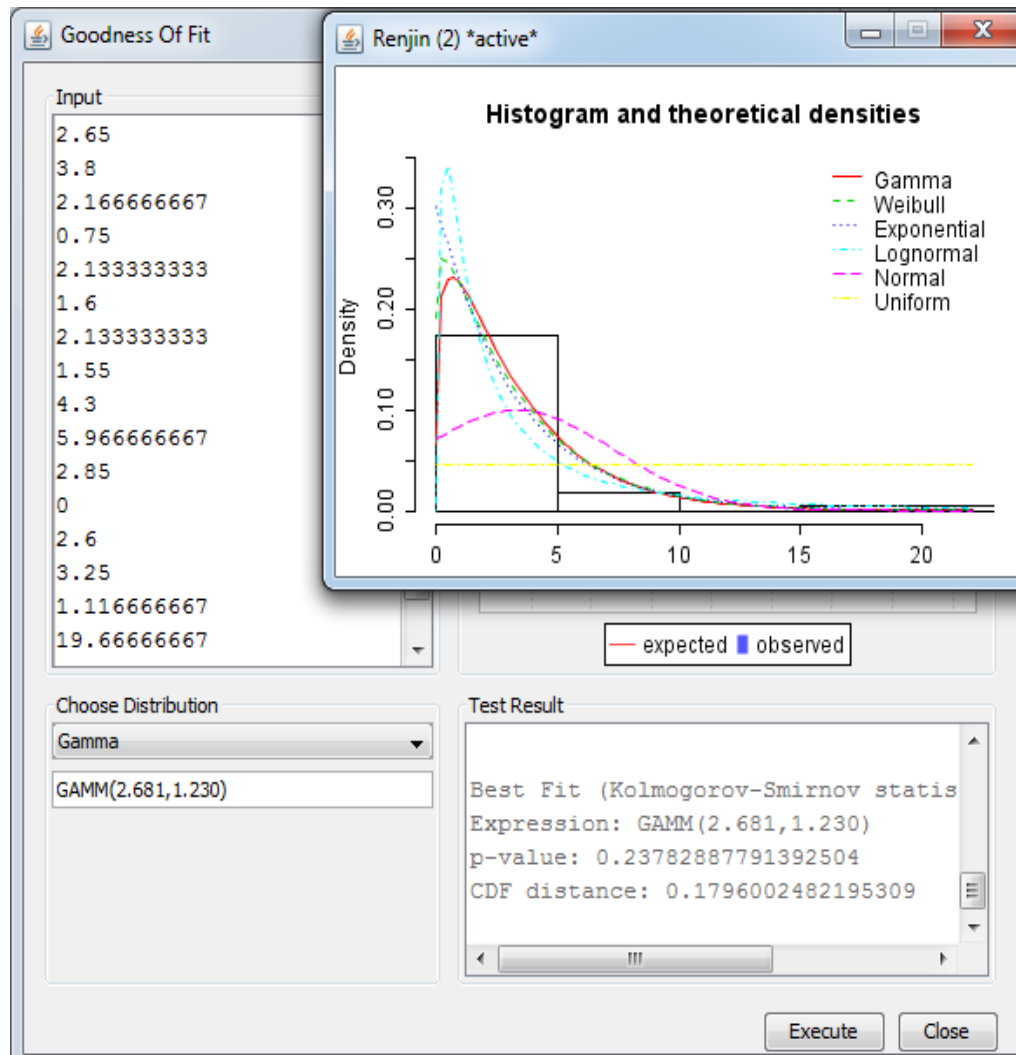


Figura 32 - Histograma dos Tempos de Processamento de P2, item apresentado na página 77

