

JÉSSICA MOURA ALVES

**AUMENTO DA PRODUTIVIDADE EM UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DE UMA
EMPRESA DE PRODUTOS DE GIRO RÁPIDO**

Trabalho de Formatura apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo para
a obtenção do Diploma de Engenharia de
Produção

São Paulo

2019

JÉSSICA MOURA ALVES

**AUMENTO DA PRODUTIVIDADE EM UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DE UMA
EMPRESA DE PRODUTOS DE GIRO RÁPIDO**

Trabalho de Formatura apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo para
a obtenção do Diploma de Engenharia de
Produção

Orientador: Prof. Dr. Dario Ikuo Miyake

São Paulo

2019

Catálogo-na-publicação

Alves, Jéssica Moura

Aumento da produtividade de um centro de distribuição de uma empresa de produtos de giro rápido/ J. M. Alves -- São Paulo, 2019. 152p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1.Simulação 2.Produtividade 3.Processos I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II.t.

*A todos que, de um jeito ou de outro,
contribuíram na minha formação*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha mãe, Mônica, por sempre me apoiar e incentivar nos meus estudos até a conclusão deste trabalho.

À minha avó, Marlene e família, pelo apoio fundamental em todos os momentos durante o ano.

Ao professor Dario Ikuo Miyake, pela orientação, seriedade e minuciosidade das correções feitas a este trabalho.

À Belge, empresa que desenvolvi meu estágio, por permitir a realização do trabalho durante o projeto.

Aos meus amigos da Poli, que vivenciaram comigo meus desafios e me apoiaram emocionalmente nestes anos de faculdade, com muito companheirismo e amizade.

Às minhas amigas que dividem apartamento comigo desde o início da faculdade, pelo carinho, apoio e compreensão durante tantos anos.

À Escola Politécnica por me proporcionar inúmeras oportunidades de crescimento acadêmico e profissional, com destaque para o programa de dupla graduação, que representou um marco de amadurecimento e aprendizado na minha vida pessoal e estudantil.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho de formatura aborda a análise de alternativas para aumentar a produtividade de um dos centros de distribuição (CD) de uma multinacional de produtos de consumo de giro rápido (alimentos, bebidas, produtos de limpeza e de higiene pessoal).

A proposição de melhorias será feita através do estudo dos processos, infraestrutura e movimentações na parte interna e externa do CD. Por parte interna entende-se o fluxo de produtos e externa, o fluxo de caminhões.

Desta forma, a primeira parte do trabalho compreende a análise e desenho das operações logísticas do Centro de Distribuição desde o *check-in* (entrada) do caminhão, até sua saída do CD. Internamente, será estudada a movimentação dos produtos, passando pelos processos de *Inbound* (entrada de produtos), *Picking* (separação de caixas) e *Outbound* (saída de produtos).

A segunda parte consiste na reconstrução dos processos estudados, com auxílio do software de simulação ProModel. Nesta etapa, portanto, será desenvolvido um modelo para simular o funcionamento do CD, tendo como objetivo facilitar a identificação dos limitadores de desempenho do sistema (gargalos).

A partir das saídas obtidas na simulação, dá-se início à análise quantitativa e qualitativa dos resultados, a fim de propor alternativas que possam melhorar a situação atual. As alternativas podem englobar redimensionamento de recursos (funcionários e equipamentos), alteração de processos, mudança no arranjo físico ou expansão da área total para armazenagem. Ao final deste trabalho, os potenciais ganhos de cada alternativa são avaliados e a melhor proposta para a resolução do problema abordado é selecionada.

Palavras-chaves: Simulação, Produtividade, Processos, Racionalização

ABSTRACT

This graduation essay address the analysis of alternatives to increase the productivity of a Distribution Centre (DC) from a fast spinning consuming products multinational (foods, drinks, cleaning and personal hygiene products).

The proposition of improvements will be made through the study of processes, substructure and both internal and external DC's movement. By internal it is understood the production flow and by external, the trucks outflow.

Thus, the first part of this essay comprehends the logistic operations analysis and design of said Distribution Center since the truck's check-in until it leaves the DC. Internally, the products motion will be studied, going through it's Inbound, Picking and Outbound.

The second part consists in the reconstruction of the analysed processes, with a software and ProModel simulation's help. Therefore, in this stage, it will be developed a model to simulate the DC's function, aiming to facilitate the identification of the system's performance limiters.

Through outputs obtained in the simulation, the quantitative analysis of the results starts, seeking to propose alternatives that may improve the current situation. Said alternatives could encompass resources redirections (employees and equipment), processes alternations, changes in the physical arrangement or storing space expansion. At the end of this essay, the potencial profits of each proposition are measured and the best proposition to the question's resolution is approached and selected.

Keywords: Simulation, Productivity, Processes, Rationalization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1- Posição dos Stages no CD (fonte: elaborado pela autora).....	28
Figura 1-2 - Dados Gerais do CD (fonte: elaborado pela autora)	29
Figura 2-1 - Cadeia Logística Operacional (fonte: elaborado pela autora)	32
Figura 2-2 - Representação do <i>Picking</i> discreto (fonte: Adaptada de Rodrigues, 1999)	33
Figura 2-3 - Representação do <i>Picking</i> por lote (fonte: Adaptado de Rodrigues, 1999)	34
Figura 2-4 - Representação do <i>Picking</i> por zona (fonte: Adaptado de Rodrigues, 1999)	34
Figura 2-5 - <i>Picking</i> fragmentado (à esquerda) e <i>Picking Full</i> (à direita) (fonte: projecttus.com)	36
Figura 2-6 - <i>Pallet flow Picking</i> FIFO (fonte: Interoll)	36
Figura 2-7 - Simbologia de fluxogramas (fonte: Voitto).....	38
Figura 2-8 - Classificação ABC (fonte: Exceeasy)	38
Figura 2-9 - Alternativas de armazenagem (fonte: Bastian Solutions)	40
Figura 2-10 - Exemplo de distribuição discreta (fonte: Adaptado de Minitab Suporte)	44
Figura 2-11- Exemplo de distribuição contínua (fonte: Adaptado Minitab Suporte) ..	45
Figura 2-12 - Passos para o desenvolvimento de um Estudo de Simulação	47
Figura 4-1- Coletor de Dados RF (fonte: 4next.com.br)	54
Figura 4-2 - Símbolos representativos de um fluxograma.....	58
Figura 4-3 - Planta do CD.....	58
Figura 4-4 - Fluxograma do processo de <i>Inbound</i> - entrada dos veículos.....	60
Figura 4-5 - Fluxograma do processo de <i>Inbound</i> - estocagem dos produtos	61
Figura 4-6 - Fluxograma do processo de <i>Inbound</i> - saída dos veículos	61
Figura 4-7 - Fluxograma do processo de Devolução - entrada dos veículos.....	62
Figura 4-8 - Fluxograma do processo de Devolução - estocagem ou descarte de produtos	62
Figura 4-9 - Fluxograma do processo de Devolução - saída dos veículos	62
Figura 4-10 - Fluxograma do processo de <i>Outbound</i> - entrada dos veículos	63
Figura 4-11- Fluxograma do processo de <i>Outbound</i> - carregamento dos veículos.....	63
Figura 4-12 - Fluxograma do processo de <i>Outbound</i> - saída dos veículos.....	64

Figura 4-13 - Fluxograma do processo de <i>Picking</i> - coleta de produtos	64
Figura 4-14 - Fluxograma do processo de <i>Picking</i> - reabastecimento	65
Figura 4-15- Equipamentos de transporte interno (fonte: variemaq.com.br)	67
Figura 4-16 - Movimentação combinada em toneladas.....	71
Figura 4-17 - Movimentação combinada em caixas.....	72
Figura 4-18 - Movimentação de caixas mensal.....	73
Figura 4-19 - Posicionamento do estoque segundo a família e classe de produtos.....	74
Figura 4-20 - Fluxograma de <i>Inbound</i>	76
Figura 4-21 - Fluxograma de Devolução	77
Figura 4-22- Fluxograma de <i>Picking</i>	78
Figura 4-23 - Fluxograma de <i>Outbound</i>	78
Figura 4-24 - Exemplo de chegada de caminhões por hora em um dia.....	79
Figura 4-25 - Perfil de <i>Picking</i> por pedido	81
Figura 4-26 - Perfil por pedido.....	81
Figura 4-27 - Perfil de <i>Picking</i> por veículo.....	82
Figura 4-28 - Curva probabilística de tempo de depósito da empilhadeira	85
Figura 4-29 - Tela do software ProModel.....	87
Figura 4-30 - Configuração do CD na primeira semana de setembro/18	87
Figura 4-31 - Configuração do CD dia 30 de setembro/18.....	88
Figura 5-1- Gráfico de ocupação dos recursos.....	95
Figura 5-2 Gráfico de utilização do auxiliar logístico I <i>Outbound</i>	96
Figura 5-3 - Gráfico da fila de tarefas do auxiliar logístico I <i>Outbound</i>	96
Figura 5-4 - Gráfico da ocupação do <i>Stage</i> de <i>Outbound</i> por dia.....	97
Figura 5-5 - Gráfico comparativo de ocupação do auxiliar logístico I <i>Picking</i> na última semana e no último dia do mês.....	97
Figura 5-6 - Gráfico da fila de tarefas do auxiliar logístico I <i>Picking</i>	97
Figura 5-7 - Gráfico de ocupação dos pátios por dia.....	98
Figura 5-8 - Gráfico de ocupação das docas por dia vs o número de docas disponíveis	98
Figura 5-9 - Croqui da montagem dos paletes na área de <i>Stage</i>	102
Figura 5-10- Gráfico da ocupação requerida dos <i>Stages</i> em setembro por dia.....	103
Figura 5-11- Croqui das centrais de customização.....	104
Figura 5-12- Gráfico comparativo de ocupação do auxiliar logístico I <i>Outbound</i>	106
Figura 5-13 - Croqui do layout atual de PD	108

Figura 5-14 – Fluxo atual de recusos no <i>Inbound</i>	108
Figura 5-15 – Fluxo atual de Operadores no <i>Outbound</i>	109
Figura 5-16 - Gráfico de ocupação dos equipamentos de transporte	109
Figura 5-17 - Croqui do layout proposto de PD.....	110
Figura 5-18 - Fluxo de Operadores no <i>Inbound</i> no Cenário 3	111
Figura 5-19 - Fluxo de Operadores no <i>Outbound</i> no Cenário 3	112
Figura 5-20- Gráfico de ocupação dos equipamentos de transporte após a modificação dos fluxos de movimentação	113
Figura 5-21- Gráfico da projeção da demanda até 2023 (ton x meses)	117
Figura 5-22 - Gráfico de Volume Projetado vs Volume Previsto por simulação (ton x meses).....	117

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Características dos tipos de <i>Picking</i> (fonte: elaborado pela autora)	35
Tabela 2 - Taxa de ocupação por família.....	75
Tabela 3 - Dados de entrada para os produtos	80
Tabela 4 - Operações cronometradas (fonte: elaborada pela autora)	83
Tabela 5 - Resumo dos resultados da cronoanálise	84
Tabela 6 - Velocidade dos recursos.....	85
Tabela 7 - Tempos não coletados na cronoanálise	86
Tabela 8 - Fluxo total de saída de produtos em setembro de 2018	88
Tabela 9 - Fluxo de saída do ProModel.....	89
Tabela 10 – Desvio entre os resultados da simulação e os valores reais para o fluxo de saída de produtos	89
Tabela 11 - Tempos médios de permanência no CD.....	90
Tabela 12 - Tempos médios de permanência no CD segundo o modelo de simulação	90
Tabela 13 - Desvio entre os valores reais e a média dos tempos de permanência no CD obtidos na simulação.....	91
Tabela 14 - Quadro atual de funcionários por turno.....	93
Tabela 15 - Quadro atual de equipamentos.....	93
Tabela 16 - Capacidade dos <i>Stages</i> por área.....	94
Tabela 17 - Quantidade de vagas distribuídas nos estacionamentos internos	94
Tabela 18 - Quantidade de docas por área	94
Tabela 19 - Quadro comparativo entre o Cenário 1 e a situação atual.....	101
Tabela 20 - Quadro comparativo entre o Cenário 2 e a situação atual.....	105
Tabela 21- Quadro comparativo entre o Cenário 3 e a situação atual.....	112
Tabela 22- Quadro comparativo entre o Cenário 4 e a situação atual.....	114
Tabela 23- Quadro comparativo entre os cenários propostos e a situação atual.....	115
Tabela 24 - Pontuação por cenário	115

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CD	Centro de Distribuição
DT	Documento de Transporte
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
FIFO	<i>First In, First Out</i>
HPC	Categoria de produtos de higiene pessoal e cuidados com a casa
LIFO	<i>Last In, First Out</i>
LPN	<i>License Plate Number</i>
NF	Nota Fiscal
PD	<i>Pallet-Drop</i>
SKU	<i>Stock Keeping Unit</i>
TP	<i>Transfer-Point</i>
WERC	<i>Warehousing Education and Research Council</i>
WMS	<i>Warehouse Management System</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
1.1	A empresa e o estágio.....	25
1.1.1	Organização da empresa e do CD	26
1.2.	O Problema	27
1.3.	Relevância.....	28
1.4.	Objetivo	29
1.5.	Estrutura do Trabalho	30
2	REVISÃO DA LITERATURA	31
2.1.	Processos	31
2.1.1.	<i>Inbound</i>	31
2.1.2.	<i>Picking</i>	32
2.1.3.	<i>Outbound</i>	36
2.2.	Mapeamento dos Processos	37
2.3.	Classe ABC.....	38
2.4.	Arranjo Físico dos Materiais.....	40
2.5.	Medição de Tempos Operacionais	41
2.6.	Tratamento estatístico dos dados	43
2.6.1.	Tipos de distribuição estatística	43
2.6.2.	Identificação de Outliers.....	45
2.7.	Modelo.....	45
2.8.	Simulação	46
3	METODOLOGIA	49
4	DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE SIMULAÇÃO.....	51
4.1	Planejamento.....	51
4.1.1	Estudo da Situação Atual	51

4.1.2	Descrição do Objetivo do Estudo	53
4.1.3	Descrição dos processos	53
4.1.4	Fluxogramas dos processos.....	57
4.1.5	Definição de Premissas para Modelagem	65
4.2	Modelagem	68
4.2.1	Adaptação da realidade para o modelo computacional	69
4.2.2	Definição dos dados de entrada.....	70
4.2.3	Testes de validação do modelo.....	86
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	93
5.1	Análise do atual desempenho dinâmico do CD	93
5.2	Simulação das alternativas de melhoria	99
5.2.1	Dimensionamento de Recursos	100
5.2.2	Central de Customização	103
5.2.3	Aumento das posições de PD	107
5.2.4	Combinação das propostas.....	113
5.3	Definição da Proposta de Melhoria.....	114
5.4	Projeção da Proposta de Melhoria no Longo Prazo	116
6	CONCLUSÃO	119
6.1	Impactos dos resultados do trabalho para a empresa	119
6.1.1	Previsão dos impactos da proposta de melhoria.....	119
6.2	Dificuldades encontradas durante o projeto	122
6.3	Considerações Finais	123
	REFERÊNCIAS.....	125
	APÊNDICES	129
	APÊNDICE A - Planta do CD	129
	APÊNDICE B - Listas de tempos (min) coletados na Cronoanálise	130
	APÊNDICE C - Resultados da Cronoanálise.....	134

APÊNDICE D - Dados de entrada do Modelo: Posicionamento dos paletes por classe ABC.....	140
APÊNDICE E - Dados de entrada do Modelo: Posicionamento dos paletes por família	142
APÊNDICE F - Dados de entrada do Modelo: Layout de Picking por família	144
APÊNDICE G - Dados de entrada do Modelo: Distribuição horária de entrada de caminhões no CD.....	145
APÊNDICE H - Dados de entrada do Modelo: Volume de entrada dia-a-dia.....	147
APÊNDICE I - Ambiente de Simulação.....	148
APÊNDICE J - Ambiente de Resultados de ProModel.....	150

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho de formatura (TF) está relacionado a um projeto de consultoria que a autora participou, cuja finalidade é a elaboração de uma proposta de melhoria a um centro de distribuição (CD). A empresa, que será descrita na seção seguinte, apresenta dificuldades na administração de sua cadeia logística devido a recorrentes falhas no CD, que é o maior centro de distribuição da multinacional no país.

O grande impasse é a ineficiência no controle do alto fluxo de produtos que passam pelo CD. Ele é responsável pelo abastecimento das regiões Sudeste, Sul e alguns estados do Nordeste, tornando-o o CD economicamente mais relevante para a empresa.

Portanto, o objetivo do projeto é identificar medidas que possam contribuir no aumento da produtividade atual do CD, otimizando o fluxo de produtos, diminuindo os custos trazidos pela baixa produtividade e aumentando a satisfação do cliente no final da cadeia.

1.1 A empresa e o estágio

O CD considerado no presente trabalho pertence à uma empresa multinacional de bens de consumo de giro rápido. Seus produtos incluem alimentos, bebidas, produtos de limpeza e produtos de higiene pessoal. Trata-se de uma das empresas multinacionais mais antigas, sendo que seus produtos estão disponíveis em cerca de 190 países, com marcas de destaque mundial.

A empresa está organizada em divisões de negócio (famílias) conforme segue abaixo:

- HPC: engloba produtos de cuidados da casa (HC) e produtos de higiene pessoal (PC).
- FOODs: produtos alimentícios.
- Aerossol: produtos inflamáveis que apresentam risco de transporte.

A equipe de Planejamento Logístico Nacional Brasil entrou em contato com a *Belge Engenharia* buscando um serviço de consultoria na área de remodelagem de processos e estruturação de CDs. *Belge* é uma empresa especialista em soluções logísticas, na qual a autora estagiou durante a realização do projeto.

O estágio desenvolveu-se neste cenário, dentro de um time de cinco pessoas composta pelo diretor do projeto, dois especialistas - um em simulação de eventos discretos e outro em

estruturação de processos - e dois consultores para auxiliar na modelagem, coleta e tratamento de dados.

Este trabalho tratará, portanto, das etapas em que a autora participou como consultora, que englobam a estruturação dos dados para simulação e também a modelagem das operações para gerar a simulação das alternativas de melhorias.

1.1.1 Organização da empresa e do CD

A gestão do CD é controlada por dois segmentos dentro da empresa: um *gerencial* e outro *operacional*. O *gerencial* é responsável pelas negociações, vendas e relacionamento com os clientes, sendo coordenado por uma equipe de logística nacional na matriz, e também pela administração das atividades diárias de controle de estoque, com participação de uma **equipe local** (interna ao CD). O *operacional* é administrado por uma **empresa terceirizada**, que se ocupa dos processos internos e pela gestão do fluxo de produtos.

A estrutura do CD abrange, além do armazém, o prédio administrativo, que abriga as duas últimas equipes descritas:

1. A **equipe local**, responsável por toda área de Planejamento Integrado dos Recursos da empresa (ERP - *Enterprise Resource Planning*), ou seja, o gerenciamento de dados, recursos e processos das áreas cabíveis ao CD.
2. A **empresa terceirizada**, uma empresa multinacional especializada em transportes e logística, que gerencia os fluxos de produtos e de caminhões internamente ao CD.

Isto significa que o controle de entrada e saída, assim como toda a comunicação com os clientes e transportadoras são geridos pela multinacional, mas a inteligência de armazenagem, *Inbound*, *Picking* e *Outbound* é controlada pela empresa de transportes terceirizada.

Desta forma, a proposta do projeto em que se insere o presente trabalho é de prover direcionamento às mudanças estruturais de movimentação e de armazenagem no CD, preservando o sistema de controle de estoque fornecido pela empresa terceirizada. Por controle de estoque, entende-se: a gestão automática de posicionamento/inventário dos produtos e da sequência de execução de tarefas pelos operários.

Para que a solução seja eficaz e duradoura, é necessário que todos os setores da empresa envolvidos com o CD participem. Essa integração é importante para consolidar os objetivos a serem alcançados e trabalhar para mantê-los posteriormente.

Os setores envolvidos e que foram consultados para consolidar as metas do projeto são:

- Planejamento Logístico Nacional: se ocupa do planejamento de toda a cadeia logística nacional, sendo responsável pela ponte entre a diretoria logística e a gerência de operação;
- Logística de Produtos: responsáveis pela previsão de vendas, gestão da entrada de novos produtos e saída de produtos descontinuados;
- Suporte aos clientes do CD: controle dos custos de entregas e da comunicação com os clientes do CD (varejistas e atacadistas);
- Transportes: responsáveis pelo controle da malha logística rodoviária.

1.2. O Problema

Considerando a importância da disponibilidade dos produtos para os clientes finais nos supermercados e também na redução com custos gerados por processos ineficientes, o problema a ser tratado é a baixa produtividade dos processos operacionais dentro do armazém.

Atualmente, o CD não consegue atender de maneira satisfatória a demanda que a ele é destinada. Isso é perceptível, por meio de alguns sintomas principais que serão abordados neste trabalho, dentre eles:

1. Filas de caminhões nas várias etapas (entrada na portaria, antes das docas e após as docas): a capacidade total dos pátios interno e externo é de 210 vagas, mas nos dias de pico de demanda são recebidos cerca de 300 veículos o que causa a formação de filas que chegam a ocupar um pedaço da rodovia onde o CD está localizado;
2. *Stage* lotado: no CD existem duas áreas próximas às docas que servem como “bolsões” temporários de paletes (de *Inbound*, *Outbound* ou Devolução) chamadas de *Stage I* e *Stage II*, com capacidade para acomodar mais de 6000 paletes, conforme ilustra a Figura 1-1. O CD possui 137 docas, logo, há uma média de 40 posições-paleta por doca nesses *Stages*. Durante o pico todas essas posições chegam a ficar completamente lotadas de paletes aguardando a montagem no processo de *Outbound*;

3. Ineficiência na customização de cargas (montagem dos paletes nos *Stages* de acordo com a descrição exigida pelo cliente): um carregamento customizado pode levar até 7 horas para ser realizado;
4. *Pallet-Drops* (PD) lotados (área de armazenagem dos paletes montados durante o *Picking*): no layout atual há um total de 39 posições de PD disponíveis que tem se mostrado insuficiente.

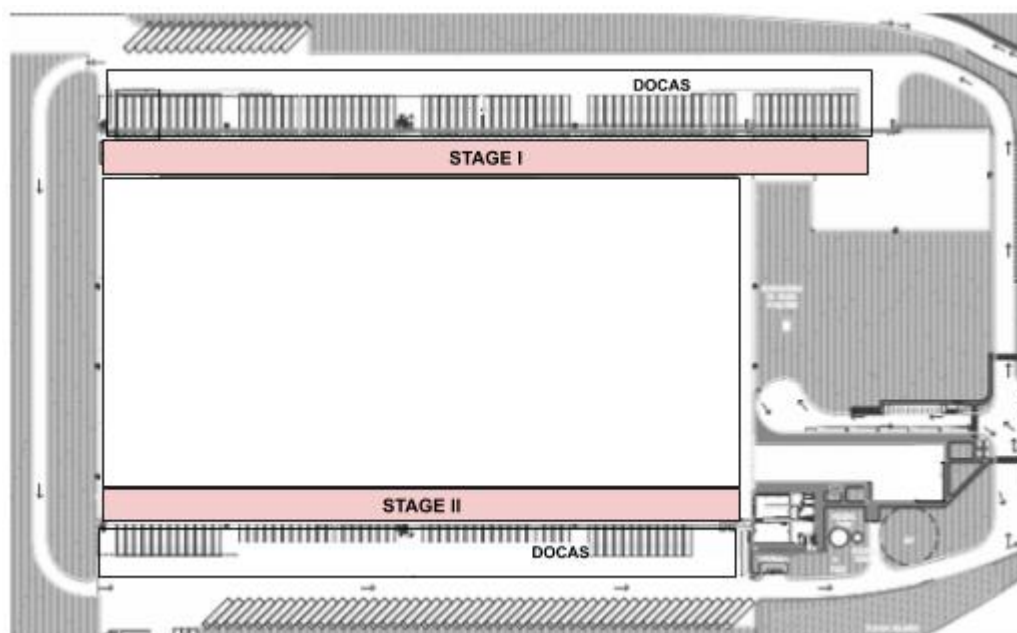


Figura 1-1- Posição dos Stages no CD (fonte: elaborado pela autora)

Estes sintomas acarretam numa desorganização do fluxo de expedição, gerando efeitos externos negativos, como atrasos na liberação dos caminhões, entrega de produtos com a data de validade vencida, erros de customização, alta taxa de devolução, atrasos na entrega para o cliente e consequente rupturas em suas gôndolas. Além desses efeitos concretos, existem outros intangíveis como a insatisfação dos clientes e transportadoras e o descrédito perante eles.

Assim sendo, a empresa busca alternativas de melhoria dos processos internos para assim minimizar os efeitos negativos externos.

1.3. Relevância

O CD objeto de estudo concentra 40% dos clientes e mais de 2000 SKUs (*Stock Keeping Unit*). Ele abastece em torno de 400 cidades, com mais 1.300 pontos de entregas, movimentando cerca de 50.000 ton/mês (Figura 1-2)



Figura 1-2 - Dados Gerais do CD (fonte: elaborado pela autora)

Por estar localizado numa região que concede subsídios fiscais, sua localização é estratégica para o faturamento das cargas, o que propicia uma alta concentração de pedidos. Mesmo havendo outros CDs na região Sul e Sudeste, ele se torna a principal opção em consequência desse benefício financeiro.

Dado que este é o CD mais importante da empresa no Brasil e que sua ineficiência gera os diversos efeitos enumerados na seção 1.2, a melhoria da sua produtividade tem o potencial de promover maior controle das atividades, diminuindo os atrasos e, assim, assegurar maior satisfação do consumidor final.

1.4. Objetivo

Desta forma, o objetivo deste trabalho de formatura é identificar oportunidades de melhorias nos processos atuais, visando o aumento da produtividade do CD. Permitindo que ele atenda a demanda atual e suporte o crescimento das vendas da empresa num cenário futuro.

Entende-se que o aumento da produtividade possibilite o atendimento de uma maior demanda, tanto de operações de *Inbound* como de *Outbound*, no menor tempo possível. Assim sendo, o objetivo deste trabalho é racionalizar os processos de forma que sejam executados com mais eficiência (maior velocidade) e maior taxa de atendimento aos pedidos, de modo a evitar os danos relatados, estabelecendo um processo mais eficaz (com menos falhas).

Primeiramente, os esforços estarão concentrados no entendimento detalhado dos processos internos e criação de um modelo de simulação aderente à realidade. A partir da validação desse modelo, pretende-se explorar e identificar os possíveis gargalos e simular as alternativas de melhoria para o cenário atual.

As alternativas podem incluir tanto alteração dos processos, como mudança no layout e aumento/redução de recursos, para impactar diretamente na diminuição das filas de caminhões e desafoamento os *Stages* e área de PDs, permitindo um fluxo mais contínuo de produtos. Além disso, devem trazer indiretamente os benefícios intangíveis apontados na seção 1.3.

1.5. Estrutura do Trabalho

Este trabalho é estruturado em seis capítulos conforme segue:

O capítulo 1 - Introdução: descreve a empresa alvo do trabalho e seus aspectos principais, a relevância do projeto e o objetivo a ser alcançado.

O capítulo 2 - Revisão da Literatura: apresenta os conceitos e suporte teórico imprescindíveis para a análise de dados e modelagem.

O capítulo 3 - Metodologia: trata da descrição da metodologia adotada, e as etapas para a coleta de dados significativos para os processos estudados.

O capítulo 4 - Desenvolvimento do Modelo de Simulação: especifica os processos que serão considerados na simulação do modelo, explica o conceito de modelagem e define as premissas e considerações para validação do modelo. Além disso, verifica se o modelo de simulação construído é aderente à realidade.

O capítulo 5 - Análise dos Resultados: apresenta a análise de alternativas com base na simulação e a descrição da proposta de melhoria, assim como seu desempenho no longo prazo.

O capítulo 6 - Conclusão: apresenta as considerações finais do trabalho e as dificuldades encontradas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O presente capítulo apresenta os principais conceitos para o embasamento teórico do trabalho, visando fundamentar a criação de propostas para o problema apresentado. Aqui serão descritas as principais informações necessárias para o entendimento dos processos e a pesquisa dos conceitos e metodologias referentes a centros de distribuição, modelagem e simulação.

2.1. Processos

Segundo Gonçalves (2000), não existe um produto ou um serviço oferecido por uma empresa sem um processo. Entende-se processo pelo “conjunto de atividades com uma ou mais espécies de entrada e que cria uma saída de valor para o cliente” (HAMMER e CHAMPY, 1994). Assim sendo, o foco do cliente não é como a empresa está organizada ou suas filosofias gerenciais, ele está interessado no produto ou serviço final que será oferecido como resultado de um processo (SENTANIN, 2004).

Os processos são importantes para uma organização, pois partem da compreensão das necessidades do cliente, traçam uma linha de atividades necessárias para esse fim e terminam com a satisfação do cliente em adquirir um produto ou serviço que desejava (GONÇALVES, 2000).

Justificada a relevância do estudo dos processos em geral, nas subseções seguintes são descritos os principais processos que ocorrem dentro do CD, sendo eles: *Inbound*, *Outbound* e *Picking*.