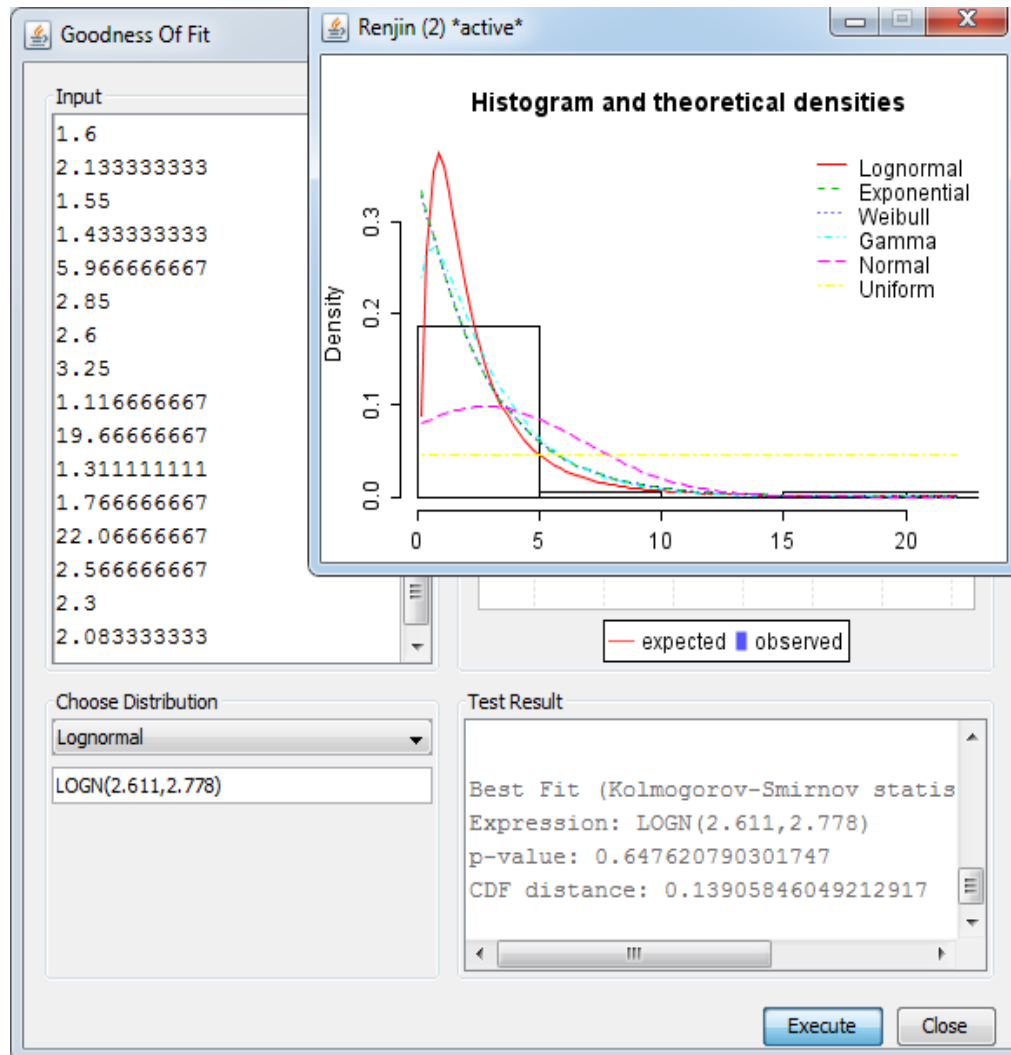


Figura 33 - Histograma dos Tempos de Processamento de P3, item apresentado na página 77