2.1.1. *Inbound*

A logística *Inbound*, conhecida também como logística de abastecimento, abrange as atividades realizadas para a obtenção de produtos dos fornecedores ou para a transferência dos produtos produzidos nas fábricas até um CD da mesma empresa. Ou seja, é a logística que envolve a entrada de recursos num local de abastecimento qualquer da cadeia de suprimentos. Por exemplo, numa fábrica, o recebimento da matéria-prima produzida no fornecedor é chamado de *Inbound*, assim como num CD, a entrada de produtos acabados advindos da fábrica é chamada de *Inbound*.

Para a boa gestão da logística de *Inbound*, é importante administrar o uso de variadas técnicas de transporte, movimentação e armazenagem bem como das ferramentas para processamento do fluxo de informações. A Figura 2-1 representa o fluxo de uma cadeia logística de operações

desde o fornecedor até o consumidor, que inclui o CD como estoque intermediário entre o cliente e a fábrica.

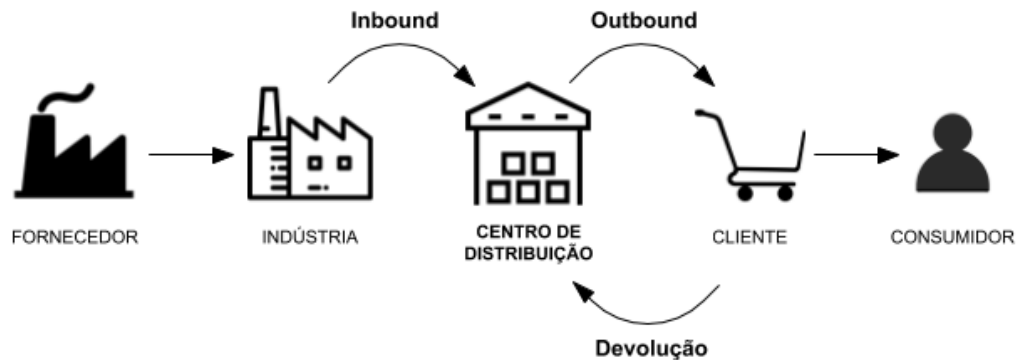


Figura 2-1 - Cadeia Logística Operacional (fonte: elaborado pela autora)

Dado o objetivo de minimizar os custos e encurtar os tempos de disponibilização de materiais, é primordial que a cadeia de suprimentos (Figura 2-1) trabalhe em harmonia, com empenho, integração e planejamento das atividades envolvidas. De acordo com Bowersox e Closs (2001), para se alcançar esse feito, inclui-se uma boa negociação com fornecedores, organizada gestão de pedidos, sincronismo na movimentação de transportes para recebimento, assim como o controle de qualidade na inspeção e armazenagem nas diversas etapas do processo.

Dessa forma, é de responsabilidade do *Inbound* a tomada de decisões estratégicas que envolvam a escolha de quando armazenar ou transportar, e qual modal de transporte selecionar. Além de estabelecer o melhor posicionamento do estoque de acordo com a linha de produção, bem como delinear o nível de inventário para cada produto.

2.1.2. *Picking*

O *Picking* consiste na seleção e retirada de produtos do armazém conforme o pedido de um cliente (seguindo as quantidades e especificações da comanda), de forma a satisfazer, no final da cadeia de suprimentos, o consumidor final (Rodrigues, 2007). Portanto é no *Picking* que começa o serviço ao cliente e, por essa razão, esta atividade é alvo de grande atenção.

Para assegurar a satisfação do cliente, é necessário que o *Picking* seja eficaz e eficiente. Quanto mais eficiente é o *Picking*, mais baixo será o custo para o cliente e mais rápida será a entrega. No entanto, a rapidez pode causar erros durante o processo, por isso é importante que ele seja eficaz (exato), garantindo a qualidade de entrega.

De forma geral, os métodos de *Picking* podem ser separados em quatro modalidades distintas conforme descritas a seguir:

1. ***Picking by order*** (*Picking* discreto): Cada *picker* (operário de *Picking*) fica responsável por um pedido, sendo que um pedido é composto por diversos produtos em quantidades diversas. O operário vai percorrer todo o armazém a procura dos SKUs. A Figura 2-2 exemplifica a organização desta modalidade de processo, no qual os produtos P1, P2, P3 e P4 devem ser recolhidos por cada *picker*, segundo a quantidade determinada no pedido, dentro de um mesmo turno (horário de trabalho do *picker*).

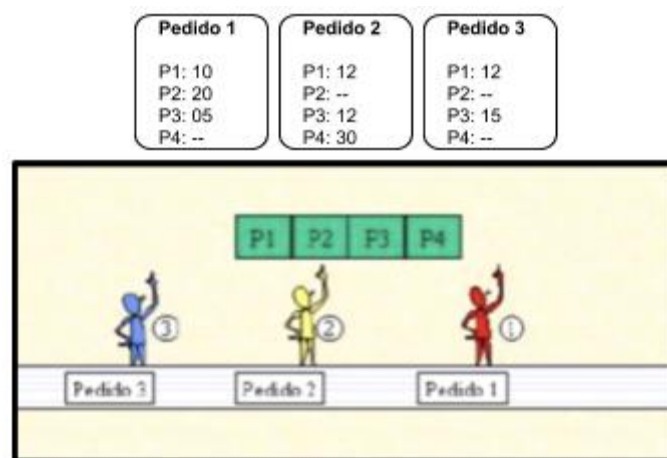


Figura 2-2 - Representação do *Picking* discreto (fonte: Adaptada de Rodrigues, 1999)

Como uma única pessoa fica responsável pelo pedido completo, as chances de erro são baixas. No entanto, o deslocamento excessivo traz morosidade ao processo.

Desta forma, ele é válido para empresas que não tenham uma grande gama de produtos no mesmo pedido. Empresas com alto volume e baixa variedade têm essa opção como uma alternativa eficiente.

2. ***Picking by line*** (*Picking* por lote): Os pedidos são agrupados de acordo com a semelhança entre os itens demandados, gerando "novos pedidos" com maior volume por SKU. Este agrupamento em lotes visa minimizar os deslocamentos e agilizar a seleção de produtos, definindo uma sequência de seleção que racionalize o processo. A Figura 2-3 exemplifica a organização desta modalidade de processo. Sendo que o primeiro operador se ocupa dos pedidos sem o produto P4, o operador 2 não recolhe o produto P2 e o operador 3 aguarda novos pedidos serem agrupados para receber uma tarefa.

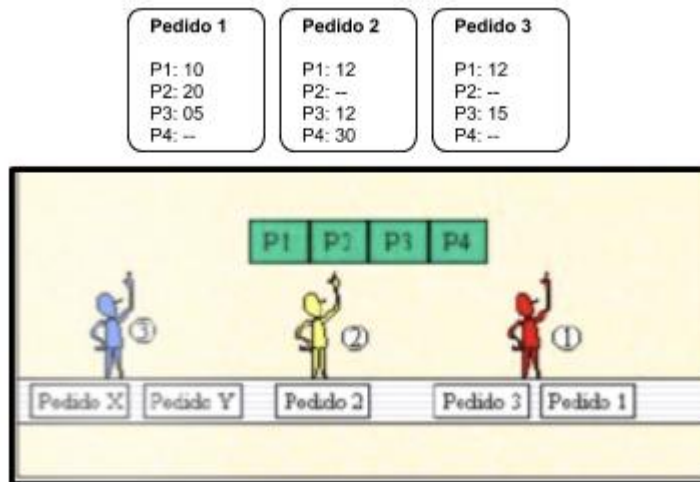


Figura 2-3 - Representação do *Picking* por lote (fonte: Adaptado de Rodrigues, 1999)

Um ponto negativo desse modelo, é precisar de um local de montagem que reorganize os pedidos após a coleta. Além disso, como várias pessoas cuidam do mesmo pedido, a chance de erro aumenta comparado ao *Picking* discreto.

3. **Zone Picking** (*Picking* por zona): Desta vez divide-se o armazém em zonas, e aloca-se um operador por zona. O *picker* recolhe todos os produtos que estão localizados na sua zona por pedido. Os produtos recolhidos são consolidados numa área de consolidação para completar as encomendas. A Figura 2-4 mostra que os operadores irão trabalhar em conjunto para completar um pedido. Os produtos que cada um irá coletar será determinado pela zona em que estiverem posicionados.

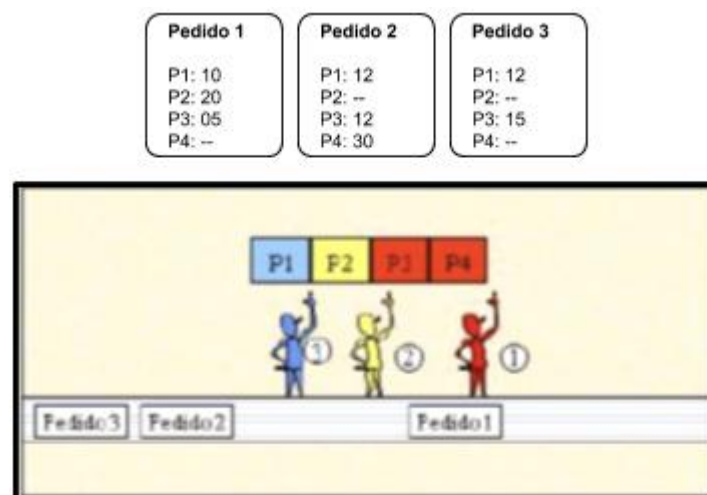


Figura 2-4 - Representação do *Picking* por zona (fonte: Adaptado de Rodrigues, 1999)

O *Picking* por zona também visa minimizar o deslocamento e acelerar a formação de pedidos, já que vários operadores se responsabilizam pelo mesmo pedido, diminuindo

o tempo de montagem. É uma opção válida para empresas que recebem muitos pedidos com baixa variedade.

4. **Batch Picking** (*Picking* por onda): Essa modalidade é semelhante ao *Picking* discreto, sendo um operador por um pedido. O que o difere é que esse procedimento é feito a partir de um agendamento, ou seja, em determinados períodos do dia (turnos), buscando atender prazos acertados com clientes. A configuração desse processo é idêntica à Figura 2-2, no entanto, o número de turnos varia para cada pedido, o que significa que o pedido não é necessariamente montado dentro do intervalo de trabalho do *picker* que iniciou o processo.

Resumidamente, as características mais comuns das modalidades de *Picking* em diferentes operações encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1- Características dos tipos de *Picking* (fonte: elaborado pela autora)

Tipo de Picking	Quantidade de operadores	Quantidade de pedidos	Quantidade de turnos
	por pedido	por operador	por pedido
Discreto	1	1	1
Lote	1	maior ou igual a 1	1
Zona	maior ou igual a 1	1	1
Onda	1	1	maior ou igual a 1
Zona + Lote	maior ou igual a 1	maior ou igual a 1	1
Zona + Onda	maior ou igual a 1	1	maior ou igual a 1
Zona + Lote + Onda	maior ou igual a 1	maior ou igual a 1	maior ou igual a 1

Além das modalidades acima descritas o *Picking* também pode ser classificado de acordo com o tipo de movimentação durante o processo.

A forma de movimentação mais conhecida e também mais aplicada nos estoques é a chamada de ***man-to-goods***, na qual o operário se desloca até a posição do produto. Uma alternativa a esse método é conhecida como ***goods-to-man***, em que o produto é transportado até uma área de consolidação onde o operador fica posicionado.

Existem diversas formas de organização do layout para o funcionamento do *Picking*, que variam de acordo com a estrutura de armazém e com o sistema de estoque implementado. Em CDs, é comum a estocagem ser feita por meio de porta paletes (grandes *racks* onde os paletes são armazenados verticalmente). Neste caso, o *Picking* e o abastecimento fragmentado (por caixa)

ocorre no térreo e o *Picking full*, abastecimento por paleta completo, ocorre nos andares superiores, com auxílio de empilhadeiras. Ambos estão representados na Figura 2-5.



Figura 2-5 - *Picking* fragmentado (à esquerda) e *Picking Full* (à direita) (fonte: projecttus.com)

Um sistema alternativo ao convencional é ilustrado na Figura 2-6. Este sistema propõe corredores alternados de *Picking* e abastecimento. Sendo o abastecimento feito por empilhadeiras e o *Picking* feito por operadores em cada andar. Para tornar possível essa estrutura, o sistema prevê a construção de mezaninos nos corredores de seleção e um sistema FIFO (*First In First Out* - primeiro a entrar, primeiro ao sair) com porta-paletes inclinados, que permitem o deslizamento do paleta na estrutura para que ele se desloque até a posição de alcance do *picker*.

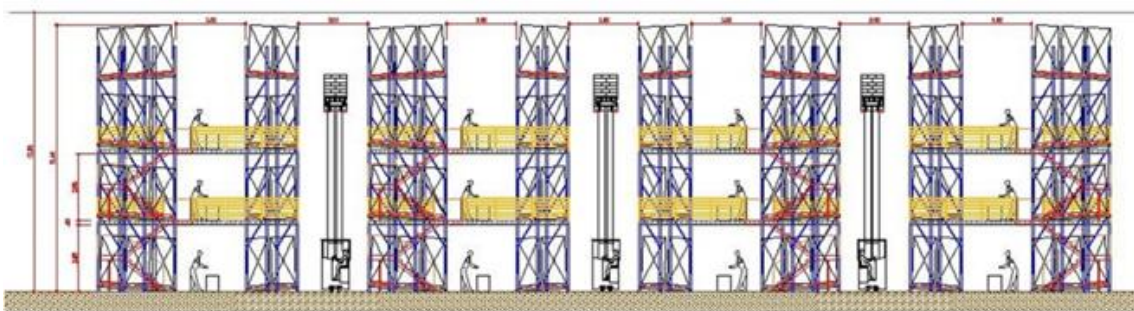


Figura 2-6 - *Pallet flow Picking* FIFO (fonte: Interroll)

2.1.3. Outbound

A logística *Outbound* compreende as atividades necessárias para o transporte dos produtos acabados ou matérias-primas ao cliente da sua cadeia de suprimentos. Ela lida quase que exclusivamente com os produtos finais ou com os serviços prestados por uma empresa. O

arranjo do *Outbound* é, portanto, um fator-chave que permite a uma empresa se dirigir ao mercado consumidor, garantindo o seu lucro operacional.

A distribuição ocorre entre cada par de estágios na cadeia de suprimentos (CHOPRA e MEIDL, 2011). Matérias-primas e componentes são transportados dos fornecedores aos fabricantes, enquanto produtos acabados são transportados dos fabricantes até o consumidor final, algumas vezes por intermédio de um CD (Figura 2-1). Chopra e Meindl (2011) alegam que, a estratégia competitiva é definida com base em como o cliente prioriza custo, variedade, tempo de entrega e qualidade para cada nicho de produto. Assim, tanto a estratégia competitiva de uma empresa, como a estratégia de distribuição, devem ser definidas com base nas prioridades dos clientes.

Sendo assim, se a cadeia *Outbound* for efetiva, a geração de valor sobre o produto decorrerá do serviço e da disponibilidade dos produtos conforme as necessidades cliente.

2.2. Mapeamento dos Processos

Conforme Costa e Politano (2008), o entendimento e desenho dos fluxos materiais, recursos, pessoas e até mesmo informações e seu consequente registro numa sequência lógica, consiste no mapeamento de processos. Esse mapeamento deve ser configurado de forma a transmitir o conhecimento necessário e suficiente para os envolvidos nas atividades.

O mapeamento deve mostrar as entradas e saídas de um processo e como elas se relacionam com as atividades intermediárias, descrevendo o passo a passo do todo. Desta forma, ele fornece uma visão geral que permite identificar, analisar e desenvolver melhorias no processo (ANJARD, 1988).

Para Biazzo (2002), o mapeamento de processos constrói a relação entre os objetos ou artefatos envolvidos na produção de algo em específico. Sendo esses objetos ferramentas que auxiliam na produção de um produto.

Por meio deste detalhamento de fluxo de tarefas, é possível propor modificações a partir de desenho original, explicitando melhorias em cada etapa (RAMOS et al., 2005).

A representação desse fluxo de atividade normalmente é desenhada por meio de Fluxogramas, que registra as operações efetuadas e os pontos de decisão, transporte e atrasos no fluxo. Segundo Slack et al. (2009), o fluxograma “dá uma compreensão detalhada das partes do

processo em que algum tipo de fluxo ocorre”. A Figura 2-7 mostra os símbolos usados na construção de um fluxograma de processos e seus significados.

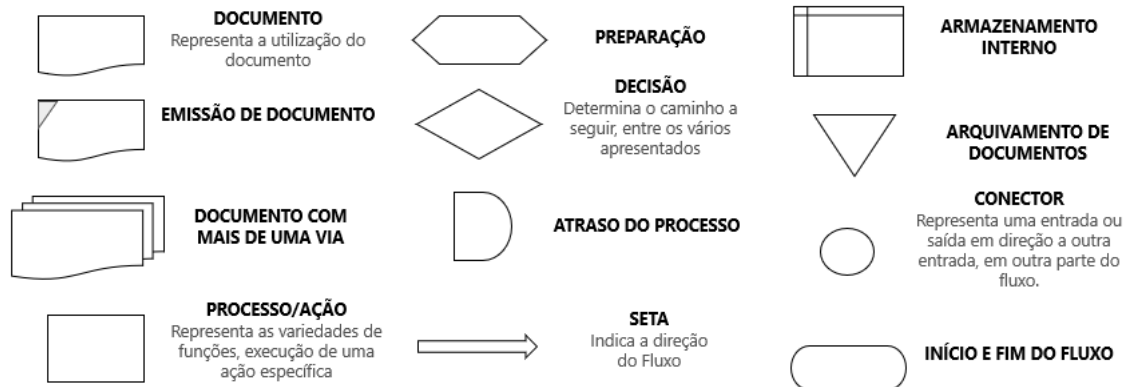


Figura 2-7 - Simbologia de fluxogramas (fonte: Voitto)

Isto posto, este trabalho se utilizará de fluxogramas como ferramenta de mapeamento dos processos buscando sua racionalização, de modo a:

- Reduzir os tempos de ciclo dos processos;
- Eliminar as tarefas que não agregam valor ou redundantes;
- Priorizar as ações de melhoria com base em relações de causa e efeito;
- Melhorar as interfaces entre os elementos funcionais.

2.3. Classe ABC

A curva ABC é uma ferramenta de categorização de estoques, cujo objetivo é segmentar em classes de importância os estoques dos produtos de uma companhia com base numa análise de Pareto (Figura 2-8). Segundo Darli Vieira (2011), a quantificação dos fluxos de entrada e de saída deve ser aplicada a todas as famílias de artigos que fazem parte do estoque da empresa.

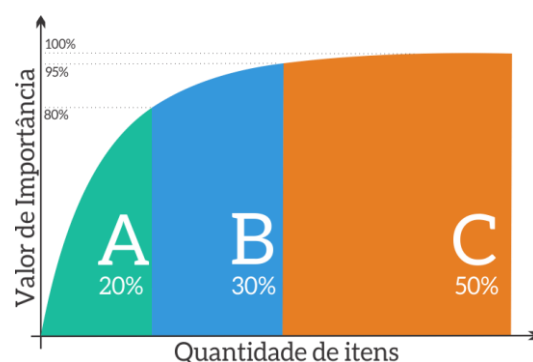


Figura 2-8 - Classificação ABC (fonte: Exceleasy)

Certamente, a classificação ABC é um procedimento que deve ser prioridade para melhorar a produtividade de um CD (VIEIRA, 2011). É comum que nos CDs, cerca de 80% das atividades dizem respeito a apenas 20% das referências de produtos. Cerca de 15% das atividades referem-se a 30% das referências e a parcela restante (cerca de 5%) corresponde à outra metade dos produtos. Vale ressaltar que o termo "princípio 80/20" também é utilizado para indicar o mesmo fenômeno.

Para Jacobsen (2006), o objetivo da curva de Pareto é identificar quais os itens que merecem esforço administrativo preferencial (que são importantes e que produzem resultados) e quais poderão ser administrados de forma menos rigorosa por terem importância secundária e serem responsáveis por uma parte irrisória do valor total, imprimindo um gerenciamento por exceção.

Efetivamente, os produtos da classe A serão organizados de modo que os trajetos para coletá-los sejam mínimos. Inversamente, os produtos com pouquíssimo giro poderão ter endereços de estocagem com uma acessibilidade pior (VIEIRA, 2011).

Geralmente, as classificações ABC disponíveis no setor de informática são elaboradas com base no faturamento gerado por cada um dos artigos ou na margem de lucro que propiciam. Esses critérios de classificação, apesar de serem fundamentais para uma diretoria comercial, não recebem muita atenção por parte dos especialistas em logística. Segundo Vieira (2011), a classificação que interessa ao projetista do CD deve ter o número de acessos como critério de classificação. Isto quer dizer que, para um mesmo produto, poderá haver uma classificação ABC para a família logística de paletes completos, outra para as caixas completas e mais uma para o varejo.

As classificações "A" e "B" irão dispor do dobro, até mesmo do triplo da área de armazenagem "C". Segundo Vieira (2011), um armazém deve conter:

- Um estoque de segurança, no qual também são efetuadas as coletas de paletes completos;
- Um estoque avançado numa área dedicada à preparação de caixas;
- Um segundo estoque avançado numa área dedicada à preparação de varejo.

Uma pequena economia obtida na administração do estoque dos itens classe A significa para a empresa muito mais do que uma grande economia nos de classe C. Esse princípio quase

universal, se aplicado com certa precisão, permite uma boa racionalização dos processos em um CD (VIEIRA, 2011).

2.4. Arranjo Físico dos Materiais

Tendo em vista a importância das classes ABC para economia da empresa, é necessário que o arranjo físico do CD esteja alinhado com as premissas de estocagem, de forma a racionalizar o fluxo de produtos e os processos já descritos (*Inbound*, *Picking* e *Outbound*).

De acordo com Viana (2000), “a definição do sistema de localização está intimamente ligada à disposição do arranjo físico dos materiais armazenados no almoxarifado, motivo pelo qual é imprescindível a fixação do layout”.

De acordo com Dias (1996), há dois tipos de sistema de estocagem: **fixo** ou **livre**. O primeiro se trata de um conceito de local fixo por tipo de produto/SKU, em que existem posições marcadas no estoque para cada material específico. Já o segundo, analogamente, segue o princípio de local livre, em que não há posições fixas e qualquer produto pode ser armazenado na mesma posição do estoque.

Ambos possuem vantagens e desvantagens. A vantagem do primeiro quanto ao segundo é a facilidade de endereçamento de um material e a agilidade na execução de inventários. Em contraponto, o desperdício de áreas de armazenagem pode ser um fator de risco para armazéns com espaço limitado.

Este tipo de estrutura pode ser construída de 3 formas diferentes, como mostra a Figura 2-9.

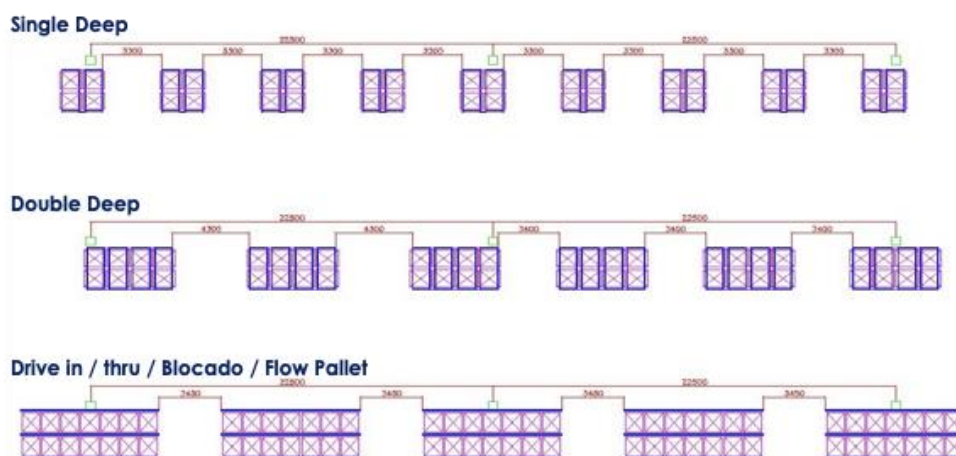


Figura 2-9 - Alternativas de armazenagem (fonte: Bastian Solutions)

Os modelos **Single Deep** possuem estantes de profundidade única e têm a vantagem de possibilitar a recuperação direta de todas as cargas unitárias armazenadas a partir de qualquer corredor. É ideal para uma gama menor de unidades de armazenamento de estoque que exigem rapidez de acesso a cada unidade de carga. Também é utilizado para os SKUs que apresentam baixo *shelf-life* (prazo de validade), evitando que num gerenciamento de estoque LIFO (*Last In, First Out*, ou seja, o último a entrar é o primeiro a sair) aqueles que foram armazenados anteriormente sejam os últimos na fila de *Picking*.

Os modelos **Double Deep** possuem estantes de profundidade dupla, que envolvem a recuperação de cargas unitárias das cargas armazenadas no corredor ou a recuperação dupla, no caso de movimentação por transpaleteiras duplas. É útil para armazéns com uma maior variedade de itens ou SKUs e maiores variações de níveis de estoque por SKU.

Já os modelos de **drive in/thru/blocado/flow pallet** têm como objetivo acumular as cargas paletizadas, sendo este um sistema próprio para trabalhar com maiores quantidades de um mesmo produto, armazenados em lotes grandes. Esses modelos são operados com duas entradas a cada sete posições-paleta (a cada sete racks insere-se um corredor que permite o abastecimento das posições), e oferecem como vantagem maior rentabilidade do espaço disponível por eliminar corredores entre as estantes, além de oferecer controle rigoroso das entradas e saídas.

2.5. Medição de Tempos Operacionais

Pelo entendimento de Viana (2015), as empresas buscam racionalizar recursos e tempo de execução de tarefas para alcançar processos performantes. Com este viés, a cronoanálise é uma ferramenta que fornece o controle das atividades por meio da compreensão do tempo devido a cada operação de um processo.

A cronoanálise, segundo Toledo (2004), é a análise dos tempos necessários para efetuar uma operação, por meio de um método e condições de contorno definidas. As medições são feitas por um operador treinado e dedicado a acompanhar as atividades envolvidas.

Anis (2010) afirma que os resultados da cronoanálise têm alto valor para a modificação de processos, pois fornecem dados reais ao invés de valores históricos ou tempos estimados, trazendo indicadores confiáveis para tentar aumentar a produtividade. Esses resultados auxiliam

na tomada de decisão das empresas, seja na gestão de recursos empregados por atividade, seja na previsão de custos ou volume de vendas.

Para realização da cronoanálise é necessário definir o início e o final de cada operação. Normalmente entende-se os ciclos de atividades repetitivas feitas pelos operários e mede-se diversas vezes cada ciclo. Por exemplo: o tempo de atendimento de um cliente se inicia com sua chegada ao balcão e finaliza quando a atendente chama o próximo cliente da fila. Esse ciclo se repete a cada novo integrante da fila.

Com os valores medidos em mãos, analisa-se as tolerâncias que a eles devem ser inseridas. Barnes (1977) define algumas tolerâncias importantes a serem acrescentadas ao tempo de ciclo por operação. Sendo elas:

- Tolerância pessoal: refere-se ao tempo que o operador deve ter reservado para suas necessidades pessoais. Para um operador que trabalha oito horas por dia, deve ser considerado de 2% a 5% do seu tempo total de trabalho;
- Tolerância por fadiga: indica o tempo necessário para descanso de operador ao longo de dia. Pode variar de acordo com o esforço físico necessário para execução da atividade. De forma geral são recomendados intervalos de 5 a 10 minutos para recuperação.
- Tolerância por espera: são intervalos de tempos improdutivos decorrentes de paradas programadas ou não num processo. Neste caso, cada operação tem a sua particularidade, devendo-se determinar a probabilidade e o tempo de espera para esta tolerância.

Souza (2012) define os seguintes sete passos para a realização da cronoanálise:

1. Obter e registrar as informações sobre a operação e o operador em estudo;
2. Dividir a operação em elementos;
3. Observar e registrar o tempo gasto pelo operador;
4. Determinar o número de ciclos a serem cronometrados;
5. Avaliar o ritmo do operador;
6. Determinar as tolerâncias;
7. Determinar o tempo padrão para a operação.

Normalmente, estipula-se que acima de 30 coletas os dados começam a ter uma distribuição estatística confiável com base no Teorema do Limite Central (MONTGOMERY e RUNGER, 2012). À medida que o tamanho de amostra aumenta, a distribuição das médias amostrais se aproxima de uma distribuição normal (TRIOLA, 2005).

2.6. Tratamento estatístico dos dados

A cronoanálise é a principal fonte de dados para elaboração de um modelo de simulação de processos. Para inserir no modelo os dados de tempo coletados, é necessário um tratamento estatístico prévio.

Embora Triola (2005) afirme que a distribuição das médias amostrais se aproxima de uma distribuição normal, não é confiável aplicar uma distribuição normal para todos os processos. Isto porque nem sempre é possível coletar a quantidade de dados satisfatória para obter um resultado que tenha o comportamento de uma curva normal. Além disso, cada processo tem sua individualidade e uma curva estatística que se aproxime mais da realidade observada. Assim sendo, o ideal é estudar os dados coletados e identificar qual tipo de distribuição estatística revela maior aderência à amostra.

2.6.1. Tipos de distribuição estatística

As distribuições de probabilidade podem ser divididas em discretas e contínuas, dependendo do tipo de variável que compõe a distribuição (Suporte Minitab, 2018).

- **Distribuição Discreta:** se refere à curva de probabilidade de uma variável discreta. Uma variável aleatória discreta possui valores contáveis. Exemplo: o número de pessoas atendidas por hora na recepção de um hotel.

Por representar valores finitos, a distribuição pode ser definida tanto por uma tabela quanto por um gráfico. Cada linha da tabela representa um valor da variável discreta, que diferentemente da distribuição contínua, possui uma probabilidade mensurável e superior à zero.

Para sua representação gráfica, basta projetar as probabilidades no eixo y, tendo como eixo x a variável dentro de uma amostra. A Figura 2-10 mostra um exemplo de distribuição discreta da satisfação de cliente, sendo X o número de reclamações de clientes por dia e $P(X)$ a probabilidade de receber X reclamações. A frequência (f) é

referente ao número de ocorrências daquela variável na amostra coletada. Por exemplo: Nos n dias da amostra, em 15 deles foram recebidas 3 reclamações (Figura 2-10).

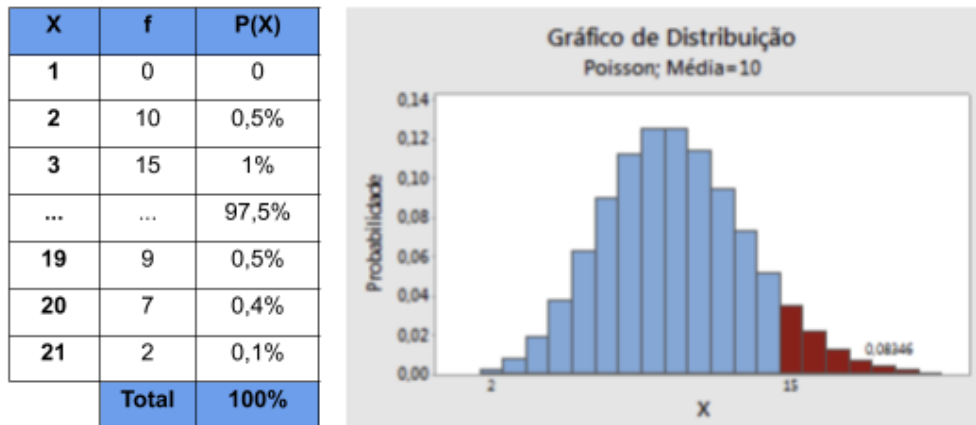


Figura 2-10 - Exemplo de distribuição discreta (fonte: Adaptado de Minitab Suporte)

- **Distribuição Contínua:** se refere à curva de probabilidade de uma variável contínua. Uma variável aleatória contínua possui valores incontáveis (intervalos). Exemplo: o nível de açúcar no sangue de uma população.

A probabilidade de uma variável contínua, portanto, é sempre zero. Apenas um intervalo da amostra possui representatividade numérica, sendo medido pela área sob a curva de distribuição.

Uma solução gráfica para variáveis contínuas é a elaboração de um histograma, que segmenta as faixas de valores da variável e sua respectiva frequência.

A Figura 2-11 mostra um exemplo de distribuição contínua, em que estima-se a altura em centímetros de uma população masculina na Alemanha. Como a altura exata varia para cada indivíduo da amostra, a informação obtida pelo gráfico é referente a um intervalo. Por exemplo, a probabilidade de encontrar um alemão que tenha entre 1,60 a 1,70 metros é cerca de 13%.

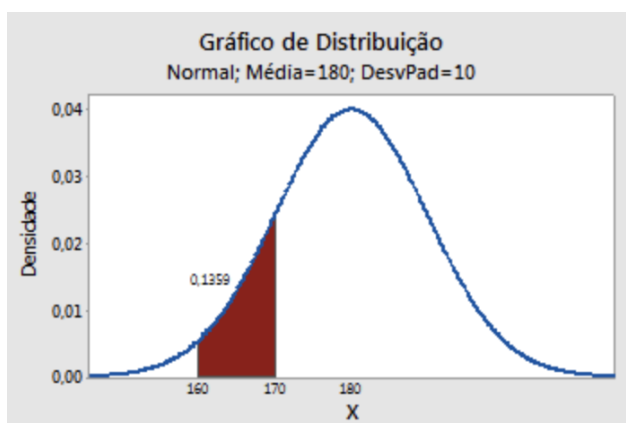


Figura 2-11- Exemplo de distribuição contínua (fonte: Adaptado Minitab Suporte)

2.6.2. Identificação de Outliers

Antes de partir para a análise da distribuição estatística, é necessário realizar um tratamento prévio dos dados, que consiste na identificação de *outliers* (pontos fora da curva, ou seja, dados que não têm representatividade para o estudo, pois são eventos que não condizem com o comportamento normal da distribuição em análise). Segundo Muñoz-Garcia et al. (1990), antes de qualquer análise estatística de dados, é fundamental estudar a qualidade das observações.

A identificação de *outliers* pode ser feita de duas maneiras: observação direta dos dados, no caso de amostras pequenas e análise gráfica para amostragens mais extensas. A detecção consiste na identificação dos pontos potencialmente aberrantes, que fogem do comportamento visualizado na curva.

Partindo da seleção desses pontos, o próximo passo equivale à segregar quais observações são efetivamente suspeitas. Se for aceita a hipótese de que elas representam *outliers*, essas observações podem ser designadas como discordantes e eliminadas da amostra.

2.7. Modelo

Um modelo pode ser definido como uma representação de um objeto, sistema ou ideia em alguma outra forma que não a entidade em si, ou seja, uma representação da realidade.

Law e Kelton (2000) um modelo pode ser definido como uma representação de um sistema, tendo como finalidade seu estudo. Assim sendo, o modelo deve permitir estender seus resultados à realidade que ele representa, funcionando como um sistema de previsão para uma

ação. Desta forma, torna-se inevitável validar o modelo, a fim de garantir sua aderência ao objeto de estudo representado.

O modelo é uma simplificação da realidade, portanto, é importante definir quais são os limites de abordagem entre o modelo e o sistema real, assim como quais elementos serão representados. Faz parte da modelagem a identificação dos elementos que podem ser omitidos sem comprometer sua performance.

Seu funcionamento prevê a entrada de informações (dados de entrada), que serão transformadas num processo de simulação, determinando as saídas esperadas do sistema. Os resultados do modelo podem ser utilizados para aprimorar o ambiente que foi testado, fornecendo melhorias significativas com economia de tempo e minimização de custos.

2.8. Simulação

Para Shannon (1975), a simulação pode ser compreendida como a reprodução de um modelo que representa um sistema composto por processos relativamente complexos. Seus fins podem ser de predição, de análise, científicos ou comerciais.

De forma geral, a simulação compreende a construção do modelo, mas também engloba a busca pelo entendimento do comportamento do sistema; pela elaboração de hipóteses e teorias advindas das observações coletadas e pela predição de cenários futuro.

O conceito de simulação que será desenvolvido neste trabalho utiliza a tecnologia do software de simulação ProModel, baseado na simulação computacional de sistemas complexos. Este conceito engloba o uso de planilhas de programação com os detalhamentos de diversos aspectos relacionados aos processos de sistema. Estes aspectos são modelados em forma de parâmetros, podendo ser alterados para a criação de cenários e a execução de testes.

A metodologia utilizada na construção do modelo de simulação, segundo Freitas (2008), é apresentada na Figura 2-12. Esta metodologia é interativa e cada atividade é definida e algumas vezes redefinida com esta interação, permitindo um maior detalhamento do estudo.

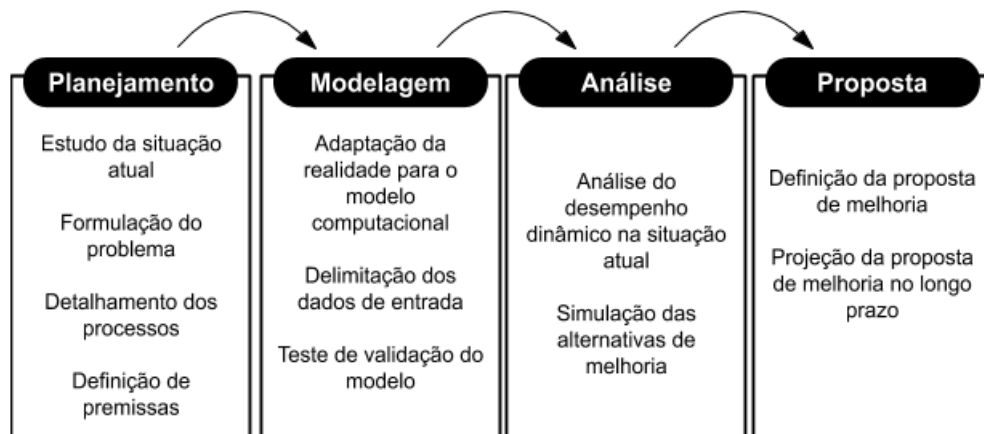


Figura 2-12 - Passos para o desenvolvimento de um Estudo de Simulação

No capítulo a seguir as etapas apresentadas na Figura 2-12 são detalhadas com o objetivo de orientar o gradativo desenvolvimento do modelo de simulação e sua aplicação na busca da melhor proposta de reorganização do CD para enfrentar o problema objeto de estudo.

3 METODOLOGIA

Para realizar este trabalho, diversas etapas foram consideradas para entender o problema do CD e propor uma melhoria condizente com a realidade apresentada (Figura 2-12).

A primeira delas é o *Planejamento* da abordagem que será adotada antes de seguir para modelagem.

Inicialmente deve-se conversar com os gestores da empresa para entender os motivos que os levaram a procurar ajuda externa. Os processos e problemas trazidos pela empresa devem ser estudados para definir o escopo que irá guiar o trabalho. Nessa etapa, é imprescindível realizar **entrevistas** com todas as equipes relacionadas ao projeto, de diferentes setores para definir e visualizar as causas e efeitos do problema sem um viés direcionado.

Ainda na etapa de *Planejamento* devem ser realizadas visitas ao CD, que irão ajudar a entender detalhadamente cada processo, identificar aqueles que devem ser simulados e definir as **premissas** do modelo. Isto permite identificar os parâmetros que não devem ser alterados ou que servem de base para algum processo (como critérios de segurança e legislação).

Antes de partir para a próxima etapa, é essencial desenhar os **fluxogramas** dos processos e validar se todos os estágios foram contemplados e correspondem ao que é executado cotidianamente. A partir desses fluxogramas, começa-se a etapa de *Modelagem* do sistema estudado.

Definidos os processos que serão modelados, inicia-se a **coleta de dados** para que eles sejam recriados na simulação. No caso de um CD, os dados prioritários são aqueles de movimentação de produtos e caminhões, assim como os fluxos de entrada e saída do sistema. Parte desses dados será disponibilizado pelo controle interno do CD e o restante deverá ser coletado em visitas programadas. Para efeito do modelo de simulação, os tempos de todas as operações que impactam o sistema produtivo devem ser cronometrados pelo método de cronoanálise.

Os dados coletados passarão por uma **adaptação** ao modelo. Ou seja, os tempos serão representados por curvas estatísticas que forem mais aderentes à realidade observada em condições naturais de trabalho. Os fluxos de entrada respeitarão o intervalo de chegada definido de acordo com a dinamicidade dos processos e o detalhamento necessário para melhor aderência à situação atual.

O objetivo é a **tradução detalhada** dos processos para se chegar à uma representação fiel da realidade do CD, já que é a partir de sua análise que as propostas de melhoria deverão ser elaboradas e avaliadas.

Em seguida, deverá ser realizada a validação do modelo. Nesta etapa, compara-se as saídas do modelo com os resultados reais referentes ao período simulado. É um longo processo de **verificação** dos resultados até concluir que todos os processos foram devidamente representados.

A partir da validação, inicia-se as análises dos resultados que englobam o estudo de desempenho dinâmico na situação atual e a identificação de possíveis pontos de melhoria. Simula-se, então, cenários alternativos, variando parâmetros de entrada, capacidades e movimentações.

Diante da comparação entre os cenários alternativos, define-se a melhor proposta e aplica-se a ela uma projeção da demanda atual para avaliar qual seu desempenho num futuro próximo.

4 DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE SIMULAÇÃO

4.1 Planejamento

Este capítulo aborda o estudo da situação atual do CD levando em consideração o objetivo do trabalho definido em função dos problemas levantados em entrevistas com os funcionários da empresa-cliente. Além disso, apresenta detalhadamente os processos que serão incluídos no modelo e as premissas aplicadas para a simulação.

4.1.1 Estudo da Situação Atual

Antes de visitar o CD foram realizadas entrevistas com as diversas equipes da parte administrativa, tendo o objetivo de compreender como a baixa produtividade do CD afetava especificamente cada setor e o que era esperado como resultado do estudo.

As entrevistas ocorreram durante o evento de *kick off* do projeto que foi dedicado à apresentação dos objetivos do trabalho, com duração de um dia. Todo o período da tarde foi reservado para reuniões com as equipes envolvidas, separadamente.

- **Suporte ao Cliente**

A equipe de Suporte ao cliente - que se ocupa da comunicação com o cliente final do CD (revendedores) e do controle dos custos de entregas - foi a equipe que mais se mostrou incomodada/impactada com a baixa produtividade do CD. Durante a entrevista, eles relataram alguns problemas crônicos que os afetam:

1. Erros recorrentes na composição dos carregamentos (cargas que deveriam ser customizadas segundo alguma especificação do cliente e eram entregues sem conformidade).
2. Má estruturação do estoque: todo o estoque está destinado à venda sem “estoque de segurança”, o que aumenta o risco de ruptura.
3. 40% das reclamações são de pedidos não solicitados (incoerência entre a Nota Fiscal e a carga entregue).
4. Alta taxa de devolução de carregamentos inteiros, ocasionada pelos problemas acima e também pelo descrédito com o cliente, que o torna menos tolerável a qualquer erro na entrega.

O principal retorno esperado por esse setor é diminuir os erros mais comuns de carga: **avaria** (produtos danificados), **falta** (quantidade incoerente) e **inversão** (produtos invertidos). A finalidade deste departamento é controlar o índice de qualidade de entrega (QE) que hoje é inferior ao do mercado e também reconquistar a credibilidade com os clientes.

- **Planejamento Logístico**

A equipe de Planejamento Logístico Nacional - responsável pela ponte entre a diretoria logística e a gerência de operação - enxerga as variáveis de operação.

As expectativas desse setor são: aumentar a ocupação/cubagem por carregamento (concatenar diversos pedidos num mesmo caminhão a fim de aumentar sua ocupação e diminuir o custo por tonelada); contornar os recorrentes erros de *shelf-life* (entrega de produtos vencidos ou próximos da data de vencimento); ampliar a visão de toneladas dos indicadores, inserindo também o fator “caixa” (mais usado pelos clientes) e definir quais são os parâmetros-chave de avaliação da operação para garantir o sucesso dos processos.

- **Logística de Produto**

Já o grupo de *Logística de Produto* - incumbido pela previsão de vendas, gestão da entrada de novos produtos e saída de produtos descontinuados - observa os problemas relacionados à ocupação física dos estoques.

Dentre os problemas destacados estão as alterações contínuas das embalagens (que dificultam a organização dos *racks*) e a velocidade de inovação, que tem sido muito alta - em média a cada 3 meses - o que altera constantemente a saída e entrada de SKUs forçando a reorganização da posição dos produtos no estoque. A má gestão do CD dificulta uma adaptação às mudanças frequentes que a empresa tem enfrentado para se adequar ao mercado.

A expectativa desse setor é de que as melhorias nos processos do CD tragam, como consequência natural, maior facilidade na introdução da dinâmica de variações dos SKUs estocados. Além desses pontos, a equipe acredita que o bom funcionamento irá ampliar a visão de grupo para outros problemas que hoje são ocultados pela má gestão de CD.

Coletada todas as visões e objetivos individuais de cada setor, passou-se para o estudo dos processos que ocorrem no CD. Além disso, foram realizadas visitas locais e coleta de tempos

para a construção de um modelo de simulação, que serão abordados na seção 4.2 de Modelagem.

4.1.2 Descrição do Objetivo do Estudo

Tendo em vista os problemas apresentados nas entrevistas e o estudo dos processos do capítulo 2, pode-se definir que a natureza do foco deste estudo é operacional. Assim sendo, as dificuldades relatadas pelas equipes do projeto que são de natureza qualitativa serão consideradas como consequência do desempenho operacional dos processos no CD.

É evidente a dificuldade do CD de atender a demanda com eficiência. Isso se dá, principalmente, pelo alto fluxo de pedidos na região Sudeste (onde se encontra). Desta forma, o objetivo deste trabalho é aumentar a produtividade do CD com foco nas atividades operacionais. Assim sendo, este estudo tem como foco a melhoria do fluxo de saída de produtos, por meio da racionalização dos processos a serem modelados.

Para se buscar essa racionalização, também pode ser considerada a eventual necessidade de modificação do *layout* ou expansão da área atual.

Portanto, os indicadores a serem considerados na validação da proposta de melhoria a ser desenvolvida serão parâmetros de atendimento da demanda atual e futura. Em decorrência do alcance da produtividade esperada, espera-se obter conjuntamente um aumento nos índices de qualidade e serviço.

4.1.3 Descrição dos processos

Para poder medir os tempos, é necessário entender cada operação dos processos estudados. Os processos mais relevantes que serão reproduzidos na simulação do CD são: *Inbound*, *Outbound*, *Picking* e Devolução. A relação destes processos está descrita na Figura 2-1 no Capítulo 2 (Revisão da Literatura).

4.1.3.1 *Inbound*

Este processo caracteriza o fluxo de entrada de mercadorias no CD e é composto pelas operações a seguir:

- **Check In** (local: Portaria): O motorista apresenta documentação necessária na portaria, o assistente insere dados no sistema WMS (*Warehouse Management System* - Sistema

de Gerenciamento de Armazéns) interno e direciona o veículo para a doca ou para a vaga interna.

- **Recebimento** (local: Doca): O veículo é direcionado para uma doca pela portaria e o auxiliar logístico I de *Inbound* se desloca até o local para iniciar o recebimento; através de um dispositivo coletor de dados por Rádio Frequência (RF) - dispositivo coletor de dados, vide Figura 4-1. O auxiliar identifica a doca e faz o recebimento de cada palete bipando a *License Plate Number* (LPN) que é a etiqueta de identidade dos paletes e o código de referência do *Stage* de *Inbound* onde está sendo depositado. Finalizando o recebimento, realiza o procedimento de fechar a doca.



Figura 4-1- Coletor de Dados RF (fonte: 4next.com.br)

- **Replicação de LPN** (local: Doca): Após o término do recebimento, o auxiliar logístico I de *Inbound* bipa a LPN do paleta e imprime uma nova LPN padrão para posicionamento adequado para empilhadeira.
- **Armazenagem de Produtos** (local: Armazém): O operador de empilhadeira de *Inbound* pega o paleta no *Stage* de *Inbound* bipando sua LPN e recebe pelo sistema WMS a posição de *rack* onde este paleta deve ser armazenado. O operador leva o paleta e bipa a placa de identificação da posição para armazenagem no local indicado.
- **Check Out** (local: Portaria): O motorista apresenta documentação necessária na portaria e o assistente de segurança patrimonial realiza a vistoria do veículo para liberar a saída do CD.

4.1.3.2 *Picking*

Este processo caracteriza a seleção e transporte de produtos dentro do CD para o *Outbound* e é composto pelas operações a seguir:

- **Separação Case Picking** (local: Armazém): O auxiliar logístico I de *Picking* recebe uma lista de tarefa virtual, escaneia a LPN e realiza a separação. Em cada endereço faz o procedimento de *countback* (contagem da quantidade restante em estoque) e, estando correto, vai para a próxima posição; estando incorreto, o *countback* aciona o inventário que faz a checagem do endereço e libera o auxiliar para a próxima posição. Finalizada a lista, o sistema WMS direciona o auxiliar para depositar o palete no *Stage* de *Outbound*.
- **Tarefa de PD** (local: Armazém): O auxiliar logístico I de *Picking* recebe pelo sistema a posição de *Pallet Drop* (PD) que é o local onde um paleta é temporariamente estocado com pedido de carregamento. No local, bipa a LPN do paleta e o sistema WMS indica onde deve depositá-lo. O auxiliar logístico I de *Picking* deposita o paleta bipando a placa de identificação do *Stage* de *Outbound* e recebe a próxima tarefa pelo sistema.

4.1.3.3 *Outbound*

Este processo caracteriza o fluxo de saída de mercadoria no CD e é composto pelas operações a seguir:

- **Check in/Check out** (local: Portaria): Controle sistêmico da entrada e saída dos caminhões com operação idêntica à de *Inbound*.
- **Separação de Paletes** (local: Armazém): O auxiliar logístico I de *Outbound* recebe uma instrução de tarefa e se desloca até a posição de separação indicada (no PD ou Armazém). No local, bipa a LPN do paleta separado e o sistema WMS indica onde deve depositá-lo no *Stage* de *Outbound*. O auxiliar logístico I de *Outbound* deposita o paleta bipando a placa de identificação da posição no *Stage* de *Outbound* e recebe pelo sistema a instrução da próxima tarefa.
- **Conferência de Carga** (local: *Stage*): A partir do relatório de conferência de carga em que constam LPNs, SKUs e quantidades, o auxiliar logístico I de *Outbound* realiza a conferência física dos produtos no *Stage* de *Outbound*. Em caso de divergência, deve apontá-la no relatório para tratativa; ao finalizar a conferência, o supervisor assina o relatório.
- **Montagem de Carga** (local: *Stage*): O auxiliar logístico I de *Outbound* recebe o *check list* de customização e relatório de LPNs da carga. Na posição do *Stage* de *Outbound*

indicada, realiza a montagem da carga de acordo com a customização definida e critérios de empilhamento (ordem recomendada da disposição dos produtos) que consideram a fragilidade dos produtos. Após a montagem, o auxiliar assina o *check list* e encerra a operação.

- **Carregamento de Produtos** (local: *Stage* e *Doca*): O auxiliar logístico II de *Outbound* recebe o relatório da atividade de carregamento e se direciona até a doca indicada. Após realizar o preenchimento do relatório e *check list* de inspeção do veículo, inicia o carregamento bipando a placa de identificação da doca. A cada paleta a ser carregado, o auxiliar logístico II de *Outbound* bipa a sua LPN, a posição da doca e move o paleta do *Stage* de *Outbound* para o baú (caminhão). Ao finalizar o carregamento, lacra o veículo e registra no sistema através do dispositivo de RF e encerra a operação.
- **Emissão de Nota** (local: *Despacho*): O motorista apresenta a documentação do carregamento e o funcionário realiza a conferência entre o sistema da empresa terceirizada e o software interno de gestão de clientes da empresa, para validar saldos e realizar o processo de faturamento.
- **Liberação de Nota** (local: *Despacho*): Após aprovação de faturamento (por meio de um sistema integrado à SEFAZ), o assistente imprime as notas fiscais (NFs), valida e as entrega ao motorista. Os veículos ainda passam pela "Gestão de Risco" e aqueles com carga de valor elevado recebem um equipamento de monitoramento da carga que é inserido na cabine do cavalo mecânico e no baú do caminhão. Caso o GPS aponte que a cabine e o baú estão indo para direções opostas, um alarme é acionado.

4.1.3.4 Devolução

Este processo também caracteriza o fluxo de entrada de mercadoria no CD, assim como o *Inbound*, no entanto refere-se a cargas de Devolução. Por serem cargas devolvidas, a operação de estocagem é diferenciada, visto que é necessária a avaliação da condição do produto para rearmazená-lo. Esse processo é composto das seguintes operações:

- **Devolução de paletes** (local: *Doca* e *Stage*): O veículo é direcionado para uma doca pela portaria e o auxiliar logístico I de Devolução se desloca até o local para iniciar o recebimento. Cada pilha de paletes é depositada na área destinada a este recebimento.

O auxiliar realiza a contagem e conferência com a nota e, se a quantidade estiver correta, a operação é finalizada com liberação do motorista.

- **Devolução de Produtos** (local: Doca e *Stage*): O veículo é direcionado para uma doca pela portaria e o auxiliar logístico I de Devolução se desloca até o local para iniciar o recebimento. O auxiliar faz o recebimento físico de cada palete até o *Stage* de Devolução. Finalizando o recebimento, realiza a separação dos produtos por famílias e SKUs em paletes vazios e registra o recebimento no sistema WHS bipando a posição da doca, a LPN e o local onde o palete será depositado. Após o recebimento, o auxiliar fecha a carreta para liberação do veículo.
- **Reverse Picking** (local: Armazém): É o processo inverso ao *Picking*, em que o auxiliar guarda os itens no estoque ao invés de coletá-los. O auxiliar logístico I de Devolução bipa as LPNs do palete e o sistema WHS indica onde deve depositá-lo. O auxiliar deposita o palete bipando a placa de identificação da posição de *Picking* indicada e se direciona ao *Stage* para iniciar a próxima tarefa.
- **Retrabalho** (local: Maquila): O auxiliar logístico I da Maquila realiza a triagem na área de avarias e direciona o que tem potencial de restauração para a área de Maquila (área de recuperação de produtos danificados). O que não pode ser recuperado é descartado e aqueles em condições aceitáveis são movimentados para a mesa de retrabalho juntamente com nova embalagem para cada produto. Após o retrabalho a caixa é reetiquetada com nova LPN e direcionada de volta para o estoque.

4.1.4 Fluxogramas dos processos

Os processos vistos na seção 4.1.3 podem ser separados em processos de entrada de produtos (*Inbound* ou Devolução); fluxo interno de produtos (*Picking*) e saída de produtos (*Outbound*).

Com a finalidade de gerar um modelo computacional que simule as operações desses processos, as etapas citadas anteriormente são esquematizadas nesta seção para facilitar a sua visualização e a posterior implementação no software. Nesta seção, são retomados os conceitos de mapeamento de processos descritos na seção 2.2 utilizando a simbologia da Figura 2-7.

A Figura 4-2 define os símbolos que serão utilizados para construir os fluxogramas. A Figura 4-3 delimita as divisões internas do CD e seus processos, sendo as regiões em verde indicadas

para *Inbound*, em vermelho para *Outbound*, em azul para Devolução, em amarelo para *Picking* e em branco para as áreas compartilhadas.

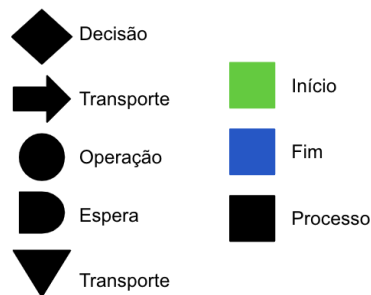


Figura 4-2 - Símbolos representativos de um fluxograma

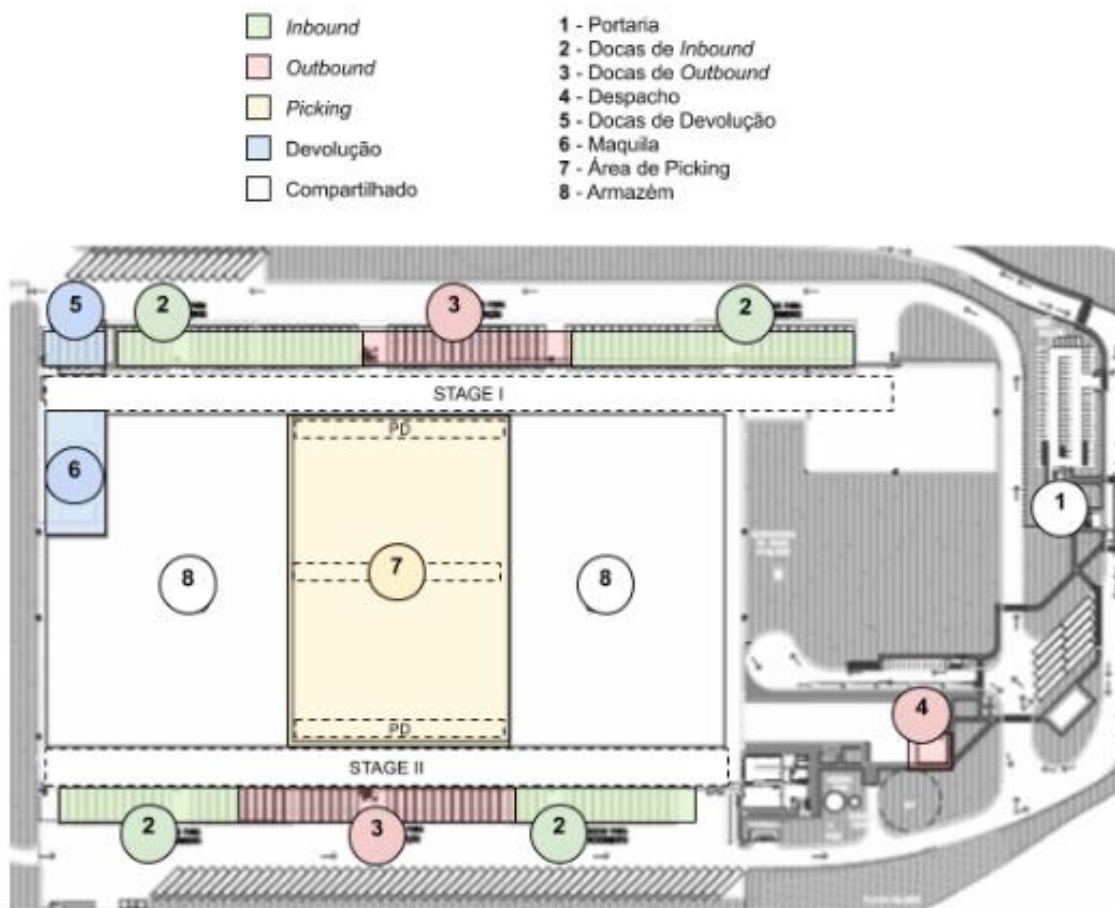


Figura 4-3 - Planta do CD

A portaria localiza-se na posição 1, no extremo direito da Figura 4-3, sendo responsável pelos processos de *check-in* e *check-out*, seja nos processos de entrada (*Inbound*/Devolução) como no de saída (*Outbound*). As regiões em verde (2) são as representações das docas dedicadas para o descarregamento de mercadoria no *Inbound*, já as docas da região 3 (em vermelho) são reservadas para o carregamento dos caminhões no *Outbound*. A região 4 também faz parte de

Outbound e representa o prédio de Despacho, onde ocorre a emissão das notas fiscais para saída das cargas.