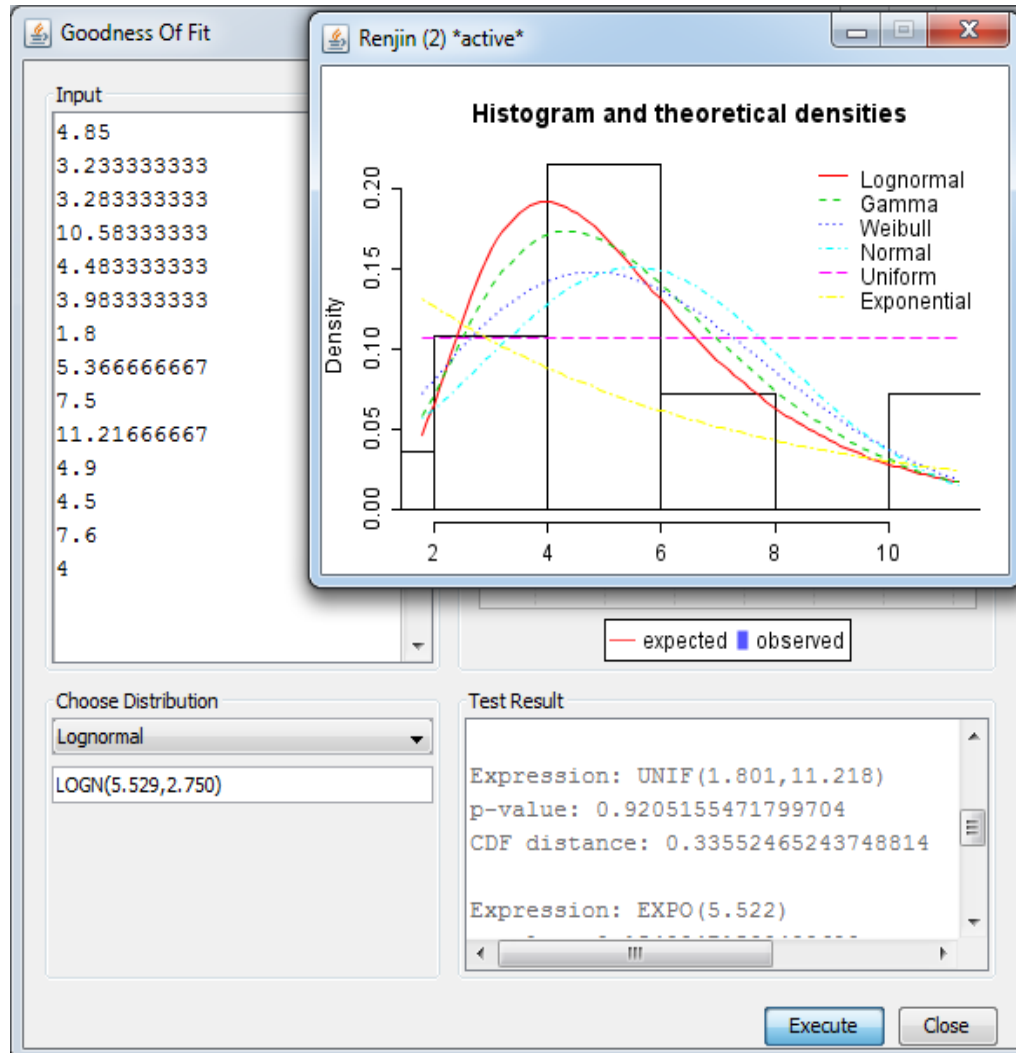


Figura 34 - Histograma dos Tempos de Processamento de M1, item apresentado na página 77