As regiões em azul são dedicadas ao processo de Devolução. A região 5 é dedicada ao recebimento dos produtos devolvidos e a região 6 é onde ocorre o processo de avaliação do estado da mercadoria, sua possível recuperação e a armazenagem para o *Reverse Picking*.

Na região 7, em amarelo, ocorre o processo de *Picking*, ou seja, é a região onde são feitas as coletas de caixas de produtos para montar um pedido. O primeiro andar (térreo) é reservado para os paletes abertos dos quais as caixas podem ser retiradas. Os demais andares são utilizados para estoque de palete completo, assim como ilustrado na Figura 2-5, no capítulo 2. Nesta região estão localizados o PD - posição temporária dos paletes montados antes de seguirem para o *Stage de Outbound*.

O tipo de *Picking* utilizado no CD é *man-to-goods* com uma junção de *Picking* por Zona e *Picking* por Lote (Tabela 1 no Capítulo 2). Isto ocorre porque os pedidos de um mesmo carregamento são agrupados em lotes por correlação de produtos, passando-se as tarefas a diversos *pickers* que fazem a coleta simultânea por Zona para finalização do pedido em um único turno.

Além disso, na região 7 ocorre também a armazenagem ou retirada de produtos nos andares superiores (*Inbound* ou *Outbound*, respectivamente), vide Figura 2-5.

A região 8 é utilizada apenas para o estoque de paletes completos. Portanto, compreende tanto o processo de *Inbound*, na etapa de armazenagem da mercadoria recebida, como o processo de *Outbound*, na coleta de pedidos de paletes inteiros.

Vale ressaltar que a área de *Stage* está localizado em frente às docas e é utilizada para o depósito de paletes recebidos (*Inbound*) ou de paletes prontos para o carregamento (*Outbound*). No caso de *Inbound*, 100% dos paletes contém apenas um SKU. Já para *Outbound*, pode haver tanto paletes completos por um SKU, quanto paletes fracionados (em que são agregados mais de um SKU). Os paletes fracionados são advindos do processo de *Picking*, mas não estão necessariamente nas dimensões e composição desejadas para o carregamento no caminhão. Assim sendo, no *Stage de Outbound* ocorre também a agregação dos paletes fracionados, buscando otimizar a ocupação do caminhão e customizar a carga para o cliente.

Os tempos das operações (Oi) apresentadas nos fluxogramas a seguir estão descritos na Tabela 5 e na Tabela 7 deste capítulo. As operações estão codificadas como "Oi" e descritas igualmente na Tabela 5.

Os tempos de espera são decorrentes das condições de funcionamento do sistema e serão gerados automaticamente pelo ProModel na simulação. Por fim, os tempos de deslocamento são obtidos em função da velocidade do operador ou equipamento de transporte (Tabela 6) e da distância percorrida durante a simulação.

4.1.4.1 Fluxograma do processo de *Inbound*

A Figura 4-4 descreve o fluxo de entrada dos caminhões de *Inbound* até o descarregamento. A Figura 4-5 ilustra o fluxo dos produtos advindos do recebimento até sua estocagem e a Figura 4-6 descreve o caminho de saída dos caminhões vazios do CD.

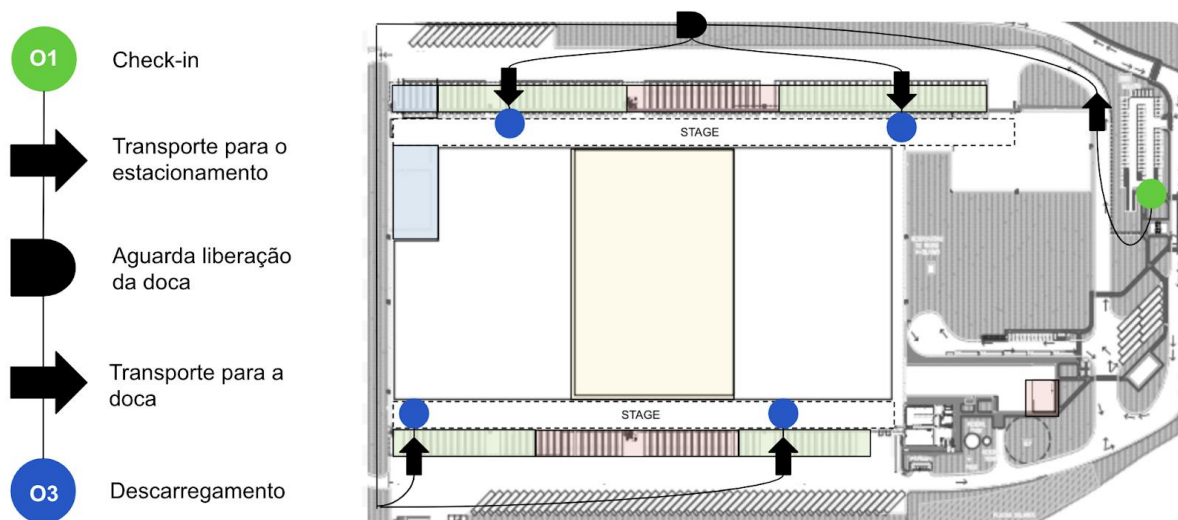


Figura 4-4 - Fluxograma do processo de *Inbound* - entrada dos veículos

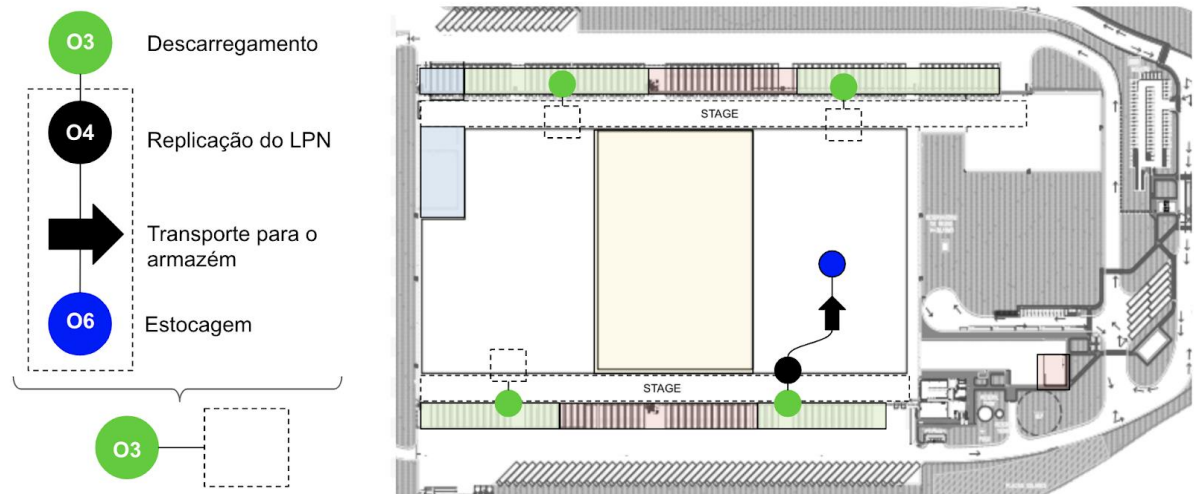


Figura 4-5 - Fluxograma do processo de *Inbound* - estocagem dos produtos

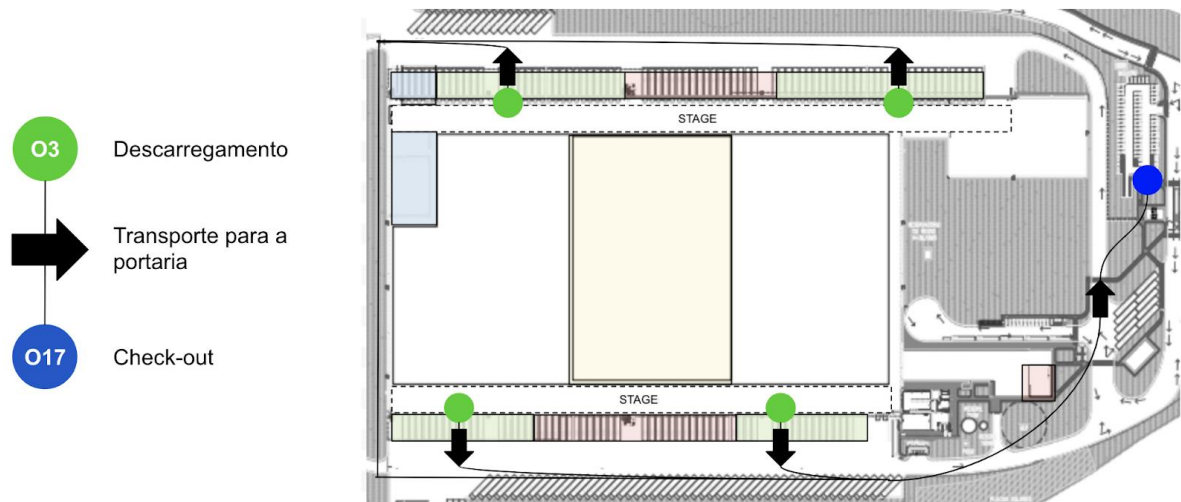


Figura 4-6 - Fluxograma do processo de *Inbound* - saída dos veículos

4.1.4.2 Fluxograma do processo de Devolução

O trajeto de entrada de veículos na Devolução está descrito pela Figura 4-7, sendo semelhante ao de *Inbound*, alternando apenas a região das docas disponíveis. Já as etapas de recebimento são diferenciadas, seguindo o esquema da Figura 4-8. A Figura 4-9 ilustra a saída dos caminhões de Devolução.

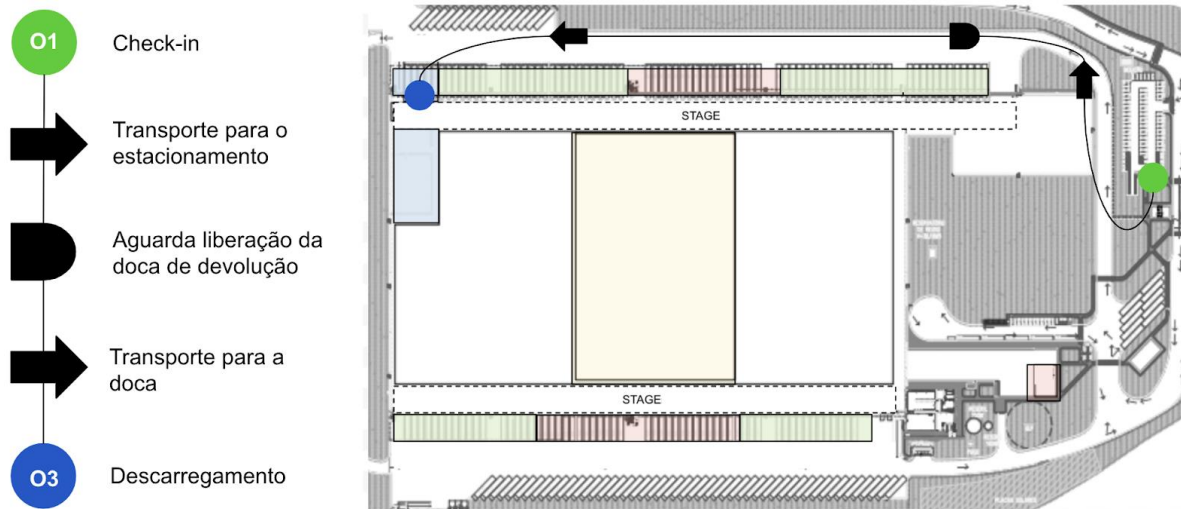


Figura 4-7 - Fluxograma do processo de Devolução - entrada dos veículos

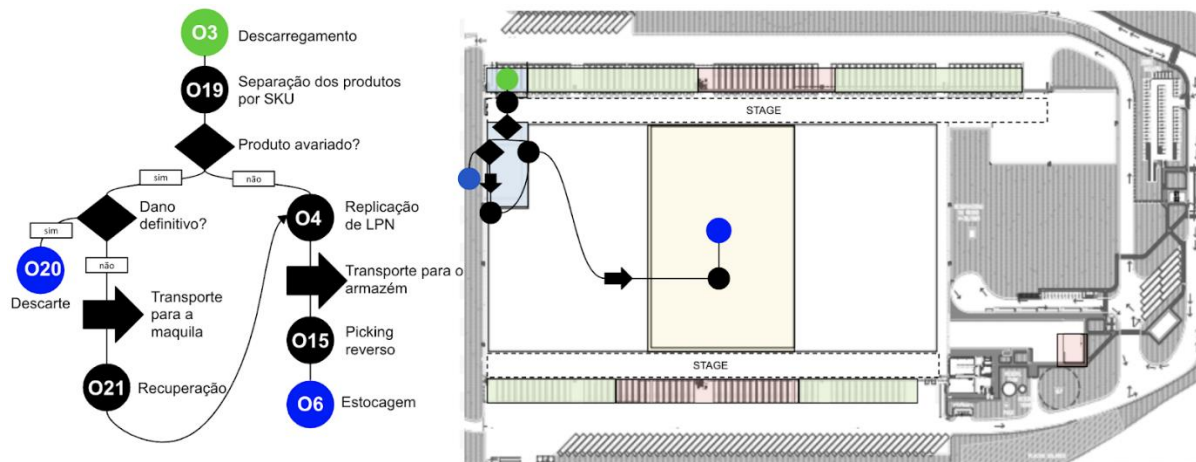


Figura 4-8 - Fluxograma do processo de Devolução - estocagem ou descarte de produtos

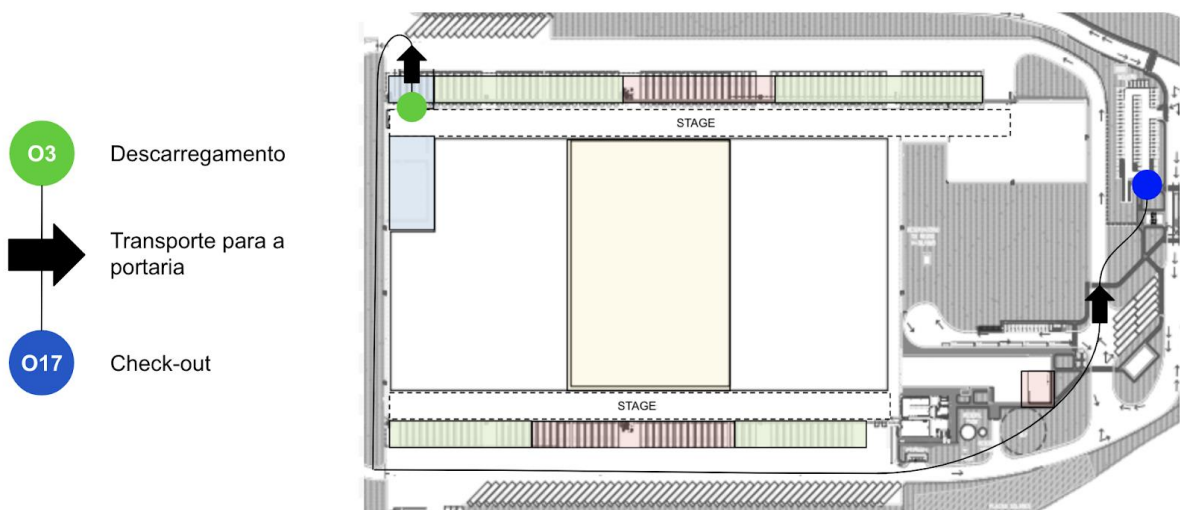


Figura 4-9 - Fluxograma do processo de Devolução - saída dos veículos

4.1.4.3 Fluxograma do processo de *Outbound*

A Figura 4-10 descreve o fluxo de entrada dos caminhões de *Outbound* até o descarregamento. A Figura 4-11 ilustra o fluxo dos produtos advindos do armazém e da área de *Picking* até o carregamento do veículo e a Figura 4-12 descreve o caminho de saída dos caminhões cheios do CD.

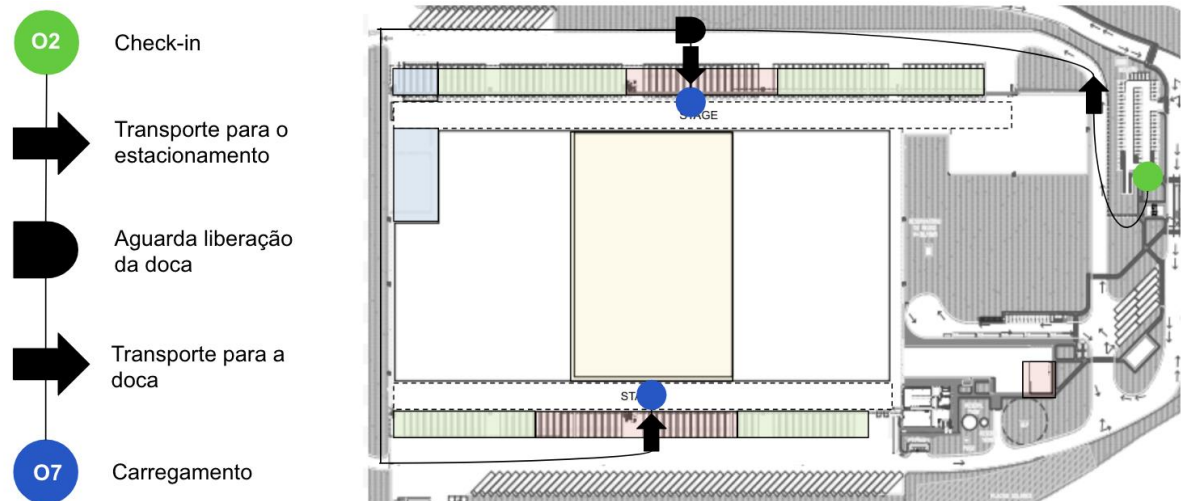


Figura 4-10 - Fluxograma do processo de *Outbound* - entrada dos veículos

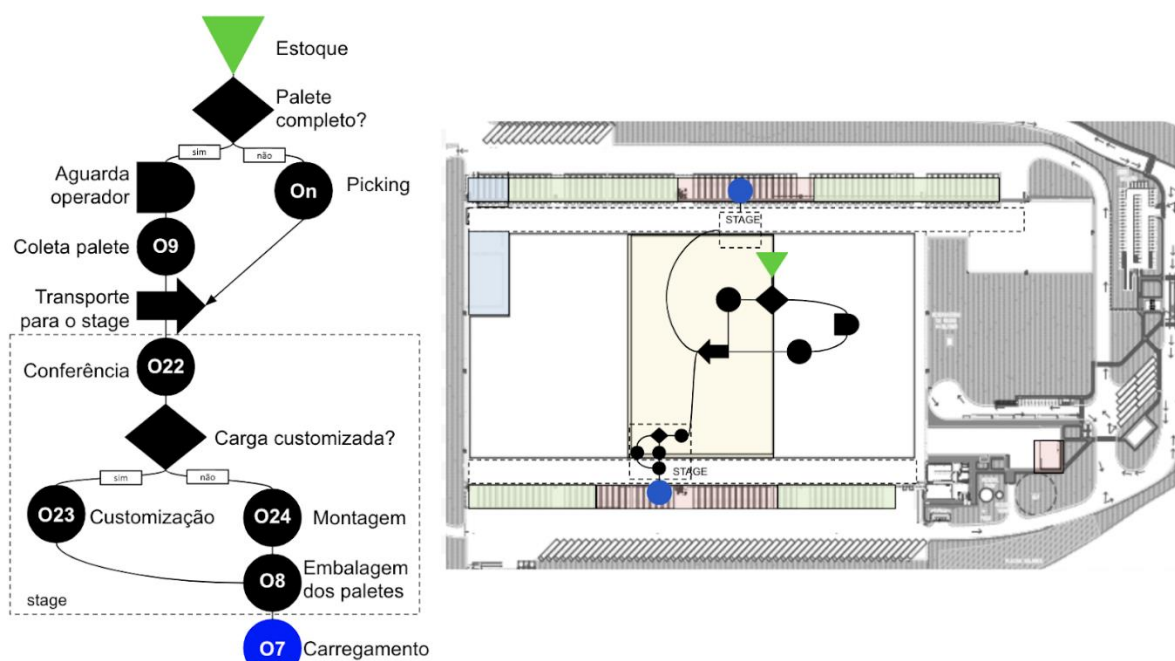


Figura 4-11- Fluxograma do processo de *Outbound* - carregamento dos veículos

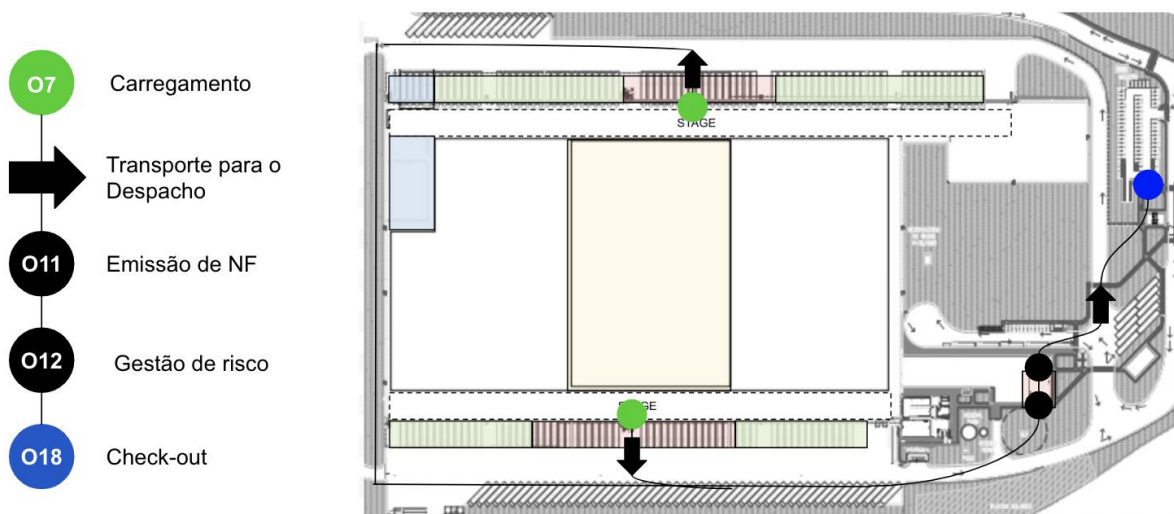


Figura 4-12 - Fluxograma do processo de *Outbound* - saída dos veículos

4.1.4.4 Fluxograma do processo de *Picking*

A Figura 4-13 descreve o processo de seleção dos produtos para montagem de um pedido, desde a chegada do pedido até o posicionamento da mercadoria para o processo de *Outbound*. Já a Figura 4-14 esquematiza o reabastecimento da área de *Picking*, isto é, o transporte de paletes completos do armazém até a região de coleta (região 7, Figura 4-3). O reabastecimento é feito sempre que o estoque numa posição-paleta se esgota, com o objetivo de não travar o *Picking* por falta de abastecimento.

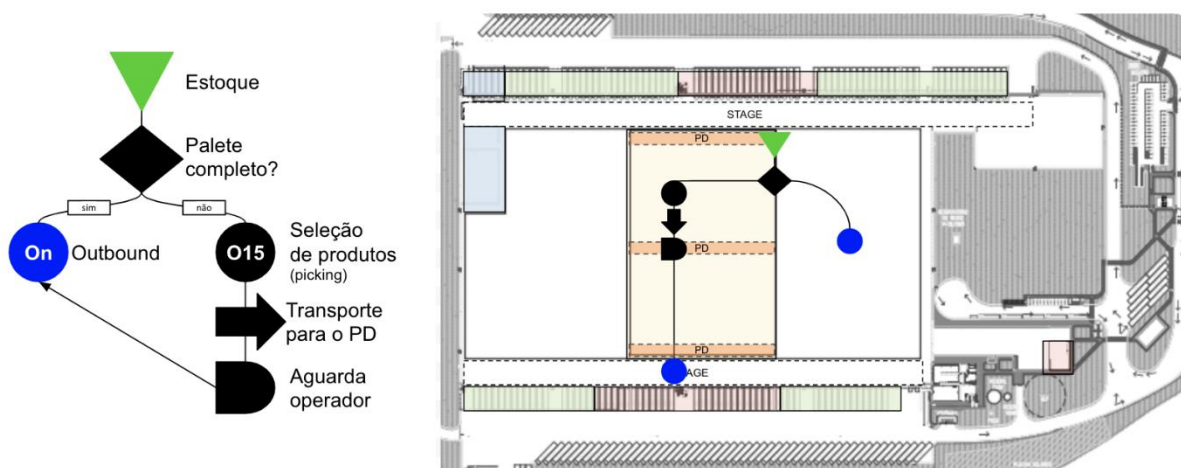


Figura 4-13 - Fluxograma do processo de *Picking* - coleta de produtos

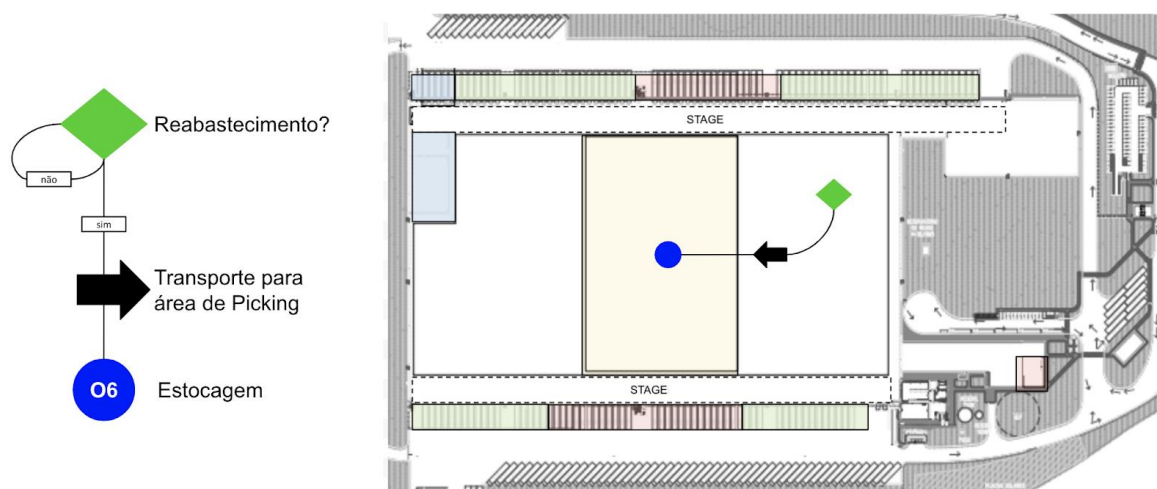


Figura 4-14 - Fluxograma do processo de *Picking* - reabastecimento

4.1.5 Definição de Premissas para Modelagem

Alguns parâmetros fundamentais não podem ser desconsiderados na construção do modelo de simulação (seja por exigência legal ou administrativa). Tais requisitos ou condições devem ser observadas como premissas fundamentais na modelagem e estão divididas em quatro categorias, quais sejam: layout, armazenagem, movimentação, operações e manutenção.

- **Layout e Armazenagem**

As premissas de layout e armazenagem que devem ser consideradas na concepção dos cenários a serem simulados são enumeradas abaixo:

- 1) A área de armazenagem de Aerossol não pode ser deslocada (por motivos de segurança).
- 2) A área de Devolução deve se situar ao lado da área de retrabalho (por fim de praticidade e menor deslocamento).
- 3) A área de armazenagem receberá produtos de HPC, FOODS e Aerossol (necessária a permanência de todas as categorias, já que os pedidos são compostos de itens pertencentes a estas 3 famílias).
- 4) Os paletes devem ser estocados de acordo com a regra escolhida pelo sistema informatizado de gerenciamento da distribuição de SKUs no armazém (não cabe a este trabalho alterar a lógica desse sistema de armazenagem).
- 5) Produtos do tipo aerossol devem ficar posicionados num ambiente específico do CD (questão de segurança).

- 6) Produtos FOODs e HPC devem respeitar uma distância de pelo menos 3 metros na estocagem (questão de segurança e controle de qualidade da família FOODs).
- 7) Área de *Picking* e área de retrabalho "Maquila" devem ser consideradas como estoque e respeitar suas regras (facilitador de controle de estoque);
- 8) O *Stage* de *Outbound* poderá ser ocupado simultaneamente por produtos FOODs e HPC desde que não ultrapasse o tempo de 72 horas (questão de segurança e qualidade);
- 9) Tanto as posições do *Stage*, quanto as docas são multifuncionais. Isto é, existe uma separação inicial entre posições de *Inbound* e posições de *Outbound*, mas sua função pode ser cambiadas de acordo com a necessidade.
- 10) Da mesma forma, os auxiliares logísticos I podem executar tarefas de *Outbound*, *Inbound* e *Picking*, mesmo que tenham sido alocados inicialmente para um processo específico.
- 11) Somente nos *Stages* os produtos HPC e FOODs poderão permanecer próximos sem respeitar a distância de 3 metros (questão de segurança e qualidade);
- 12) Alguns paletes possuem limitação de dimensões e devem ser estocados em locais específicos (questão de organização e otimização de espaço).
- 13) A área de *Picking* fica localizada no centro do CD (questão de organização e lógica do sistema de armazenagem);
- 14) Os *Stages* de *Outbound* também ficam localizados estrategicamente no centro do CD, próximos às áreas de *Picking* (questão de organização e lógica do sistema de movimentação);

- **Movimentação e Operações**

As premissas apontadas a seguir dizem respeito às condições para a execução de movimentações e operações:

- 1) O transporte interno é feito por empilhadeiras, transpaleteiras elétricas e transpaletes manuais (Figura 4-15):
 - a) As empilhadeiras podem se deslocar até o *Stage* (de *Outbound* ou de *Inbound*) para depósito e retirada de paletes.
 - b) Para o *Picking*, podem ser utilizadas paleteiras manuais ou transpaleteiras elétricas.



Figura 4-15- Equipamentos de transporte interno (fonte: variemaq.com.br)

- 2) As máquinas utilizadas para o retrabalho e Devolução são dedicadas (otimização dos equipamentos);
- 3) Os veículos de expedição devem passar pelo Despacho sendo que há dois modos de expedição desses veículos: pode ser de "entrega direta" quando é encaminhado diretamente ao cliente ou de *Transfer Point* (TP), quando tem de passar por um centro de customização que prepara as cargas e depois as encaminha para o destino final (questão administrativa).
- 4) Produtos de Devolução em boas condições são direcionados para as áreas de *Picking* (questão administrativa de estoque).
- 5) Alguns carregamentos têm prioridade para a utilização de docas, enquanto o restante (não prioritários) aguardam pela disponibilidade de docas vazias (questão de lógica do sistema de ocupação);
- 6) Não é permitido remontar/sobrepor HPC e FOODs no mesmo palete sob nenhuma condição durante a operação O24 de montagem (Tabela 7, seção 4.2.2.6) por questão de qualidade da família FOODs;
- 7) Cargas de clientes específicos podem passar pela operação O23 de customização (Tabela 7, seção 4.2.2.6), por questão administrativa de serviço.
- 8) O número de docas é limitado, sendo que elas podem receber veículos tanto de *Inbound* como de *Outbound* (questão de lógica do sistema de ocupação);
- 9) A carga horária de trabalho é dividida em três turnos: manhã, tarde e noite (questão administrativa);

10) As operações O19, O20 e O21 da Devolução (Tabela 7, seção 4.2.2.6) não serão modeladas, pois há um espaço dedicado para Devolução, e sua ocupação não interfere, portanto, nas demais operações.

- **Manutenção**

Finalmente, é preciso considerar a seguinte premissa de manutenção:

1) As máquinas param com frequência pré-determinada para manutenção programada (manutenção preventiva para evitar custos por falhas) e também podem sofrer paradas não programadas (manutenções corretivas motivadas por falhas).

4.2 Modelagem

Esta seção apresenta os conceitos da modelagem computacional e seus benefícios, descreve as entradas do modelo a ser construído, detalha os processos a serem simulados e os testes para validação do modelo.

A modelagem computacional é uma ferramenta muito vantajosa para a tomada de decisões em cenários industriais complexos inclusive naqueles que envolvem a cadeia logística como um todo.

Simulação consiste no “processo de construir um modelo lógico matemático de um sistema real e de experimentá-lo, normalmente com auxílio de um computador” (PRITSKER, 1986), permitindo a chegada de conclusões sobre sistemas sem realmente construí-los, caso ainda não existam ou sem transformá-lo, no caso de um sistema já implementado. Isso acarreta uma economia significativa de custo e de tempo.

Ao evidenciar quais operações devem ser realizadas em conjunto e interativamente, estabelece um referencial, próximo de um passo-a-passo, para realização do trabalho. Neste trabalho, todas operações mencionadas na seção 4.1.3 serão consideradas no modelo de forma a melhor representar a sua realidade. Para isso, será necessário entender e estudar a melhor maneira de inserir os dados coletados no sistema real.

4.2.1 Adaptação da realidade para o modelo computacional

Um CD pode ser entendido como um sistema de operação cujo estado se altera conforme determinados tipos de evento ocorrem (por exemplo, a alteração do nível de estoque quando um operador muda a posição de um objeto o que configura uma alteração discreta). Assim sendo, o presente trabalho basear-se-á na elaboração e aplicação de um modelo para simulação computacional de eventos discretos.

Optou-se pela construção de um modelo para simulação baseado nas distribuições de tempo obtidas por meio da cronoanálise (medição dos tempos de processos) e nos *inputs* (dados de entrada) que descrevem o sistema em um período de referência.

Para a construção do modelo foi escolhido o software ProModel, dados os recursos técnicos que oferece para o tratamento de problemas de manufatura e logística. Ele é uma das plataformas para simulação computacional mais completas do mercado, que viabiliza a programação detalhada do sistema estudado e facilita a visualização dos *outputs* (resultados), já que fornece gráficos pré-programados para exibição de indicadores operacionais dos recursos modelados (por exemplo: ociosidade), bem como para plotagem de séries temporais e histogramas de variáveis do sistema em análise.

Antes de partir para o detalhamento da Modelagem, vale explicar brevemente alguns elementos essenciais para construção de qualquer modelo aplicando o ProModel, são eles: locais, entidades, processos e recursos.

- **Local** (*location*): é um lugar imóvel em que ocorre transformação, passagem, operação ou armazenamento de entidades. Exemplos: estoques, máquinas, filas, esteiras, balcão de atendimento, docas, etc.
- **Entidade** (*entity*): é aquele item sujeito a modificações no sistema, o objeto de estudo cujo fluxo de entrada e o controle de saída são monitorados. Exemplo: produtos, veículos, clientes, etc.
- **Processo** (*process*): é a **operação** sofrida pela entidade em cada local e seu deslocamento de um ponto a outro. Exemplo: moldar uma matéria-prima no torno, dividir ou aglomerar entidades (abrir uma caixa ou montar pacotes), deslocar um produto do local 1 para o local 2, etc.

- **Recurso** (*resource*): é tudo aquilo que é utilizado no avanço das entidades em seu fluxo. Exemplos: o funcionário que opera uma máquina, um equipamento que transporta a entidade de A para B, etc.

Além desses, os seguintes elementos, permitem incorporar lógicas essenciais para o controle da dinâmica de simulação do sistema:

- **Chegadas de entidades:** determina a frequência, ocorrência e quantidade de entidades que são criadas e entram no modelo.
- **Rede de caminhos:** no caso de haver trajetos com distâncias e tempos específicos, é necessário representá-los desenhando redes de caminhos para a movimentação dos recursos. Caso isso não seja especificado, o ProModel admite que a movimentação ocorre na menor distância entre dois pontos.
- **Atributos e variáveis:** podem ser aplicados para facilitar a lógica da programação e o controle de indicadores. Por exemplo: o **atributo** de uma entidade pode ser utilizado para definir a rota que ela irá seguir (ex: entidade com o atributo “defeito” sai do processo; entidade com o atributo “sem defeito” segue a linha de produção). Uma **variável** pode ser definida como um indicador de qualidade de serviço medindo o tempo de fila de um cliente (mede o tempo que a entidade cliente espera para ser atendida, podendo gerar gráficos de séries temporais que mostram sua variação ao longo da simulação).

Por meio dos gráficos e tabelas de dados coletados na simulação, o ProModel possibilita analisar os resultados em comparação aos da situação real, identificar problemas (ex: gargalos) e estudar soluções para o cenário examinado.

Além desses pontos, vale destacar que oferece a possibilidade de acompanhar visualmente o comportamento do modelo durante a simulação, bastando para isso habilitar a opção de animação antes da execução.

4.2.2 Definição dos dados de entrada

Aqui serão descritos todos os *inputs* (entradas) necessários para o funcionamento do modelo. Dentre eles: **período da simulação, posicionamento do estoque, movimentação dos recursos, entrada de entidades, gestão de tarefas e tempos dos processos.**

4.2.2.1 Período da Simulação

É preciso determinar o horizonte de simulação do modelo, que representa o intervalo de tempo de cada rodada de simulação. Este período pode ser de algumas horas, dias, semanas, meses ou anos, dependendo do sistema estudado e propósito do estudo.

Para definir este intervalo é necessário entender o comportamento dos dados históricos e identificar ciclos de comportamento (sazonalidade). Isto é, verificar se entre o início e fim de um ciclo todas ou a maior parte das variações que o sistema apresenta estão contidas e se isso se repete a cada novo ciclo.

Analisando as séries temporais de movimentações no CD, notou-se que nas duas primeiras semanas de todos os meses, ocorre um volume de entrada de produtos (*Inbound*) consideravelmente maior. Já nas duas últimas semanas concentravam-se as atividades de *Outbound*. Todo mês este comportamento se repete, variando apenas a demanda sazonal dos pedidos. Os gráficos das Figuras 4-16 e 4-17 mostram esse comportamento para o mês de setembro, sendo que o primeiro ilustra a movimentação combinada (*Inbound* + *Outbound*) em toneladas e o segundo a movimentação combinada de caixas. Com base neste comportamento recorrente que ocorre em cada mês, optou-se pela modelagem com período mensal.

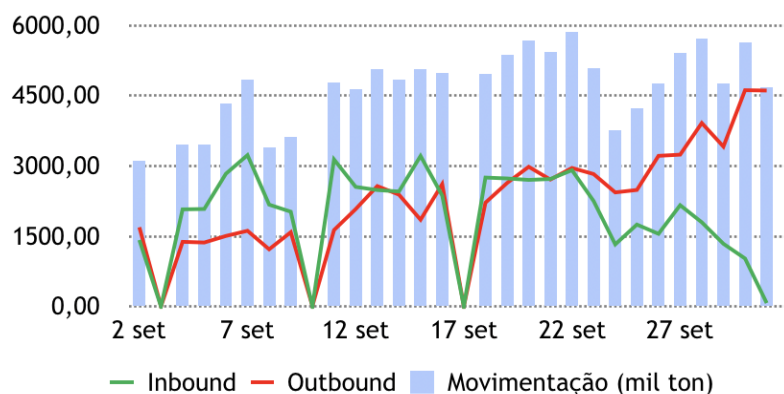


Figura 4-16 - Movimentação combinada em toneladas

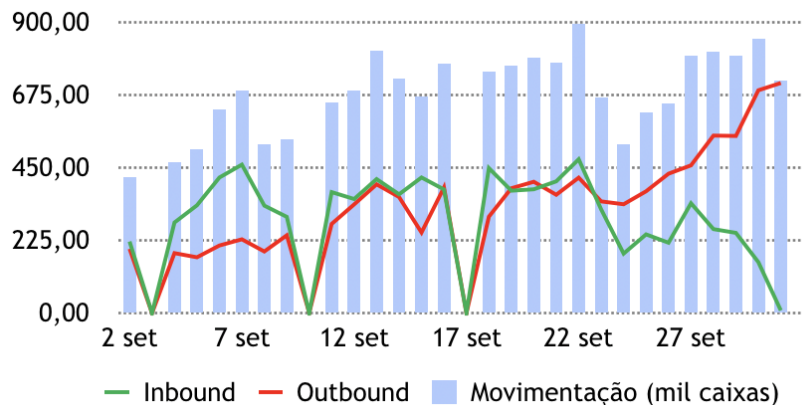


Figura 4-17 - Movimentação combinada em caixas

Com o auxílio das Figuras 4-16 e 4-17 pode-se visualizar que nas primeiras duas semanas de cada mês prevalece a entrada de produtos: a linha verde de *Inbound* sempre é superior à linha vermelha de *Outbound*. Na terceira semana (a partir do dia 18) a situação começa levemente a se inverter e na última semana praticamente toda a movimentação é referente ao *Outbound*: a série vermelha atinge seu pico no último dia do mês e a série verde chega a zero.

Isto não significa que o CD deixou de receber caminhões de *Inbound* e que todas as saídas são de *Outbound*. Esta é uma estratégia administrativa, que força o recebimento no início do mês e destina as últimas semanas para *Outbound*, utilizando o máximo possível da capacidade do CD para a saída de produtos no período em que se recebe uma maior demanda de pedidos.

Os caminhões que chegam para *Inbound* neste período aguardam no pátio a virada para o próximo mês para serem descarregados.

Outro ponto de ressalva são as quedas de movimentação ao final de cada semana, pois o CD não opera aos domingos, exceto nas duas últimas semanas do mês, que é o intervalo em que ocorre o pico das movimentações internas.

Uma vez definido o período de simulação, torna-se necessário definir o mês que será utilizado como referência para o estudo. Após as interações com as equipes em *workshops*, identificou-se setembro como o período que melhor representa o funcionamento do CD ao longo de um ano.

A Figura 4-18, mostra a movimentação em caixas desde setembro de 2018 até fevereiro de 2019. Como pode ser verificado, os últimos três meses de 2018 apresentam uma movimentação mais intensa, baixando consideravelmente o nível de estoque (região azul de saldo) no primeiro

mês ano e voltando a concentração natural em fevereiro de 2019. Vale ressaltar que dezembro foi um mês atípico, visto que concentrou alguns carregamentos e recebimentos de novembro (devido a questões de faturamento e fechamento anual). Assim sendo, o mês de setembro foi considerado o mais representativo, uma vez que apresentava uma movimentação expressiva e o nível de estoque controlado.

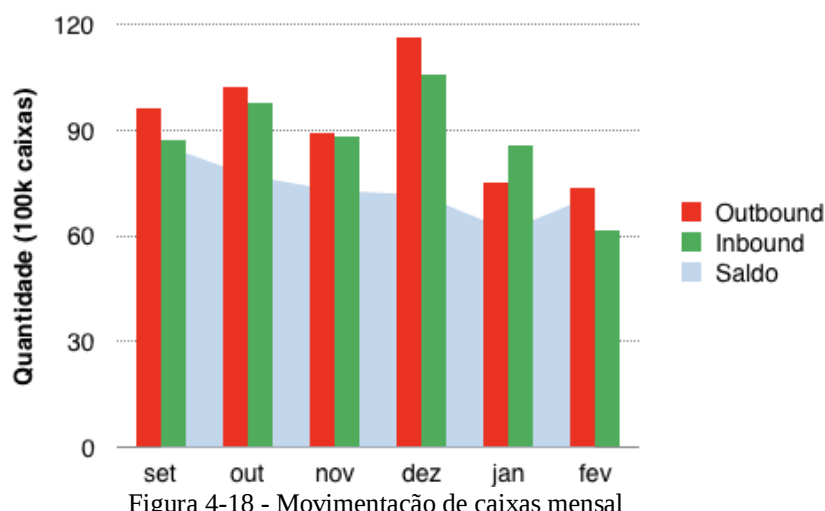


Figura 4-18 - Movimentação de caixas mensal

Definido o mês de setembro como o mês base para a Modelagem, dá-se continuidade à coleta de dados.

4.2.2.2 Posicionamento do estoque

Outro ponto importante para a simulação é entender qual o perfil de armazenagem por família, por classe ABC e qual sua representatividade na ocupação do CD. A Figura 4-19 representa a planta do CD e as especificações de layout. No centro, em azul, ficam os produtos da família HPC (higiene pessoal e cuidados com a casa), em vermelho são os produtos da família FOODs (alimentos) e na lateral direita, numa área isolada por questão de segurança, estão os produtos da família Aerossol.

Antes de analisar o posicionamento das classes ABC, vale lembrar que o fluxo de paletes completos para *Outbound* (paletes fechados, com apenas um SKU) ocorre nas duas extremidade do CD e a área central é destinada ao *Picking* (fluxo de paletes fracionados, ou seja, paletes com mais de um SKU). Desta maneira, fica mais fácil entender o posicionamento dos produtos A e B nas extremidades e C no centro.

Isto ocorre, pois na área de *Picking* a operação é feita por operadores com transpaleteiras, que percorrem as ruas a procura dos SKUs reservados para um pedido específico. Por questões de segurança, no mesmo corredor não pode haver movimentação simultânea de empilhadeiras e transpaleteiras. Portanto, para evitar o tráfego de empilhadeiras na busca de paletes completos, o armazenamento central é dedicado a produtos da classe C. Desta forma, a movimentação de empilhadeiras no **centro** do CD é praticamente 100% voltada para o abastecimento das posições *Picking*, que ficam no primeiro andar/térreo dos corredores. Vale ressaltar que toda área de *Picking* é composta por modelos de *single deep* (Figura 2-9), devido à alta rotatividade dos produtos dos produtos no térreo. As demais áreas utilizam a estrutura em *double deep* (Figura 2-9) para aumentar o potencial de armazenamento, exceto algumas regiões na área de FOODS, que devido ao prazo de válido curto, não podem seguir o método LIFO (capítulo 2, seção 2.4).

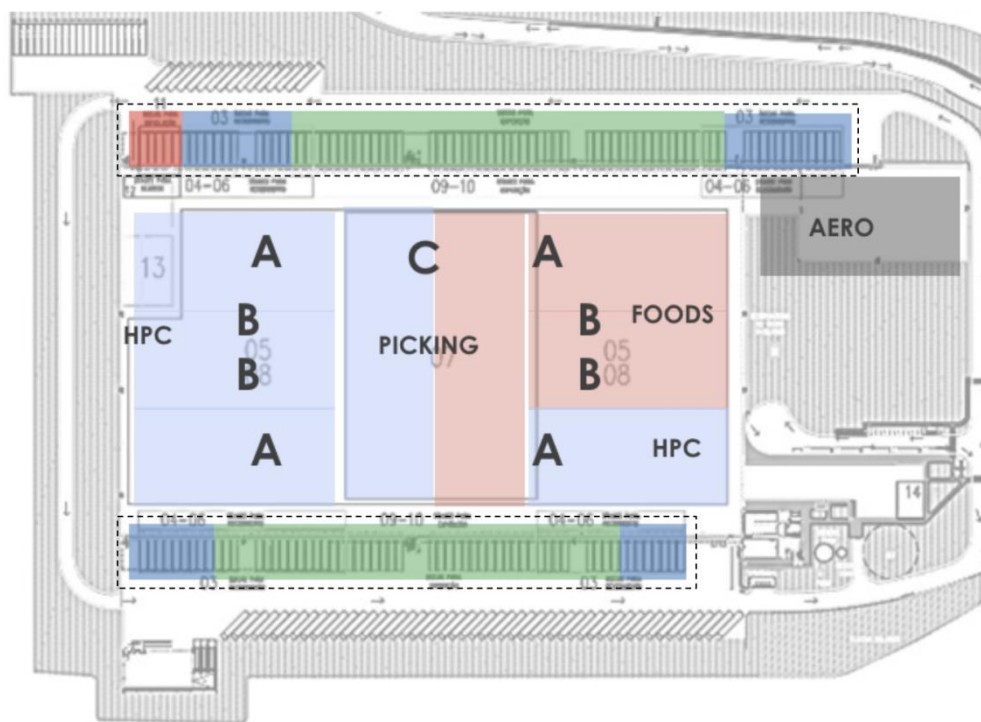


Figura 4-19 - Posicionamento do estoque segundo a família e classe de produtos

Outro ponto estratégico é o posicionamento dos produtos classe A próximo aos *Stages* (área pontilhada), encurtando a distância percorrida pelas empilhadeiras. Os produtos A e B ficam nas extremidades do CD pela mesma razão que os de classe C ficam no centro. Como a área central é reservada à formação dos paletes fracionados, as extremidades ficam livres para o trânsito de empilhadeiras. Os produtos de classe A e B são aqueles com maior giro, então a armazenagem e busca destes SKUs nas extremidades não interrompe o processo de *Picking*. Além disso, devido à alta demanda, muitos pedidos para essas classes são de paletes completos,

facilitando também o processo de *Outbound*. Esta lógica de armazenamento segue o conceito descrito no capítulo 2 de armazenagem de produtos ABC.

Em relação à porcentagem de ocupação dos produtos por família, a Tabela 2 mostra a representatividade das classes por família, o que corrobora a necessidade de separar o estoque em grupos A, B e C. Tomando como exemplo a família HPC, menos de 15% dos SKUs (classe A) ocupam 80% do estoque, já os produtos de classe C, em torno de 50% dos SKUs, representam uma ocupação de 5%. A Tabela 2 se mostra coerente com o gráfico de pareto da Figura 2-8 (seção 2.3), em que a distribuição dos produtos era de 20%, 30% e 50% para as classes A, B e C, respectivamente.

Tabela 2 - Taxa de ocupação por família

	HPC	FOODs	Aerossol
% de ocupação	% de SKU	% de SKU	% de SKU
80	14,18	36,16	17,3
95	31,53	37,74	32,08
100	54,29	26,1	50,62

No Apêndice está a disposição detalhada que foi utilizada como entrada do ProModel.

4.2.2.3 Movimentação dos recursos

O modelo também irá simular a movimentação dos recursos no CD. Por recurso, entende-se todo mediador que auxilia na movimentação/transformação de entidades.

Neste problema, as **entidades** são: os paletes, as caixas e os veículos. Já os **recursos** são: os **operadores** - funcionários que participam dos processos, seja em operações manuais, seja operando equipamentos - e os próprios **equipamentos** (empilhadeiras e transpaleteiras manuais e elétricas).

Os processos centrais a serem mapeados são: *Inbound*, *Devolução*, *Picking* e *Outbound*. Na seção 4.1 já estão detalhadas as operações realizadas em cada processo. Este item visa detalhar os movimentos dos processos anteriormente descritos e especificar os recursos incorporados a cada tarefa.

- **Fluxograma de *Inbound***

No recebimento, o auxiliar logístico 1 (operadores aptos a conduzir transpaleteiras) inicia o recebimento dos paletes do caminhão com auxílio de uma transpaleteira elétrica, movimentando a carga da doca para o *Stage* de *Inbound*. Simultaneamente, outro operador logístico 1 replica o LPN (etiqueta com código de barras utilizada para identificar o que há no palete). Esta etapa de replicação é facultativa, ela ocorre apenas quando os paletes chegam da fábrica com o posicionamento incorreto da etiqueta.

Assim que o carregamento acaba, o auxiliar logístico 1 disponível fecha a doca e então o armazenamento da carga com auxílio do operador de empilhadeira é iniciado. Este operador busca os paletes completos com auxílio de uma empilhadeira e os desloca do *Stage* até a posição de *rack* definida pelo sistema WHS. A Figura 4-20 ilustra o processo descrito.

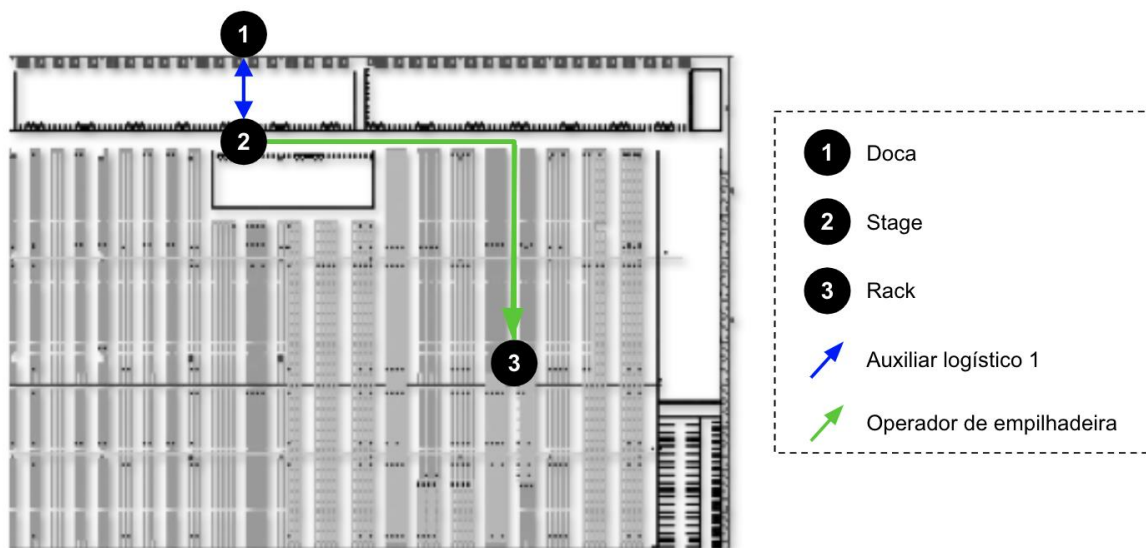


Figura 4-20 - Fluxograma de *Inbound*

- **Fluxograma de Devolução**

Já no recebimento de cargas de Devolução, o processo é um tanto distinto. Os caminhões de devolução vão para as docas dedicadas a esse procedimento e o descarregamento ocorre de forma parecida desde que o palete venha fechado, ou seja, o auxiliar logístico 1 inicia o recebimento dos paletes do caminhão com auxílio de uma transpaleteira elétrica, movimentando a carga da doca para o *Stage* de Devolução. Se o palete estiver aberto, o descarregamento das caixas é manual. Assim que o descarregamento é finalizado, o auxiliar fecha a doca.

No *Stage*, os auxiliares separam a carga por SKU e transportam os produtos com avaria para a Maquila (centro de reabilitação dos produtos danificados). Já os produtos que estão em bom estado voltam para a área de *Picking* num processo conhecido como *Reverse Picking*.

Na Maquila, os produtos são retrabalhados e partem para o *Reverse Picking* assim que recuperados. A Figura 4-21 ilustra o processo descrito.

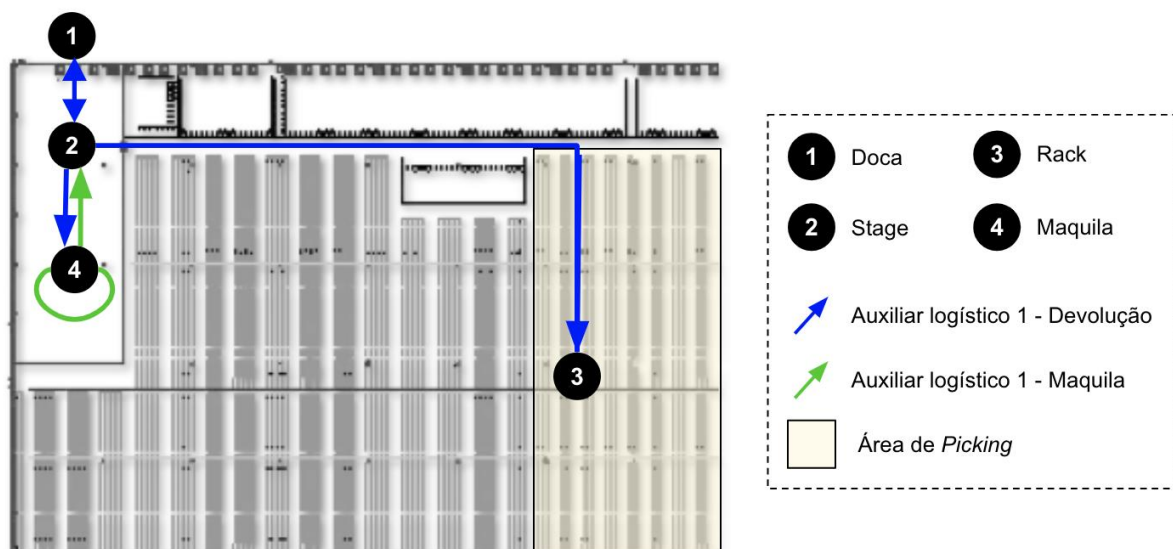
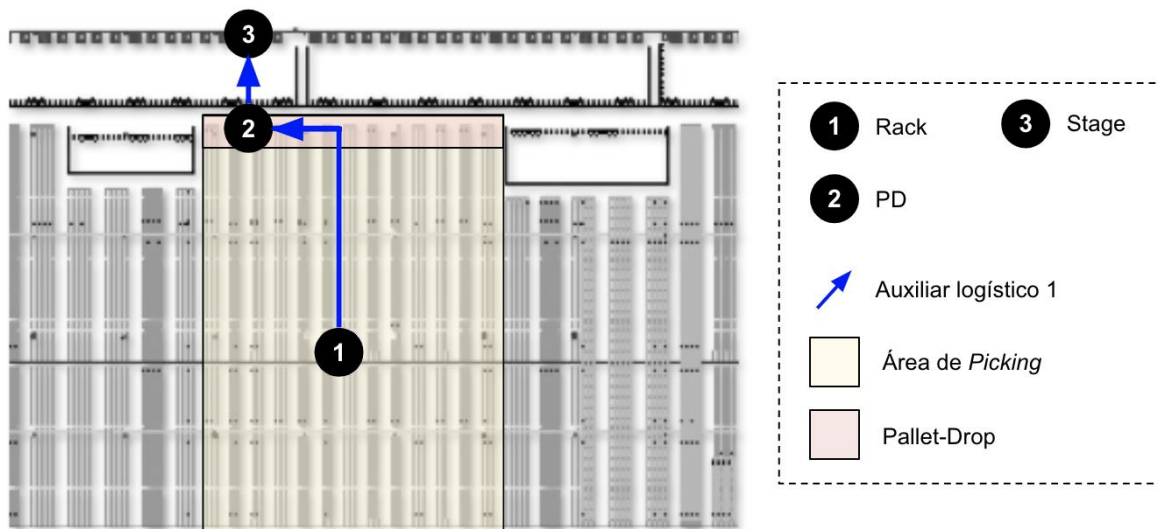


Figura 4-21 - Fluxograma de Devolução

• Fluxograma de *Picking*

Picking é o início do processo de *Outbound*. Os paletes que completam uma carga de *Outbound* podem ser tanto fracionados como completos. Os paletes fracionados são montados durante o *Picking* pelo auxiliar logístico 1 nos corredores da área central do CD e levados a uma área de estocagem temporária de paletes fracionados chamada de *Pallets-Drop* (PD). Essa operação ocorre tanto com transpaleteiras manuais (em sua maior parte) ou com transpaleteiras elétricas.