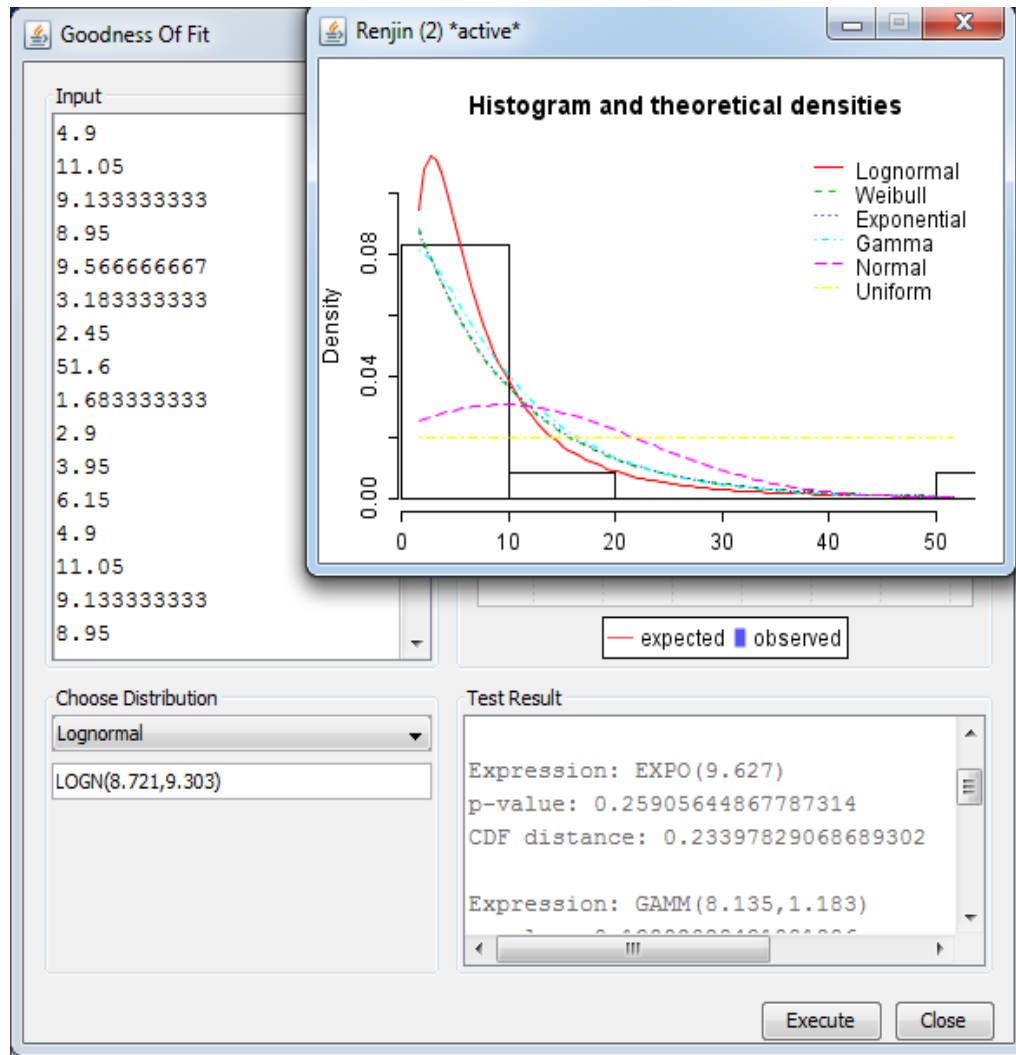


Figura 35 - Histograma dos Tempos de Processamento de P5, item apresentado na página 77

APÊNDICE IV–Relatório da simulação do cenário 3 no software Ururau

Entity

Flow Time	mean	std. dev.	half-width	min.	max.
Caminhoes	78.713	29.715	18.464	44.279	149.894
Compras	104.224	7.858	4.883	89.700	114.629

Queue

Time in Queue	mean	std. dev.	half-width	min.	max.
L1.queue	4.823	7.954	4.942	0.000	26.311
M1.queue	0.184	0.383	0.238	0.000	1.064
P5.queue	0.369	0.626	0.389	0.000	1.523
P6.queue	0.501	1.586	0.985	0.000	5.015
F1.queue	NaN	NaN	NaN	Infinity	-Infinity

Utilization	mean	std. dev.	half-width	min.	max.
R1.Fiscal	0.287	0.201	0.125	0.238	0.449
R2.Porteiro	0.114	0.042	0.026	0.076	0.164
R3.Fisico	0.155	0.051	0.031	0.089	0.204
R4.Comprador	0.968	0.006	0.004	0.978	0.958

Figura 36 - Relatório do Ururau para o cenário 3, variáveis apresentadas na página 77.

APÊNDICE V–Relatório da simulação do cenário 3, realizado no software Arena

Entity						
Time						
VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Caminhoes	25.7128	2,77	21.6306	32.6093	5.1729	69.5430
Compras	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00

Queue						
Time						
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
F1.Queue	58.2893	5,29	46.2848	67.7766	0.00	130.26
L1.Queue	1.1492	0,66	0.00	2.6756	0.00	24.7702
M1.Queue	0.2598	0,25	0.00	0.9050	0.00	6.0870
P5.Queue	1.9356	1,56	0.00	6.0342	0.00	31.7403
P6.Queue	0.4386	0,99	0.00	4.3864	0.00	12.6808

Resource				
Usage				
Total Number Seized	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Comprador	21.9000	0,23	21.0000	22.0000
Fiscal	8.7000	2,02	5.0000	14.0000
Fisico	8.6000	1,97	5.0000	14.0000
Porteiro	8.7000	2,02	5.0000	14.0000

Figura 37 - Relatório da rodada no Arena do Cenário 3, variáveis apresentadas na página 77.