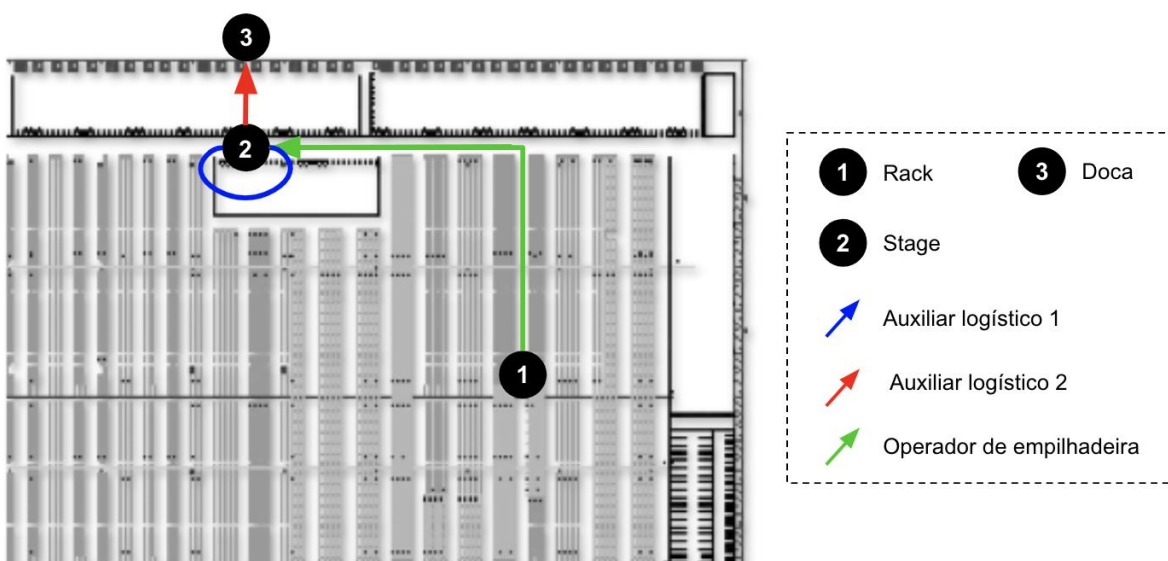
O auxiliar também transporta os paletes fracionados dos PDs até o *Stage* de *Outbound* deixando o *Stage* preparado para o de processo de *Outbound*. A Figura 4-22 ilustra o processo descrito.

Figura 4-22- Fluxograma de *Picking*

• Fluxograma de *Outbound*

No processo de *Outbound* o operador de empilhadeira busca os paletes completos no armazém e levam até o *Stage* de *Outbound*. Em seguida, o auxiliar logístico 1 faz a conferência da carga (confere a quantidade por SKU), e parte para a montagem e customização da carga. Entende-se por montagem o processo de remontar paletes até que se chegue ao número e altura ideais para o caminhão que irá recebê-los. A customização varia de acordo com o cliente, mas não é obrigatória no caso de cargas TP.

Por último, o operador logístico 2, munido de uma transpaleta elétrica, transporta os paletes do *Stage* até a doca. A Figura 4-23 ilustra o processo descrito.

Figura 4-23 - Fluxograma de *Outbound*

4.2.2.4 Entrada de entidades

Para controlar a chegada de entidades no ProModel, é preciso programar o fluxo de entrada no modelo. Existem dois tipos de entidades a serem parametrizadas: os *caminhões* e os *produtos* (paletes e caixas).

Quanto aos caminhões, seja de *Inbound* ou de *Outbound*, todos passam pela portaria para entrarem no CD. Portanto, é possível controlar o fluxo de entrada da entidade *caminhões* no ProModel inserindo suas chegadas na portaria hora/hora do mês fixado, vide Figura 4-24.

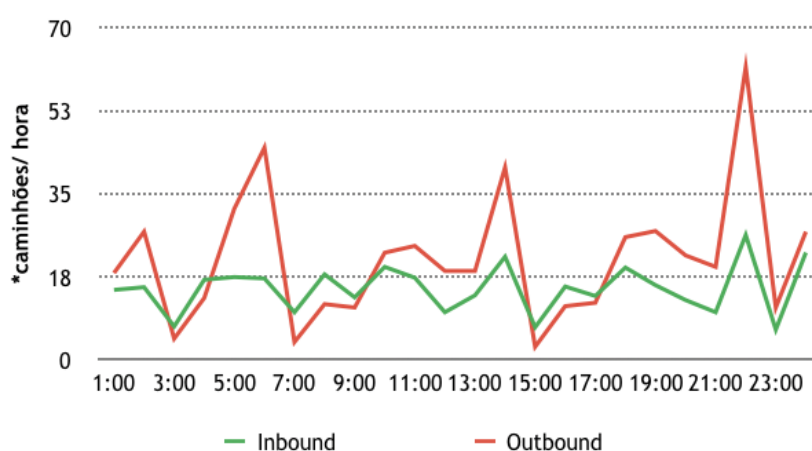


Figura 4-24 - Exemplo de chegada de caminhões por hora em um dia

Já o fluxo de entrada de produtos depende do fluxo de caminhões de *Inbound*. Os veículos chegam carregados de paletes completos podendo haver paletes fracionados (neste caso, paletes com apenas um SKU, mas que não estão completos). Como a movimentação interna se dá tanto por palete completo como por caixas, para fins de controle de entidades, as entradas serão contabilizadas tanto por quantidade de paletes (paletes cheios) como por quantidade de caixas (advindas dos paletes fracionados).

Com o objetivo de facilitar a programação, foi adotada uma quantidade média de paletes por carregamento, dado o peso médio em toneladas por caminhão. A saber: os veículos carregam cerca de 24 toneladas que correspondem a um total de 29 paletes em média por carregamento. No caso de variações, o valor excedente em toneladas foi contabilizado como caixas.

Tendo como base o cálculo acima descrito, as quantidades totais esperadas no mês de simulação (setembro de 2018) por família estão descritas na Tabela 3.

Tabela 3 - Dados de entrada para os produtos

	Ton.	Paletes	Caixas
Total (mil)	59,2	70,5	128
Aerosol	3,6	3,6	27
HC	27,8	33,3	5
PC	13,6	16,8	79
Foods	14,2	16,7	18

No Apêndice estão as tabelas, detalhadas dia a dia e hora a hora, utilizadas como entrada do ProModel.

4.2.2.5 Gestão de tarefas do *Picking*

Dentre os processos, aquele que ainda precisa ser entendido em detalhe é o processo de *Picking*. Por ser responsável por grande parte da movimentação de recursos e entidades no CD, esta seção irá detalhar seu funcionamento e as etapas a serem incluídas no modelo.

Para simular este processo, é importante entender qual o perfil dos pedidos recebidos e assim traçar um perfil de *Picking* que será reproduzido na simulação.

A Figura 4-25 mostra a quantidade de SKUs por pedido numa visão acumulada. Conclui-se portanto que mais de 80% dos pedidos requerem cerca de 10 SKUs distintas, o que exigiria uma média de 10 visitas a *posição-picking* por pedido. Isto é, o recurso utilizado para o *Picking* deverá passar em 10 posições distintas para concluir uma tarefa. Entende-se pedido como a lista de produtos para um carregamento.

Dado que o *Picking* é impulsionado pela lista de pedidos, estudou-se também o perfil dos pedidos em relação à proporção de paletes inteiros (completos com apenas um SKU) e paletes fracionados (mais de um SKU). O gráfico da Figura 4-26 ressalta a alta demanda por palete fracionado e consequentemente a alta movimentação na área de *Picking*. Cerca de 61% dos pedidos recebidos em setembro de 2018 foram compostos apenas por paletes fracionados e outros 27% por pedidos mistos. Decompondo os pedidos mistos em paletes inteiros e fracionados, mais de 30% correspondem a paletes fracionados, o que corresponde à 9% de total de pedidos. Desta forma, 70% dos paletes que saem do CD são gerados neste processo.

Outro ponto importante é entender o perfil por transporte, visto que o mesmo caminhão pode transportar paletes de mais de um pedido. Esse acúmulo de pedidos (*Picking* por Lote) para otimizar o preenchimento/cubagem do caminhão aumenta o número de SKUs por carga.

Cada carga gera um Documento de Transporte (DT) que constitui um pedido único, em que o total demandado por SKU é somado - facilitando o *Picking* por Lote. Este dado será inserido no modelo para verificar a utilização e tempo dos recursos ao completar uma tarefa completa de carregamento de um veículo.

A Figura 4-27, portanto, mostra o perfil de *Picking* por carregamento. Tira-se do gráfico um padrão heterogêneo, em que a maioria dos DTs (70%) saem com até 40 SKUs e cerca de 15% saem com mais de 100 SKUs por caminhão, o restante varia entre estes extremos.

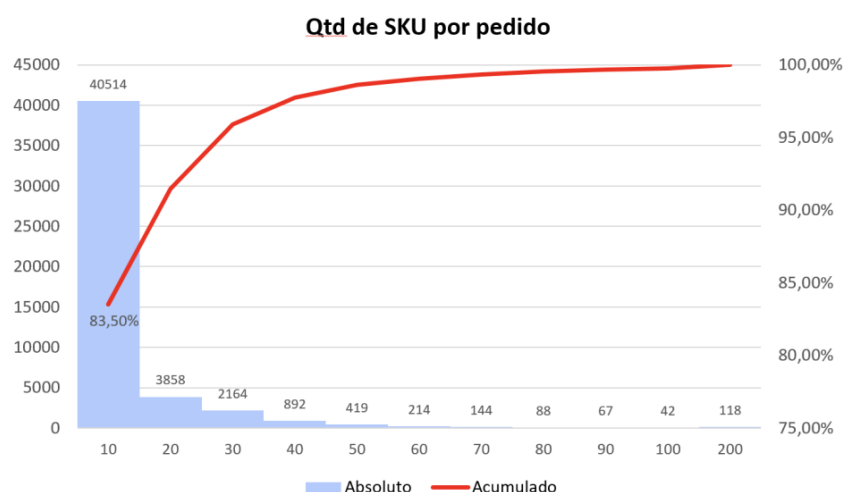


Figura 4-25 - Perfil de *Picking* por pedido

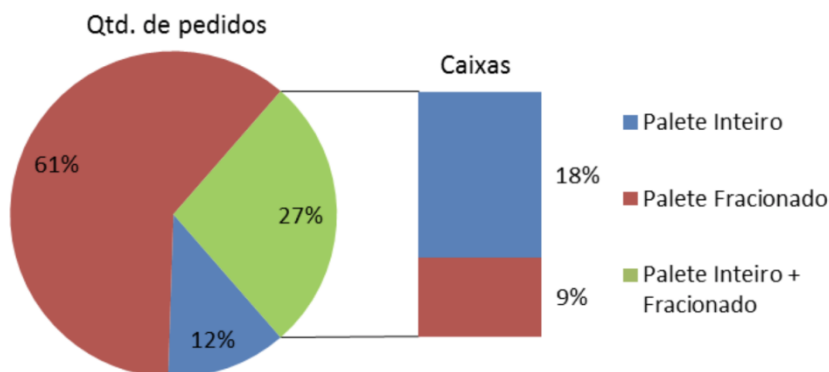


Figura 4-26 - Perfil por pedido

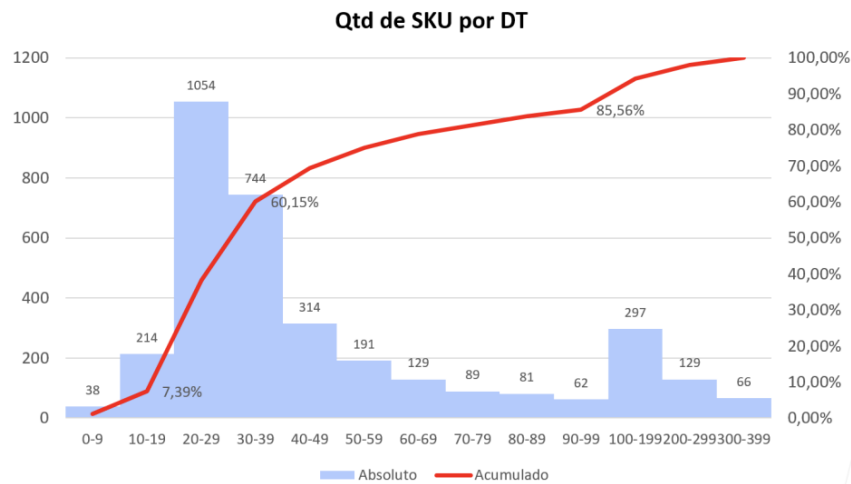


Figura 4-27 - Perfil de *Picking* por veículo

4.2.2.6 Tempos das operações

Para entender o processo em detalhe, foram realizadas diversas visitas ao CD. Nestas visitas foi possível visualizar os processos descritos na seção 4.2.2.3, além de assimilar a dinâmica de cada tarefa envolvida.

A modelagem dos processos envolve tanto o conhecimento da dinâmica envolvida, isto é, os trajetos e recursos utilizados na movimentação das entidades, como os tempos necessários para execução destas tarefas.

Desta maneira, a etapa de medição dos tempos é um requisito para alcançar o sistema que represente fielmente a realidade do CD. São estes tempos coletados que vão ditar a velocidade do fluxo das entidades e consequentemente determinar o fluxo de saída dos produtos e veículos.

- **Cronoanálise**

A cronoanálise consiste na cronometragem do tempo de cada operação em uma linha de produção. Ela serve para estimar o tempo de execução de cada processo do trabalho dos funcionários, bem como para detectar os *outliers* ou eventos recorrentes de cada processo e sua causa.

Durante 5 dias, foram acompanhados de perto os processos relevantes de movimentação dos produtos dentro de CD. Esses tempos foram utilizados para gerar curvas estatísticas que fossem aderentes à realidade da operação.

A Tabela 4 mostra a seleção das atividades que foram consideradas relevantes, separadas por local/processo.

Tabela 4 - Operações cronometradas (fonte: elaborada pela autora)

Local		Operações	Descrição
Portaria	O1	Check-in INBOUND	tempo de liberação no caminhão de <i>Inbound</i> para entrada no CD
	O2	Check-in OUTBOUND	tempo de liberação no caminhão de <i>Outbound</i> para entrada no CD
Despacho	O3	Liberação de NF	tempo do processo de faturamento
	O4	Gestão de risco	tempo de liberação da carga pelo controle de risco de furto de carregamento.
Inbound	O5	Descarregamento - Doca	tempo de ciclo de descarregamento por paleta. (<i>início</i> : entrada no baú para buscar paleta; <i>fim</i> : retorno ao baú para nova busca)
	O6	Replicação de LPN - Stage	tempo de geração da etiqueta e seu posicionamento no paleta
	O7	Pega Empilhadeira - Stage	tempo da empilhadeira pegar o paleta do solo
	O8	Depósito Empilhadeira - Armazém	tempo para guardar o paleta na posição correta em frente à localização desejada.
Picking	O9	Pegar Paleta Vazio - PD	tempo do operador pegar o paleta da pilha e posicionar na transpaleta
	O10	Pega Caixa - Armazém	tempo do operador pegar uma caixa em frente à <i>posição-Picking</i>
	O11	Ciclo por linha de pedido - Armazém	tempo que o operador leva por <i>posição-Picking</i>
	O12	Pegar paleta com pedido - PD	tempo da transpaleta retirar um paleta do PD
Outbound	O13	Carregamento - Doca	tempo de ciclo de carregamento por paleta. (<i>início</i> : entrada no baú para depositar paleta; <i>fim</i> : retorno ao baú para novo depósito)
	O14	Envolver paleta com filme stretch - Stage	tempo de embalagem por paleta
	O15	Pega Empilhadeira - Armazém	tempo da empilhadeira pegar o paleta do solo
	O16	Depósito - Stage	tempo da empilhadeira posicionar o paleta no solo

Após a coleta dos tempos, a etapa de tratamento dos dados é iniciada. Avalia-se se o tamanho da amostra é suficiente para que os dados observados possam ser representados por uma curva probabilística com elevada confiança e se não há *outliers* que interfiram em seu comportamento (método detalhado na seção 2.6.2). Feito este tratamento, basta inserir os tempos coletados numa ferramenta do ProModel chamada *Stat Fit* e ela identifica o modelo de distribuição estatística com maior aderência àquela amostra de dados. Isto é, a curva teórica que mais se aproxima dos valores coletados.

A Tabela 5 contém um resumo dos tempos coletados por operação. Para exemplificar a saída do *Stat Fit*, a Figura 4-28 compara a curva estatística *Beta*, de distribuição contínua, com o histograma dos tempos coletados para a operação O6 da Tabela 5.

A curva *Beta* usa como parâmetros os valores extremos da coleta (mínimo e máximo) e as constantes β e α como mostra as equações 1, 2 e 3:

$$f(x) = \frac{(x - \min)^{\alpha-1} (\max - x)^{\beta-1}}{B(\alpha, \beta) (\max - \min)^{\alpha+\beta-1}} \quad (1)$$

Sendo,

$$\alpha = \frac{(\text{média} - \min) (2 \cdot \text{moda} - \min - \max)}{(\text{moda} - \text{média})(\max - \min)} \quad (2)$$

$$\beta = \alpha \frac{(\max - \text{média})}{(\text{média} - \min)} \quad (3)$$

A distribuição $B(\min, \alpha, \beta)$ utilizada para gerar o gráfico da Figura 4-28 foi $B(0.27; 1.03; 2.9)$ com dados em min.

Tabela 5 - Resumo dos resultados da cronoanálise

Local		Operação	Unidade	Min	Máx	Média
Portaria	O1	Check-in INBOUND	min	1,82	5,92	3,07
	O2	Check-in OUTBOUND	min	1,98	9,52	4,84
Inbound	O3	Descarregamento - Doca	min	0,63	1,25	0,87
	O4	Replicação de LPN - Stage	min	0,07	0,17	0,10
	O5	Pega Empilhadeira - Stage	min	0,10	1,02	0,45
	O6	Depósito Empilhadeira - Armazém	min	0,27	4,33	1,16
Outbound	O7	Carregamento - Doca	min	0,47	3,72	1,45
	O8	Envolver palete com filme stretch - Stage	min	0,83	2,00	1,32
	O9	Pega Empilhadeira - Armazém	min	0,33	2,32	0,88
	O10	Depósito - Stage	min	0,23	0,83	0,50
Despacho	O11	Liberação de NF	min	12,22	143,00	54,73
	O12	Gestão de risco	min	2,00	5,13	2,93
Picking	O13	Pegar Paleta Vazio - PD	min	0,08	1,55	0,68
	O14	Pega Caixa - Armazém	min	0,02	0,12	0,05
	O15	Ciclo por linha de pedido - Armazém	min	0,67	9,40	3,08
	O16	Pegar paleta com pedido - PD	min	0,17	0,87	0,43

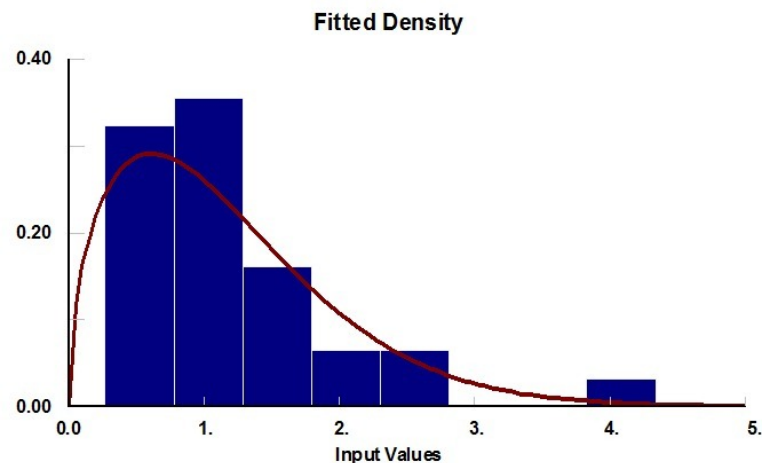


Figura 4-28 - Curva probabilística de tempo de depósito da empilhadeira

Os tempos de deslocamento serão calculados automaticamente pelo software por meio da velocidade dos recursos (operador ou equipamento) e da distância percorrida. A Tabela 6 mostra as velocidades consideradas no simulador, sendo "Vel. Vazio", a velocidade de operador sem carga e "Vel. Cheio" sua velocidade ao transportar algum produto.

Tabela 6 - Velocidade dos recursos

Recurso	Vel. Vazio (m/min)	Vel. Cheio (m/min)
Transpaleteira elétrica	120	100
Empilhadeira	150	133
Transpaleteira manual	50	45
Operador sem equipamento	60	37

Alguns tempos não foram coletados, pois já havia registros internos da duração estimada de cada tarefa. Por não serem tempos críticos para o processo ou por serem tempos de difícil coleta, decidiu-se por adotar os valores fornecidos. A Tabela 7 mostra a média dos tempos fornecidos pela empresa terceirizada.

Tabela 7 - Tempos não coletados na cronoanálise

Local		Operação	Unidade	Média
Portaria	O17	Check-out INBOUND	min	1
	O18	Check-out OUTBOUND	min	3
Devolução	O19	Separação por SKU - Stage	min	20
	O20	Descarte - Maquila	min	0
	O21	Recuperação por SKU - Maquila	min	20
Outbound	O22	Conferência - Stage	hora	3,3
	O23	Customização - Stage	hora	5,5
	O24	Montagem - Stage	hora	3,6

4.2.3 Testes de validação do modelo

Esta etapa verifica a aderência do modelo à realidade, isto é, se as saídas que ele gera na simulação correspondem ao resultado esperado.

Munido das informações coletadas neste capítulo desenhou-se todas as etapas descritas, construindo e integrando os processos no ProModel. A Figura 4-29 é uma captura de tela do software, onde se vê algumas das principais janelas de programação, sendo elas:

- *Processo e Roteamento*, que juntos determinam o caminho (partida e destinos) das entidades dentro do CD.
- *Operação*, a descrição das tarefas e eventos ocorridos no local de partida em *Processo*.
- *Lógica de Movimentação*, a descrição de como a entidade partirá ao novo destino em *Roteamento*.
- A janela *Layout* é onde se constrói o desenho do modelo, insere-se os locais e posteriormente visualiza-se a animação.

A programação deste trabalho é extensa para ser apresentada neste capítulo, portanto, um resumo das principais lógicas é apresentado no Apêndice I.

Uma das saídas do ProModel é a visualização em tempo real do funcionamento do sistema por meio de animação das entidades e recursos. A Figura 4-30 mostra uma foto da situação do CD na primeira semana de setembro. A ocupação do pátio está controlada, vê-se poucos caminhões ocupando as docas e o fluxo de equipamentos dentro do CD é brando. Já no último dia do mês, representado pela Figura 4-31, observa-se os estacionamentos lotados, a maior parte das docas

ocupadas e um fluxo intenso de equipamentos no CD, caracterizando o cenário esperado de pico no final de mês.

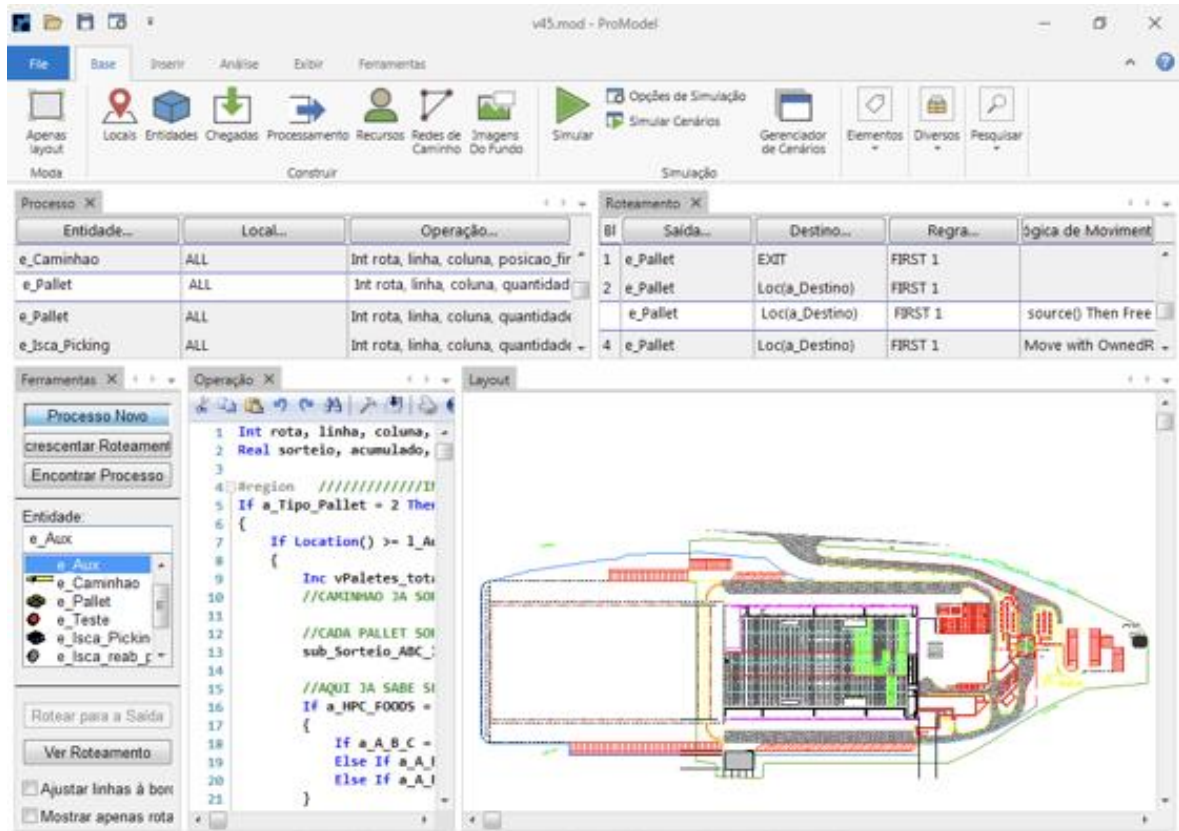


Figura 4-29 - Tela do software ProModel



Figura 4-30 - Configuração do CD na primeira semana de setembro/18

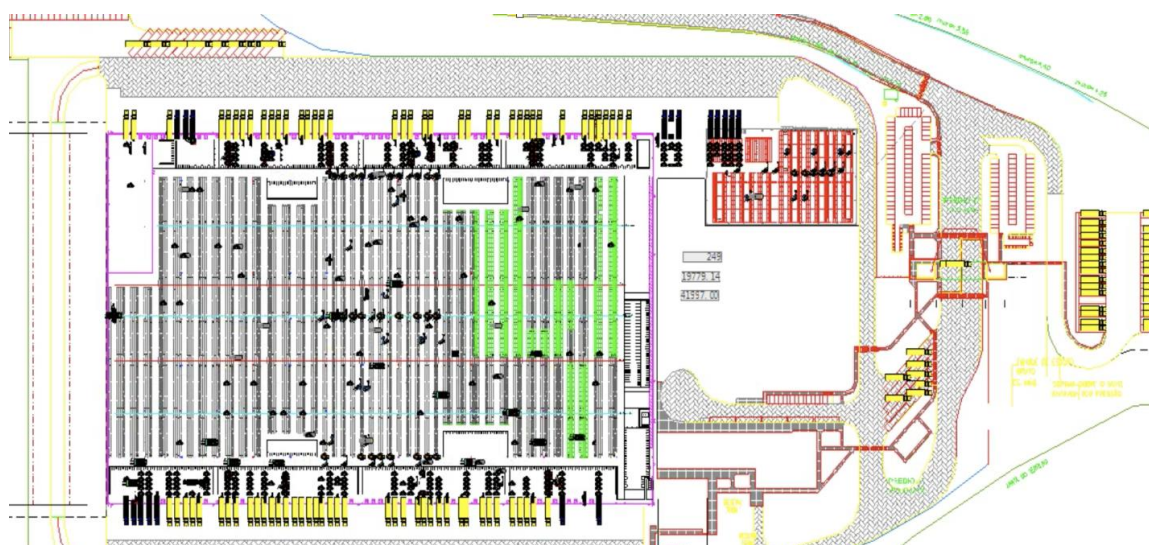


Figura 4-31 - Configuração do CD dia 30 de setembro/18

Outra saída do ProModel é o fluxo de entidades no modelo. A chegada de entidades no modelo é um parâmetro de entrada, sendo controlada por uma planilha em Excel, que indica o número de *check-in* por hora (Apêndice G).

Para fins de validação, o fluxo decisivo é da quantidade de entidades que deixaram o modelo, dado que é resultante do funcionamento interno dos processos simulados. As entidades são tanto os caminhões como os produtos, portanto, o controle desse fluxo assegura se todos os pedidos foram entregues no prazo.

Para o teste de validação, utilizou-se o modelo para simular o cenário atual do mês de setembro de 2018. O modelo foi então alimentado com dados de entrada referentes a este mês a para se comparar o volume de *Outbound* gerado pela simulação com os resultados reais.

A Tabela 8 mostra as somas totais de saídas do CD.

Tabela 8 - Fluxo total de saída de produtos em setembro de 2018

	Ton.	Paletes	Caixas
Total (mil)	61,0	61,7	3.201
Aerosol	1,8	2,2	771
HC	30,2	32,4	502
PC	11,4	9,1	1.374
Foods	17,6	19	554

O esperado é encontrar valores próximos aos da Tabela 8. Não é factível cravar o número exato, pois o tempo de cada processo simulado é gerado aleatoriamente a partir de uma curva de distribuição probabilística, fazendo com que cada rodada de simulação resulte numa saída final ligeiramente diferente.

No entanto, mesmo com valores distintos eles devem ser muito próximos entre si e concomitantemente próximos aos valores de *Outbound* esperado. A Tabela 9 mostra a média dos resultados de 5 rodadas de simulação com o modelo construído.

Como a diferença entre os valores comparados para cada item é majoritariamente inferior à 10% e o desvio inferior à 5%, o modelo foi validado neste quesito. A Tabela 10 compara os valores reais e os obtidos da simulação indicando o desvio.

Tabela 9 - Fluxo de saída do ProModel

	Ton.	Paletes	Caixas
Total (mil)	60,1	61,8	3.194
Aerosol	2,0	2,3	760
HC	29	31,2	503
PC	11,2	9	1.360
Foods	17,9	19,3	571

Tabela 10 – Desvio entre os resultados da simulação e os valores reais para o fluxo de saída de produtos

	Real			Simulado			Desvio		
	Ton.	Paletes	Caixas	Ton.	Paletes	Caixas	Ton.	Paletes	Caixas
Total (mil)	61,0	61,7	3.201	60,0	61,8	3.194	1,6%	0,2%	0,2%
Aerosol	1,8	2,2	771	1,9	2,3	760	+5,5%	+4,5%	-1,4%
HC	30,2	32,4	502	29	31,2	503	-4,0%	-3,7%	+0,2%
PC	11,4	9,1	1.374	11,2	9	1.360	-1,8%	-1,1%	-1,0%
Foods	17,6	19	554	17,9	19,3	571	+1,7%	+1,6%	+3,1%

Além do controle do fluxo de entidades, verificou-se também alguns tempos de permanência no CD. São tempos que não foram inseridos como *input*, já que variam de acordo com a produtividade do CD. Os tempos de estudo estão listados na Tabela 11.

Tabela 11 - Tempos médios de permanência no CD

Descrição	Unidade	Inbound	Outbound
Tempo de permanência total no CD	horas	15,6	8,5
Tempo de espera para doca	horas	2,25	3,35
Tempo na doca	minutos	42	87

A permanência total no CD é o intervalo entre o horário de *check-in* e o *check-out*, configurando o tempo total de todas as etapas executadas por um caminhão. O segundo item corresponde ao tempo médio que o caminhão fica no pátio aguardando uma doca livre. Por último, tem-se o tempo que o caminhão permanece acoplado à doca para ser carregado ou descarregado.

A Tabela 12 foi construída através de variáveis criadas no modelo para medir os tempos de simulação equivalentes. Desta vez, o desvio foi maior do que o observado anteriormente, todavia, foi considerado igualmente satisfatório. Isto porque as medições da Tabela 11 não eram do mês de setembro de 2018 e não havia um registro do processo utilizado para calcular os tempos, tornando os dados poucos confiáveis. De toda forma, era importante ter um viés de comparação para os resultados do modelo, por isso eles eram referência, mas não uma barreira para validação do modelo.

Tabela 12 - Tempos médios de permanência no CD segundo o modelo de simulação

Descrição	Unidade	Inbound	Outbound
Tempo de permanência total no CD	horas	18,7	9,4
Tempo de espera para doca	horas	2,9	3,8
Tempo na doca	minutos	30	100

A Tabela 13 compara os valores reais e os obtidos da simulação, com inserção dos desvios observados. Percebe-se que praticamente todos os desvios são positivos, isto ocorre, pois o mês de setembro é um dos meses com maior movimentação do ano. Por este motivo a tendência é que neste mês os tempos totais sejam mais longos do que os da média anual. O tempo na doca foi o único que apresentou um desvio inferior à 10%, visto que este é o tempo menos influenciado pela demanda mensal. O tempo na doca consiste no intervalo de início ao fim de um carregamento/descarregamento, dependendo apenas da liberação da doca e da habilidade do operador em colocar/retirar os paletes do caminhão.

Tabela 13 - Desvio entre os valores reais e a média dos tempos de permanência no CD obtidos na simulação

Descrição	Real		Simulado		Desvio	
	<i>Inbound</i>	<i>Outbound</i>	<i>Inbound</i>	<i>Outbound</i>	<i>Inbound</i>	<i>Outbound</i>
Tempo de permanência total no CD	15,6	8,5	18,7	9,4	+19,9%	+10,6%
Tempo de espera para doca	2,25	3,35	2,9	3,8	+28,9%	+13,4%
Tempo na doca	42	87	39	100	-7,1%	+14,9%

Validada a aderência do modelo de simulação ao cenário atual, parte-se para a análise dos resultados e identificação de gargalos.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 Análise do atual desempenho dinâmico do CD

Dentre os possíveis pontos de melhoria, é comum estudar o dimensionamento de recursos (funcionários e equipamentos) e a capacidade de cada área. As Tabelas 14, 15, 16, 17 e 18 mostram o quadro atual de funcionários, de equipamentos, bem como as capacidades dos *Stages*, dos estacionamentos e das docas, respectivamente.

Tabela 14 - Quadro atual de funcionários por turno

Recursos	Turno da manhã	Turno da tarde	Turno da noite	
Total	188	188	186	562*
Auxiliar Logístico I Inbound	8	8	8	24
Auxiliar Logístico II Inbound	3	3	3	9
Operador Empilhadeira Inbound	16	16	16	48
Auxiliar Logístico I Picking	85	85	85	255
Operador Transpaleteira Picking	5	5	5	15
Auxiliar Logístico I Outbound	24	24	24	72
Auxiliar Logístico II Outbound	15	15	15	45
Operador Empilhadeira Outbound	21	21	21	63
Auxiliar Logístico I Devolução	4	4	3	11
Auxiliar Logístico II Devolução	2	2	2	6
Auxiliar Logístico II Inventário	5	5	4	14

*considerou-se 7% de absenteísmo + férias para a construção da tabela

Tabela 15 - Quadro atual de equipamentos

Descrição	Qtd
Empilhadeira pantográfica	36
Empilhadeira retrátil	3
Transpaleteira manual	94
Transpaleteira elétrica	67

Tabela 16 - Capacidade dos Stages por área

Área	Capacidade dos Stages (em paletes)
Total	6200
Outbound	4500
Inbound	856
Devolução	244
Maquila	546
Reverse Picking	54

Tabela 17 - Quantidade de vagas distribuídas nos estacionamentos internos

Estacionamentos	Qtd de vagas
Total	144
Pátio 1	50
Pátio 2	44
Pátio 3	50

Tabela 18 - Quantidade de docas por área

Área	Qtd de docas
Total	137
Outbound	98
Inbound	22
Devolução	7

Para entender a utilização dos recursos, utilizou-se duas visões, uma mensal e outra da última semana do mês que corresponde ao período de pico.

Segundo a Warehousing Education and Research Council (WERC), um funcionário não consegue trabalhar 100% das horas alocadas a ele pois uma parte do tempo ele fica ocioso. Na seção 2.5 é possível entender um pouco mais sobre essas tolerâncias de tempo. Todas as possíveis pausas no trabalho são computadas nesse tempo ocioso, incluindo o tempo em que o funcionário se hidrata, descansa, vai ao banheiro ou realiza qualquer atividade que não esteja relacionada à sua função.

No caso da indústria, considera-se que o rendimento máximo de um operário é de 85%. Desta forma, se a simulação resultar numa ocupação superior à 85%, isso significa que o recurso está mal dimensionado e, que no mundo real, ele terá de fazer horas extras para finalizar o que a ele

foi incubido. Outra saída, no caso de ociosidade inferior a 15%, é aumentar o número de recursos, diminuindo a taxa de utilização como decorrência. Esta última opção foi a escolhida no cenário de setembro de 2018, em que o cliente contratou *freelancers* para o período de pico.

Partindo dos pressupostos acima, avaliou-se a utilização dos recursos exposta na Figura 5-1. O gráfico em barras mostra a média mensal e semanal do uso de cada operador no mês de setembro. Observa-se que a carga de trabalho, em geral, foi superior na última semana, correspondendo ao esperado devido à concentração de pedidos no final de mês. Além disso, verifica-se que o número de funcionários com função de auxiliar logístico I de *Outbound* está sub-dimensionado, como sugere a sua ocupação superior à 85%. Vale destacar que na última semana, sua ociosidade é inferior a 5% do seu tempo.

Esse recurso é responsável pela montagem e conferência das cargas, logo, sua super ocupação está ligada ao aumento do volume de cargas de *Outbound* nos últimos dias do mês. A montagem é um dos processos mais demandantes de tempo dentro do CD, chegando a levar 7 horas por carregamento dependendo da customização exigida.

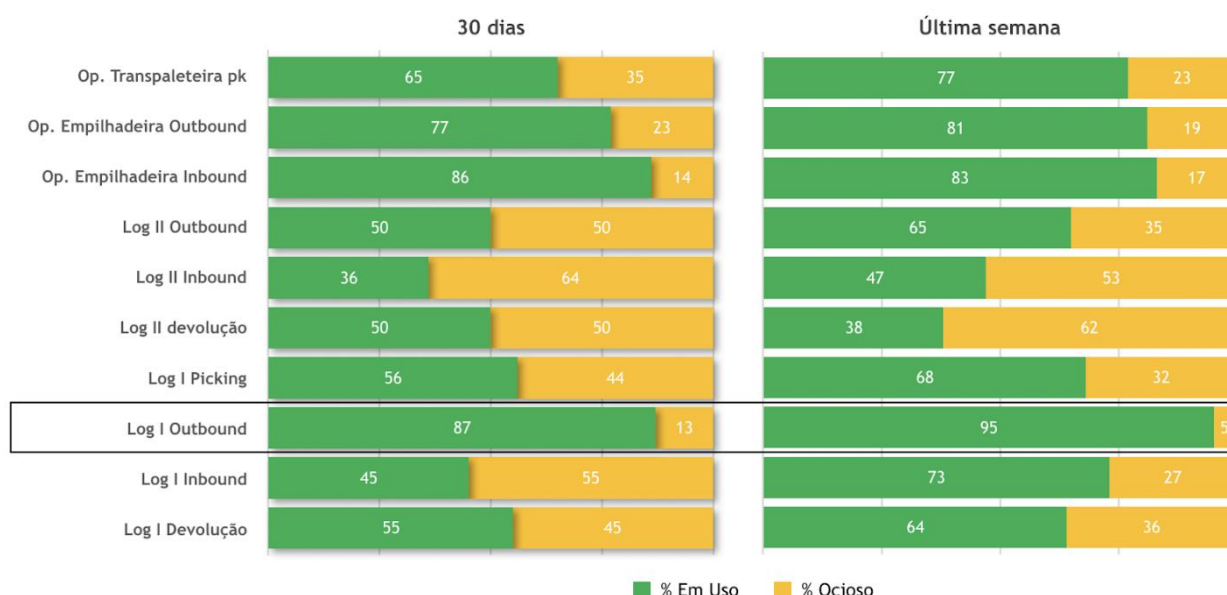


Figura 5-1- Gráfico de ocupação dos recursos

A ocupação deste recurso pode ser analisada longitudinalmente pelo gráfico da Figura 5-2, em que é possível visualizar o número de recursos exigido ao longo do tempo. Nas primeiras duas semanas são utilizados em média 25 auxiliares por dia, valor condizente com o quadro de

funcionários (Tabela 10). A partir da terceira semana necessita-se em média de 40 auxiliares, com pico de 80 auxiliares na última semana.

Uma vez que o quadro de auxiliar logístico I *Outbound* é limitado a 24 pessoas por turno, a tática utilizada pela equipe de logística é de explorar a **multifuncionalidade dos operadores** a partir da terceira semana. Assim, os operadores são realocados conforme necessidade, de modo que qualquer auxiliar logístico I, seja de *Inbound* ou *Picking*, que estiver disponível, pode ser temporariamente alocado para efetuar tarefas de *Outbound*.



Figura 5-2 Gráfico de utilização do auxiliar logístico I *Outbound*

A Figura 5-3 mostra o resultado da multifuncionalidade na fila de tarefas. Na terceira semana detecta-se um pico de tarefas para o auxiliar logístico I *Outbound*, que é controlado com a realocação dos auxiliares, promovendo até mesmo uma queda antes de começar a última semana.

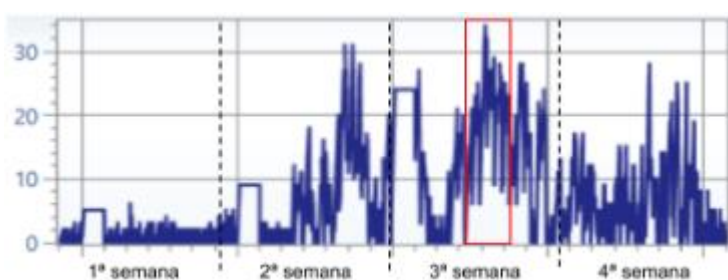


Figura 5-3 - Gráfico da fila de tarefas do auxiliar logístico I *Outbound*

Mesmo sendo uma estratégia eficiente, ela não é suficiente para controlar a ocupação dos *Stages*. A Figura 5-4 mostra o aumento da utilização do *Stage* de *Outbound* atingindo seu limite de 4500 nos últimos dias do mês.



Figura 5-4 - Gráfico da ocupação do Stage de Outbound por dia

A alta ocupação dos Stages traz como consequência o travamento de outros processos, incluindo o de *Picking* que deixa de preparar paletes fracionados, pois não consegue posicioná-los no Stage. Esse sintoma é confirmado pelos gráficos das Figuras 5-5 e 5-6.

No primeiro, Figura 5-5, vê-se que a ocupação média do auxiliar de *Picking* na última semana é superior à do último dia mês - dia em que há o pico de ocupação dos Stages, vide Figura 5-4. Esse aumento de ociosidade poderia ser ocasionado pela diminuição natural do volume de tarefas. No entanto, a Figura 5-6 mostra o contrário, nos últimos dias da quarta semana concentram-se os pedidos, aumentando a fila de tarefas no *Picking*. Conclui-se, portanto, que mesmo havendo tarefas destinada aos *pickers*, eles não conseguem executá-las devido ao bloqueio dos Stages, ficando assim ociosos.

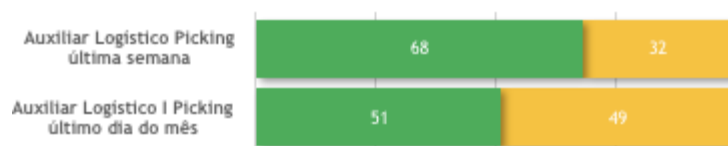


Figura 5-5 - Gráfico comparativo de ocupação do auxiliar logístico I *Picking* na última semana e no último dia do mês

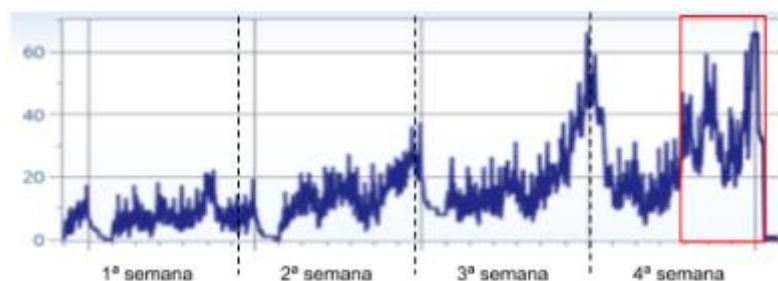


Figura 5-6 - Gráfico da fila de tarefas do auxiliar logístico I *Picking*

O atraso da operação de montagem no Stage de Outbound resulta numa alta ocupação dos pátios. Na Figura 5-7 observa-se a quantidade de veículos esperando pela liberação de docas nos estacionamentos. É evidente a concentração de caminhões no processo de Outbound

(amarelo) em comparação à quantidade de caminhões no processo de *Inbound*, sobretudo nos últimos dias do mês, quando a ocupação dos pátios alcança seu limite de 144 veículos.

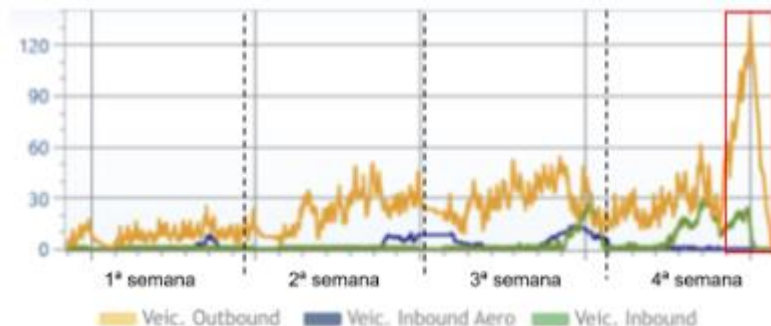


Figura 5-7 - Gráfico de ocupação dos pátios por dia

No entanto, como mostra a Figura 5-8, a capacidade das docas nunca alcançou seu limite. Nas primeiras semanas o total de docas disponíveis para *Outbound* é de 98 docas e a partir da terceira semana chega-se à marca de 130 docas (curva em vermelho), devido à **multifuncionalidade das docas**, que permite alocar temporariamente docas de *Inbound* para carregamentos.

Conclui-se que o limite não é atingido, pois os processos estão bloqueados internamente devido ao travamento dos *Stages*, dificultando a vazão dos produtos e aumentando a espera dos caminhões.

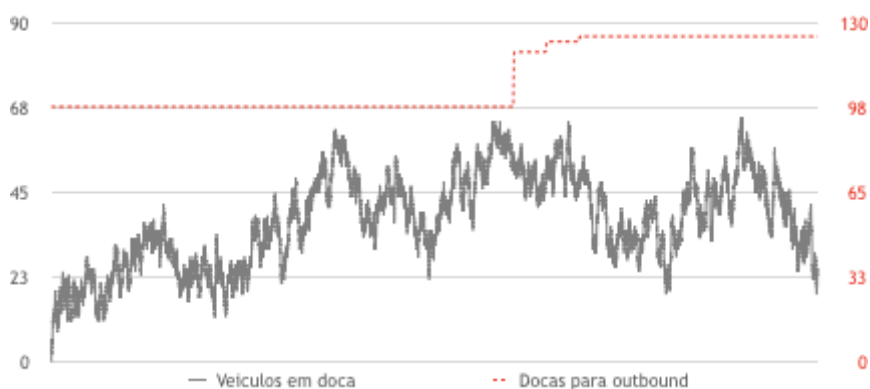


Figura 5-8 - Gráfico de ocupação das docas por dia vs o número de docas disponíveis

Assim sendo, é fácil concluir que o processo de *Outbound* é um ponto a ser melhorado no CD.

Dentre os possíveis gargalos dentro deste processo, descarta-se a falta de docas, uma vez que elas não foram plenamente utilizadas mesmo havendo capacidade. A escassez de recursos de *Outbound*, especificamente de auxiliar logístico I, é um ponto a ser estudado, já que é viável atender os picos de necessidade por meio da multifuncionalidade de recursos, porém sua

utilização na última semana (95%) ultrapassa àquela recomendada pela WERC. Um gargalo certo é o número de posições nos *Stages*, dado que ele atinge sua capacidade máxima e trava tanto o processo de *Inbound*, ocupando as posições destinadas ao descarregamento, quanto o processo de *Picking*, que deixa de formar paletes por não ter onde armazená-los.

5.2 Simulação das alternativas de melhoria

Dada a análise feita nos testes de validação do modelo, esta é a etapa em que se discute quais são as possíveis alternativas para o problema detectado. Estuda-se então as alternativas geradas, selecionando aquela que garanta melhor resultado e que se adeque às restrições impostas, neste caso, pelo cliente.

Para este trabalho houve uma restrição significativa: as propostas desenvolvidas não deveriam envolver expansão da estrutura física do CD. O aumento da área só será considerado para cenários futuros, em que novas premissas de demanda deverão ser consideradas.

Assim sendo, as alternativas geradas para aumentar a produtividade do CD não irão considerar aumentos de capacidade como uma opção. Será analisado o retorno trazido pelo dimensionamento de recursos e pelo rearranjo de processos.

Além de simular e ponderar os resultados trazidos pelo modelo, será feita uma análise de longo prazo da alternativa escolhida para avaliar como ela se comporta com o aumento da demanda e se a expansão será necessária num cenário futuro.

Antes de discutir os possíveis caminhos para aumentar a produtividade do CD, é necessário definir quais indicadores serão utilizados para medir a eficácia da proposta.

Como definido na seção 1.4, a produtividade para este trabalho engloba o atendimento à demanda e a diminuição dos tempos de operação. Desta forma, os requisitos para validar uma alternativa de melhoria são:

- 1) Atender a todos os pedidos dentro do mês. Isto implica que todos os carregamentos de setembro de 2018 deverão partir do CD até o dia 30/09.
- 2) Como efeito do aumento da velocidade dos processos, os tempos abaixo devem diminuir:
 - a) Tempo de espera do veículo para doca livre.
 - b) Tempo de doca.

- c) Tempo total de permanência do veículo no CD.
- d) Tempo de montagem das cargas.
- 3) A quantidade de pedidos em fila deve cair:
 - a) Pico da fila de pedidos no *Picking*.
 - b) Pico da fila de pedidos no *Outbound*.
- 4) A ocupação dos recursos deve ficar em torno de 85%.
- 5) Os picos de ocupação dos *Locais* devem diminuir e permanecer abaixo de sua capacidade/limite de vagas:
 - a) Pico de docas ocupadas.
 - b) Pico de posições de *Stages* ocupadas.
 - c) Pico de PDs em utilização.
 - d) Pico de veículos no estacionamento.

Foi decidido examinar os resultados de pico e não de média, pois o objetivo é tratar os dias de alta demanda, em que se atinge a capacidade máxima do CD e os processos de *Outbound* e *Picking* começam a ser bloqueados por este limiar.

A partir da análise feita na seção 5.1, já é sabido que o processo gargalo é o *Outbound*. Isto posto, as alternativas definidas daqui em diante tentarão mediar os problemas identificados na seção anterior.

Definidos os indicadores, inicialmente, a alternativa mais simples e imediata é **redimensionar os recursos**, a fim de acelerar os processos e impulsionar o fluxo de produtos, tornando-o mais veloz e contínuo.

- A segunda opção é melhorar os processos com a finalidade de desafogar os *Stages*. Para isto foram desenvolvidas duas opções de modificação de *layout* e dos processos, quais sejam: Criar **centrais de montagem/customização** de paletes e
- **Aumentar as posições de PD** distribuídas no armazém

5.2.1 Dimensionamento de Recursos

De acordo com a Figura 5-1, o tipo de recurso que estava subdimensionado era o de auxiliar logístico I *Outbound*. Nesta seção, será estudado o impacto deste recurso no processo e qual sua relevância para o aumento da produtividade no CD.

Assim sendo, dentro deste cenário (Cenário 1) foram criados outros três cenários, em que se aumentou gradativamente a quantidade de recursos disponíveis para 40, 50 e 80 auxiliares. O objetivo era diminuir sua utilização e verificar se este aumento pode trazer um retorno positivo para o sistema, definindo assim o número ideal de operadores (Tabela 19).

Tabela 19 - Quadro comparativo entre o Cenário 1 e a situação atual

Indicador		Situação Atual	Cenário 1: Dimensionamento do auxiliar logístico I <i>Outbound</i>		
I-a	Quantidade de operadores	24	40	50	80
I-b	Atendimento da demanda (em paletes: 61,8 mil)	sim	sim	sim	não (59 mil)
I-c	Tempo de espera do veículo para doca livre (horas)	3,8	3,6	3,8	4,1
I-d	Tempo de doca (horas)	1,7	1,7	1,7	1,7
I-e	Tempo total de permanência do veículo no CD (horas)	9,4	9,3	9,2	10
I-f	Tempo de montagem (horas)	3,6	3,2	3,7	4,8
I-g	Pico de fila de pedidos no <i>Picking</i>	70	66	68	80
I-h	Pico de fila de pedidos no <i>Outbound</i>	40	34	40	63
I-i	Taxa de ocupação de aux. log. I (recomendado: 85%)	95%	80%	70%	50%
I-j	Pico de docas ocupadas (capacidade: 130)	67	70	65	50
I-k	Pico de posições nos Stages (capacidade: 4500)	4500	4500	4500	4500
I-l	Pico de PD em utilização (capacidade: 39)	39	39	39	39
I-m	Pico de veículos no estacionamento (capacidade: 144)	144	144	144	144

A Tabela 19 foi montada da seguinte forma: aumentou-se a quantidade de operadores (I-a) até alcançar um ganho significativo, chegando a 40 auxiliares por turno. Dentre as vantagens obtidas, em fundo verde, estão: a diminuição de todos os tempos estudados (I-c, I-e, I-f), exceto o tempo de doca (I-d), que não é influenciado pelo aumento deste recurso (o responsável pelo carregamento é o auxiliar logístico II); a diminuição de sua utilização (I-i), mantendo-se abaixo do limite indicado de 85% e a diminuição das filas de tarefas nos processos de *Outbound* e *Picking* (I-g e I-h).

Como na situação inicial, a multifuncionalidade de recursos já auxiliava este processo a atender a demanda imposta, não se obteve ganhos na diminuição dos picos de capacidade estudados (I-j a I-m), visto que todas as posições são necessárias para completar o alto volume de pedidos. No entanto, como o tempo de montagem diminuiu (I-f), a vazão no *Stage* de *Outbound* melhorou, diminuindo o tempo em que todas as posições ficam ocupadas simultaneamente.

Tentou-se, então, aumentar a quantidade de auxiliares para se obter um ganho mais relevante. Todavia, ao aumentar até 50 operadores, os ganhos totais diminuíram. Houve um aumento significativo no tempo de montagem (I-f) e uma diminuição do pico de docas ocupadas (I-j), o que não é uma vantagem, visto que a situação atual já está distante do limite de 130 docas, demonstrando uma subutilização de sua capacidade.

Para entender melhor o resultado anterior, escolheu-se uma situação extrema, em que 80 operadores foram inseridos no modelo. Este cenário não apresentou nenhum ganho e inclusive evidenciou desvantagens, em fundo vermelho, nos tempos estudados (I-c a I-f) e nas filas de pedidos (I-g a I-h). Mesmo com o aumento das filas, o auxiliar logístico I ficou boa parte do tempo ocioso (I-i), cerca de 50%, e a ocupação das docas diminuiu.

Todos estes fatores podem ser justificados pela limitação de espaço na área de *Stages*, conforme ilustra a Figura 5-9. A montagem dos paletes, tarefa deste auxiliar, é realizada no próprio *Stage* de *Outbound*, sendo que uma equipe fica responsável por montar cada carregamento. Normalmente são utilizados de 2 a 4 operadores para montar uma carga, quantidade, aparentemente, bem dimensionada, visto que o tempo de montagem não diminuiu significativamente no cenário com 40 operários (em torno de 5 operadores trabalhando simultaneamente na montagem do carregamento). Ao aumentar o número de operadores por carga, percebeu-se que ao invés de diminuir proporcionalmente o tempo gasto na montagem, o tempo total aumentou como efeito do espaço limitado para movimentação dos operários.

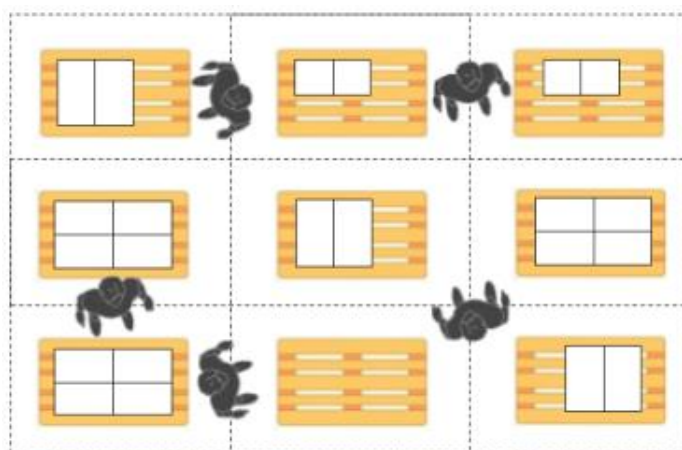


Figura 5-9 - Croqui da montagem dos paletes na área de *Stage*

Quando mais do que 5 operários tentam executar esta tarefa ao mesmo tempo, o processo fica lento. Isto ocorre, pois a superlotação aumenta o trânsito nos corredores internos do *Stage de Outbound*, o que não permite a passagem simultânea de mais de uma pessoa. A disputa por

caixas na formação de paletes ocasiona filas de espera, aumentando a ociosidade dos operadores. Este efeito foi observado com o auxílio da animação gráfica que o ProModel possibilita durante a execução da simulação.

Logo, dentro desta alternativa, o cenário escolhido foi o de 40 operadores, que mesmo não trazendo resultados surpreendentes, em comparação à situação atual, é uma alternativa que proporciona melhor eficiência operacional.

5.2.2 Central de Customização

Esta seção estuda a primeira alternativa de alteração do processo de *Outbound*. Dado que o gargalo evidente deste processo é a quantidade de posições nos *Stages* (Figura 5-10) e a expansão do CD não é uma opção a ser estudada, decidiu-se por racionalizar as tarefas realizadas nesta área. Para isto, este cenário (Cenário 2) estuda a alternativa de centrais de montagem para os carregamentos.



Figura 5-10- Gráfico da ocupação requerida dos *Stages* em setembro por dia

Além da área oficial de *Stages*, próxima às docas, em cinza na Figura 5-11, existe também um bolsão extra de posições paletes para os dias de pico, quando não é viável alocar todos os paletes em frente às docas (áreas em vermelho). A ideia é dedicar essas áreas para a montagem das cargas e retirar a execução desta etapa dos *Stages* em frente às docas.

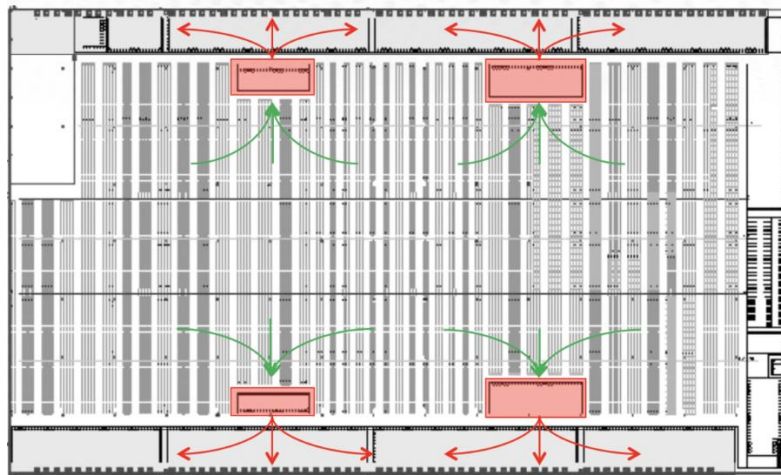


Figura 5-11- Croqui das centrais de customização

A Figura 5-11 ilustra o funcionamento das centrais de customização, cujas setas em verde indicam a entrada dos paletes a serem customizados, provenientes dos PDs (paletes que foram montados durante o *Picking*) ou di armazém e as setas em vermelho indicam a saída das cargas para o *Stage*.

Hoje existe a multifuncionalidade de recursos, que permite a alocação de auxiliares de *Inbound* e *Picking* para a etapa de montagem no *Outbound*. A proposta aqui apresentada visa também diminuir esta multifuncionalidade, visto que os auxiliares logísticos I executam diversas tarefas e não se especializam tecnicamente em nenhuma delas. Por isto, cada CD terá uma equipe dedicada para montagem, racionalizando o processo e diminuindo também os gastos com deslocamento das áreas de *Inbound/Picking* para a área de montagem.

Contudo, esta alternativa não visa abandonar a multifuncionalidade, apenas diminuir sua utilização para aumentar a velocidade do sistema como um todo. Ademais, ainda será permitida montagem no *Stage* de *Outbound* desde que as centrais de customização estejam ocupadas, evitando que elas se tornem novos gargalos do sistema.

Foi inserido apenas, como restrição no modelo, que o mesmo carregamento deve ser montado unicamente nas centrais ou no *Stage* de *Outbound*. Tanto por questão de organização, mas também por otimização de tarefas, já que a ordem dos produtos em cada palete varia de acordo com a descrição exigida pelo cliente, sendo necessária a carga completa para facilitar a movimentação dos produtos na montagem dos paletes.

A vantagem esperada desta proposta é minimizar o deslocamento dos operários que hoje percorrem grandes distâncias - dado que a área cinza é bem mais extensa que a área em

vermelho - e liberar as demais posições apenas para o carregamento, diminuindo o tempo total de ocupação das posições em frente às docas. Como o tempo médio de carregamento é de 30 minutos e o tempo médio de montagem é 3,6 horas, acredita-se que esta medida aumentará o giro na ocupação dos *Stages* diminuindo a necessidade simultânea de posições no *Stage* em dias de pico.

Alterando as condições acima mencionadas no modelo e simulando a produção no CD com esta alternativa obteve-se o resultado da Tabela 20.

Tabela 20 - Quadro comparativo entre o Cenário 2 e a situação atual

Indicador		Situação Atual	Cenário 2: Central de Customização
I-a	Atendimento da demanda (em paletes: 61,8 mil)	sim	sim
I-b	Tempo de espera do veículo para doca livre (horas)	3,8	2,5
I-c	Tempo de doca (horas)	1,7	1,7
I-d	Tempo total de permanência do veículo no CD (horas)	9,4	8
I-e	Tempo de montagem (horas)	3,6	2,4
I-f	Pico de fila de pedidos no <i>Picking</i>	70	57
I-g	Pico de fila de pedidos no <i>Outbound</i>	40	40
I-h	Taxa de ocupação de aux. log. I (recomendado: 85%)	95%	84%
I-i	Pico de docas ocupadas (capacidade: 130)	67	100
I-j	Pico de posições nos <i>Stages</i> (capacidade: 4500)	4500	4400
I-k	Pico de PD em utilização (capacidade: 39)	39	39
I-l	Pico de veículos no estacionamento (capacidade: 144)	144	130

O resultado obtido foi bastante animador. Nenhum indicador apontou desvantagem e ainda apresentou ganhos consideráveis em relação ao cenário atual.

Observou-se uma diminuição do tempo de montagem (I-e), resultando em mais de uma hora a menos no tempo de espera por docas livres (I-b) e mais de uma hora ganha no tempo total de permanência do CD (I-d). A fila de pedidos de *Picking* diminuiria (I-f), demonstrando que aparentemente esta alternativa não travou este processo ou ao menos diminuiu o tempo em que ele fica bloqueado.

Com uma equipe especializada e centralizada nas centrais de customização, percebeu-se uma diminuição da ocupação dos auxiliares (I-h) e a consequente baixa no gasto de tempo deste recurso com deslocamentos, como pode ser visto na Figura 5-12, em que o tempo em movimento deste recurso cai de 24% para 3%.



Figura 5-12- Gráfico comparativo de ocupação do auxiliar logístico I *Outbound*

Além disso, observou-se maior aproveitamento das docas (I-i), o que indica que na fileira em cinza (Figura 5-11) aumentou o giro de paletes, conseguindo carregar mais caminhões simultaneamente. Verifica-se também que a ocupação dos *Stages* (I-j) deixou de ser um gargalo do sistema, visto que não atingiu sua capacidade máxima de 4500 posições.

Por fim, como consequência das melhorias trazidas para as operações internas, a ocupação de pátio externo (I-l) diminuiu, e com isso uma folga de 14 vagas vazias foi observada no pico.

Em relação à fila de pedidos de *Outbound* (I-g), é natural que ela se mantenha. Isto porque houve a minimização do espaço destinado à montagem, compensado pelo aumento da velocidade do processo, preservando a vazão constante.

Considerando a vazão igual ao número de pedidos montados por hora, na situação atual, o número de pedidos montados simultaneamente é maior, mas o intervalo de tempo requerido também é maior. Na alternativa considerada, com a diminuição de espaço para customização e otimização da montagem, a quantidade de pedidos montados simultaneamente diminuiria, mas o tempo de montagem também seria menor, resultando numa vazão semelhante ao da situação atual. Se a vazão é a mesma, o acúmulo de pedidos também se mantém.

Por outro lado, verifica-se que haveria um novo gargalo no processo de *Outbound*: a ocupação dos PDs (I-k). Relembrando que estes locais são destinados para o posicionamento dos paletes fracionados - trazidos do *Picking* – que são enviados ao *Stage* de *Outbound* na etapa de montagem.

Na situação atual ocupação dos *Stages* resulta na lotação do PD e consequente travamento do *Picking*. Por esta razão, o PD não foi estudado como um possível gargalo, já que era decorrente da ocupação dos *Stages*.

Agora, observa-se que o PD se tornaria um gargalo devido à ocupação das centrais de customização. Como não há espaço para aumentar esses bolsões, a alternativa seguinte irá tratar o redimensionamento das posições de PD.

Mesmo com a observação deste obstáculo, o tempo de bloqueio das operações devido à superlotação dos *Stages* seria inferior ao detectado na situação atual, já que a fila de pedidos no *Picking* (I-f) diminuiria, indicando maior fluidez no processo. Sendo assim, conclui-se que este cenário é bastante satisfatório e apresenta alto potencial para implementação.

5.2.3 Aumento das posições de PD

Seguindo o gatilho do Cenário 2, esta seção estuda um novo cenário (Cenário 3) para aumentar as posições de PD.

Inicialmente, é importante entender como é a disposição atual das áreas de PD, sua finalidade e como funciona o ciclo de abastecimento e liberação dos paletes.

A Figura 5-13 destaca as áreas de *Picking* em vermelho e as posições das áreas de PD em azul. Sendo assim, ambos se restringem à região central do CD, sendo que as áreas de PD ficam nas extremidades horizontais em frente às áreas de *Stage* (ruas na horizontal chamadas de marginais) dos porta-paletes e também na região central. Os paletes fracionados vão preferencialmente para as extremidades, a menos que estejam cheias ou que a distância até a área de PD central seja inferior.



Figura 5-13 - Croqui do layout atual de PD

O fluxo de operadores no CD é ilustrado nas Figuras 5-14 e 5-15, que representam, respectivamente, os processos de *Inbound* e *Outbound*. As setas em vermelho (1) correspondem ao caminho dos operadores de empilhadeiras, e as setas em azul (2) o caminho das transpaleteiras.

No processo de *Inbound*, o fluxo de empilhadeiras ocorre do *Stage* de *Inbound* para o armazém, sem passar pelo PD.

No processo de *Outbound*, o fluxo de empilhadeiras (1) é invertido, tendo como origem o armazém e destino o *Stage* de *Outbound*. Este fluxo é exclusivo para paletes completos, que também não utilizam o PD como *step* (armazanezagem intermediária). Já o fluxo de transpaleteiras (2) parte do PD até o *Stage* de *Outbound*, transportando apenas paletes fracionados.



Figura 5-14 – Fluxo atual de recursos no *Inbound*

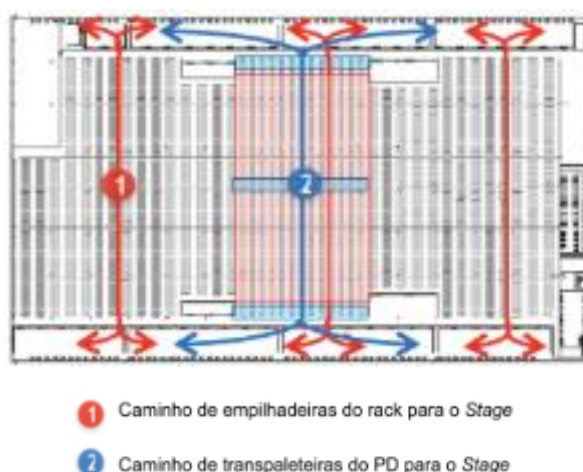


Figura 5-15 – Fluxo atual de Operadores no *Outbound*

Estudando este processo, verifica-se que os operadores de empilhadeiras e de transpaleteiras percorrem grandes distâncias no CD. Na Figura 5-16 referente à situação atual, observa-se que o tempo gasto com movimentação para uso está acima de 20% em todos os casos. Entende-se movimentação para uso como os trajetos em que o recurso não está transportando ou posicionando/retirando um palete (equipamento de transporte vazio em deslocamento).

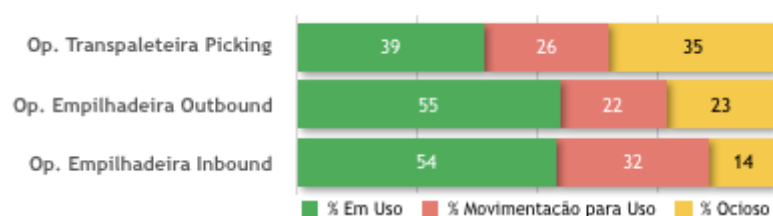


Figura 5-16 - Gráfico de ocupação dos equipamentos de transporte

Com base neste estudo, a alternativa apresentada abordará dois problemas conjuntamente, o primeiro é a quantidade de posições de PD e o segundo é o elevado deslocamento dos operadores de empilhadeiras e transpaleteiras.

Para o primeiro ponto, foi proposto o *layout* da Figura 5-17, em que se ampliaria a área de PDs nas marginais e no corredor central. O total de posições cresceria de 39 para 136 (aumento de 350%). A área de *Picking* continuaria com a mesma extensão, tendo como única alteração o posicionamentos dos paletes fracionados, que agora podem ser alocados em toda a extensão do CD e não mais apenas na área central.

O ganho de posições de PD implica a perda de posições de armazenamento. Uma alternativa para contornar essa redução seria a transformação de corredores internos em porta paletes. Já

existia um projeto do cliente visando o fechamento de corredores pouco utilizados para ganho de áreas de estoque. Neste projeto o ganho de vagas era superior à 200 posições, sendo suficiente para implementar, sem danos colaterais, a expansão da área de PD de 97 posições.

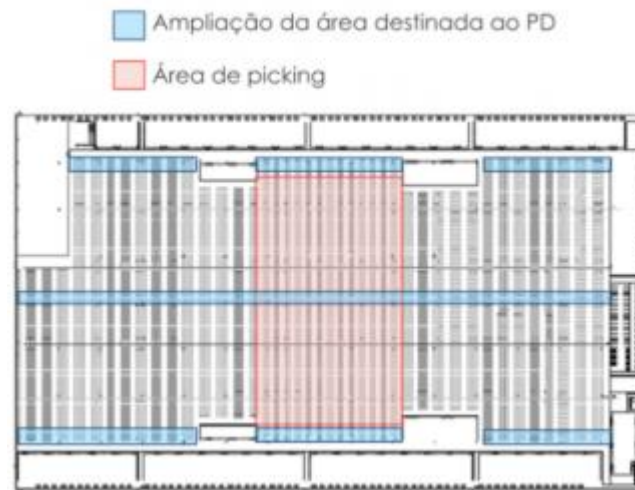


Figura 5-17 - Croqui do layout proposto de PD

Isto posto, parte-se para a consideração do segundo componente da alternativa: a movimentação interna. As Figuras 5-18 e 5-19 exemplificam, respectivamente, a operação proposta para o processo de *Inbound* e para o processo de *Outbound*.

No *Inbound*, ao invés alocar todos os esforços para as empilhadeiras (3), propõe-se utilizar as transpaleteiras (2) para transportar os paletes do *Stage* de *Inbound* até os PDs marginais e, na parte interna do armazém, as empilhadeiras buscam o palete completo do PD armazenando-o na posição de destino final.

Esta alternativa restringe o uso de empilhadeiras à área interna e de transpaleteira à área externa. A restrição tem como fim minimizar a movimentação horizontal das empilhadeiras, que na situação atual são usadas para irem até a doca buscar a carga, ocasionando trânsito nas marginais em frente aos *Stages*. Essa locomoção resultava numa ocupação de 32% apenas com deslocamentos improdutivos (Figura 5-16).

No caso do *Outbound*, as empilhadeiras (3) também serão restritas à parte interna do armazém (pela mesma razão) e as transpaleteiras circulariam tanto na parte interna como nas áreas de *Stages*. A movimentação de paletes completos continuaria a ser feito pelas empilhadeiras, que irão posicioná-los preferencialmente nas extremidades ou na área central, se a distância for mais

curta. Já as transpaleteiras (4) irão buscar tanto os paletes completos como os paletes fracionados nas áreas de PD e levar para o *Stage* de *Outbound*.

Ressalta-se que o deslocamento da transpaleteira neste cenário tende a ser inferior ao do *layout* anterior. Isto ocorreria devido ao posicionamento estratégico dos paletes pelas empilhadeiras nas áreas de PD das marginais - que percorrem toda a área em frente às docas - deixando os paletes mais próximos do *Stage* de *Outbound* reservado ao carregamento.

Além disso, na situação atual, as transpaleteiras se deslocam apenas na região central do armazém (figura 5-15) onde a área dos PDs está posicionada. Esta movimentação acarreta trânsito nas marginais em dias de pico, já que na última semana os *Stages* de *Inbound* (extremidades direita e esquerda do CD – Figura 4-3) podem ser utilizados para carregamento, exigindo um deslocamento equivalente à metade da extensão das marginais do armazém. Com a modificação, o máximo percorrido seria de um metade da distância atual.

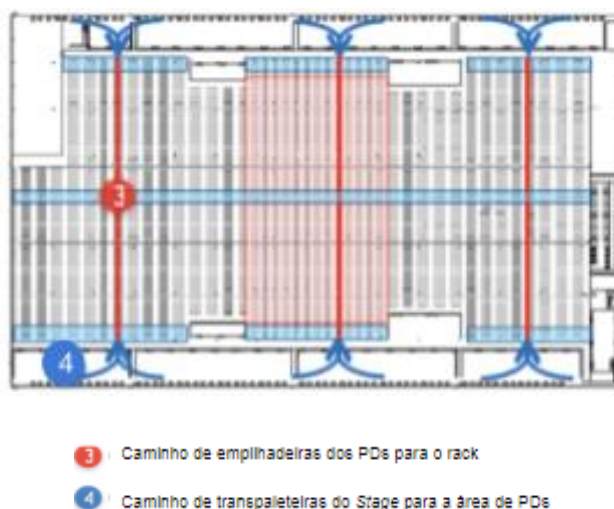


Figura 5-18 - Fluxo de Operadores no *Inbound* no Cenário 3



Figura 5-19 - Fluxo de Operadores no *Outbound* no Cenário 3

Mais uma vez foram feitas as modificações na lógica do modelo do ProModel para ajustar seu funcionamento ao cenário proposto e o resultado de sua simulação pode ser visto na Tabela 21.

Tabela 21- Quadro comparativo entre o Cenário 3 e a situação atual

Indicador		Situação Atual	Cenário 3: Aumento das posições de PD
I-a	Atendimento da demanda (em paletes: 61,8 mil)	sim	sim
I-b	Tempo de espera do veículo para doca livre (horas)	3,8	3,1
I-c	Tempo de doca (horas)	1,7	1,7
I-d	Tempo total de permanência do veículo no CD (horas)	9,4	9
I-e	Tempo de montagem (horas)	3,6	3,4
I-f	Pico de fila de pedidos no <i>Picking</i>	70	40
I-g	Pico de fila de pedidos no <i>Outbound</i>	40	37
I-h	Taxa de ocupação de aux. log. I	95%	88%
I-i	Pico de docas ocupadas (capacidade: 130)	67	90
I-j	Pico de posições nos Stages (capacidade: 4500)	4500	4397
I-k	Pico de PD em utilização/capacidade	39/39	134/136
I-l	Pico de veículos no estacionamento (capacidade: 144)	144	128

Este cenário também se mostrou promissor, visto que proporcionaria ganhos consideráveis em praticamente todos os indicadores.

Para os indicadores de tempo de montagem (I-e) e de ocupação do auxiliar (I-h) não haveria grandes ganhos, já que o auxiliar logístico I continuaria percorrendo grandes distâncias para realizar as montagens das cargas. Ainda assim, sua taxa de utilização sofreria uma queda, devido ao não travamento dos *Stages*, tornando a operação mais fluida e reduzindo o tempo gasto pelos operários.

Quanto aos ganhos notáveis, percebe-se que o aumento da área de PD seria efetiva na atenuação dos picos de capacidade (I-i a I-l). Tanto os *Stages*, como as áreas de PDs e o estacionamento teriam uma alta taxa de ocupação, mas sem atingir o respectivo limite de capacidade. Isto mostra que eles não constituiriam gargalo de capacidade no sistema e ao mesmo tempo teriam um bom aproveitamento da sua capacidade.

O tempo total de permanência no CD (I-d) não cairia tanto como no Cenário 2, pois nas duas alternativas não haveria entrave nos *Stages* e este cenário não trataria do obstáculo da customização, logo, o tempo total de permanência no CD não baixaria de forma tão efetiva.

De forma geral, este foi o cenário em que os indicadores apontaram maior fluidez no CD. Isto é comprovado pelo gráfico da Figura 5-20, em que se observa uma melhoria no aproveitamento dos tempos das empilhadeiras e transpaleteiras. A ociosidade média, que na situação atual está em torno 27%, cairia para menos de 9% com as modificações dos trajetos

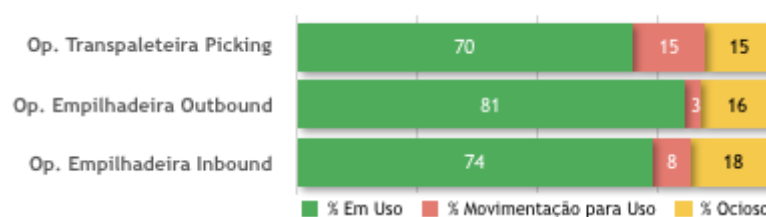


Figura 5-20- Gráfico de ocupação dos equipamentos de transporte após a modificação dos fluxos de movimentação

Assim como a alternativa anterior, este cenário proporcionaria um ótimo desempenho, sendo uma alternativa viável para tratar o problema de produtividade apresentado.

5.2.4 Combinação das propostas

Uma vez que todos os cenários apresentados são independentes e não interferem na atividade de outro, fez-se uma simulação adicional considerando um quarto cenário (Cenário 4) que incorpora todas as modificações sugeridas para examinar se as melhorias somadas têm um

efeito positivo ou negativo para cada indicador. Mais uma vez foram feitas as modificações necessárias no modelo do ProModel e simulado a produção no CD sob este cenário obteve-se os resultados da Tabela 22.

Tabela 22- Quadro comparativo entre o Cenário 4 e a situação atual

Indicador		Situação Atual	Cenário 4: Combinação dos cenários 1, 2 e 3
I-a	Atendimento da demanda (em paletes: 61,8 mil)	sim	sim
I-b	Tempo de espera do veículo para doca livre (horas)	3,8	2,3
I-c	Tempo de doca (horas)	1,7	1,7
I-d	Tempo total de permanência do veículo no CD (horas)	9,4	7,6
I-e	Tempo de montagem (horas)	3,6	2,2
I-f	Pico de fila de pedidos no <i>Picking</i>	70	34
I-g	Pico de fila de pedidos no <i>Outbound</i>	40	29
I-h	Taxa de ocupação de aux. log. I/qtd	95%/24	82%/40
I-i	Pico de docas ocupadas (capacidade: 130)	67	105
I-j	Pico de posições nos Stages (capacidade: 4500)	4500	4350
I-k	Pico de PD em utilização/capacidade	39/39	123/136
I-l	Pico de veículos no estacionamento (capacidade: 144)	144	110

Este cenário proporcionaria resultados significativos em todos os indicadores, ressaltando que a revisão do dimensionamento de operadores, a alteração da operação de montagem, o redesenho dos fluxos de transporte e o aumento de posições para paleta fracionado trariam em conjunto uma maior fluidez aos processos do CD.

5.3 Definição da Proposta de Melhoria

Expostas as alternativas consideradas para o aumento da produtividade do CD, montou-se a Tabela 23, em que é possível comparar numericamente o efeito resultante em cada indicador. Foi decidido, em conjunto com o cliente, que não haveria distinção de peso entre os indicadores, visando encontrar uma proposta que fosse equivalente para os problemas relatados.

Nas Tabelas 23 e 24, o Cenário 1 (C1) representa a alternativa de dimensionamento de recursos; o Cenário 2 (C2) as centrais de customização, o Cenário 3 (C3) o aumento das posições de PD e racionalização dos fluxos de equipamentos e Cenário 4 (C4) a união dos Cenários 1, 2 e 3.

A análise comparativa dos cenários considerados será feita da seguinte forma: por indicador (linha), ao cenário (coluna) que oferecer maior ganho de produtividade serão atribuídos 2 pontos, ao segundo, 1 ponto e aos demais 0 ponto. O quadro que mostra a soma final dos pontos está transcrito na Tabela 24.

Tabela 23- Quadro comparativo entre os cenários propostos e a situação atual

			Resultados da simulação				Ganho comparativo entre os Cenários e a Situação Atual			
Indicador		Situação Atual	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
I-a	Tempo de espera do veículo para doca livre	3,8	3,6	2,5	3,1	2,3	5%	34%	18%	39%
I-b	Tempo total de permanência do veículo no CD	9,4	9,3	8	9	7,6	1%	15%	4%	19%
I-c	Tempo de montagem	3,6	3,2	2,4	3,4	2,2	11%	33%	6%	39%
I-d	Pico de fila de pedidos no <i>Picking</i>	70	66	57	40	34	6%	19%	43%	52%
I-e	Pico de fila de pedidos no <i>Outbound</i>	40	34	40	37	29	15%	0%	8%	27%
I-f	Taxa de ocupação do aux. log. I/qtd	95%/24	80%/40	84%/24	88%/24	82%/40	16%/40	12%/24	7%/24	14%/40
I-g	Pico de docas ocupadas	67	70	100	90	105	5%	49%	34%	57%
I-h	Pico de posições nos Stages	4500	4500	4400	4397	4350	0%	2%	2%	3%
I-i	Pico de PD em utilização /capacidade	39/39	39/39	39/39	134/136	123/136	0%	0%	2%	9%
I-j	Pico de veículos no estacionamento	144	144	130	128	110	0%	10%	11%	24%

Tabela 24 - Pontuação por cenário

Indicador		C1	C2	C3	C4
I-a	Tempo de espera do veículo para doca livre	0	1	0	2
I-b	Tempo total de permanência do veículo no CD	0	1	0	2
I-c	Tempo de montagem	0	1	0	2
I-d	Pico de fila de pedidos no <i>Picking</i>	0	0	1	2
I-e	Pico de fila de pedidos no <i>Outbound</i>	1	0	0	2
I-f	Taxa de ocupação do Aux. Log. I	2	0	0	1
I-g	Pico de docas ocupadas	0	1	0	2
I-h	Pico de posições nos Stages	0	0	1	2
I-i	Pico de PD's em utilização	0	0	1	2
I-j	Pico de veículos no estacionamento	0	0	1	2
Total		3	4	4	19

Comparativamente, percebe-se que a alternativa de combinar as ações das propostas C1, C2 e C3 traria um efeito ainda mais significativo do que a implementação das mesmas em separado.

Isto porque foram reunidos diversos mecanismos de racionalização num mesmo cenário, aumentando o seu potencial de melhorar a fluidez das operações. Os ganhos observados foram: minimização de deslocamento de recursos (seja dos operários em C2 ou dos equipamentos em C3), dimensionamento estratégico dos recursos (C1) e correção dos gargalos de capacidade (C2 para *Stages* e C3 para áreas de PD).

Os indicadores de capacidade I-h e I-i mostram que as áreas de PD e de *Stages* ficariam subutilizadas, o que não constituiria um problema, visto que isso proporciona uma folga para atender eventuais variações para cima da demanda. A ocupação seria inferior à dos cenários anteriores, visto que a melhora na fluidez dos processos aumentaria o giro dos paletes tanto nas áreas de *Stages* como de PD, diminuindo o tempo de ocupação simultânea das posições paletes e amenizando os picos de capacidade.

Houve um empate entre os Cenários 2 e 3 de acordo com os indicadores selecionados. Como o objetivo deste trabalho é aumentar a produtividade, que é entendida como a quantidade de carregamentos realizados por hora, optou-se pelo Cenário 2, já que os tempos dos caminhões no CD foram minimizados, indicando maior fluxo de veículos.

Logo, feita esta análise final dos cenários, indicou-se para o cliente a implementação dos 3 cenários simultaneamente (Cenário 4). No caso da inviabilidade de implementação de algum deles, a ordem de prioridade para adoção seria o Cenário 2 em primeiro lugar, o Cenário 3 logo em seguida e por último, com ganho bem menos significativo, o Cenário 1.

5.4 Projeção da Proposta de Melhoria no Longo Prazo

Tendo como base a proposta de melhoria do Cenário 4, que é composta pelo aumento de recursos de *Outbound*, inclusão de centrais de customização e aumento das posições de PD com consequente reformulação dos fluxos de equipamentos, analisou-se como ela se comporta com o aumento da demanda previsto até 2023.

A projeção da demanda foi fornecida pela equipe de Logística do cliente e pode ser vista na Figura 5-21, em que o eixo y corresponde à demanda mensal em toneladas ao longo dos anos. Percebe-se pela curva desenhada que existe uma sazonalidade anual com picos no final do ano e uma tendência de crescimento que acompanha a linha vermelha.

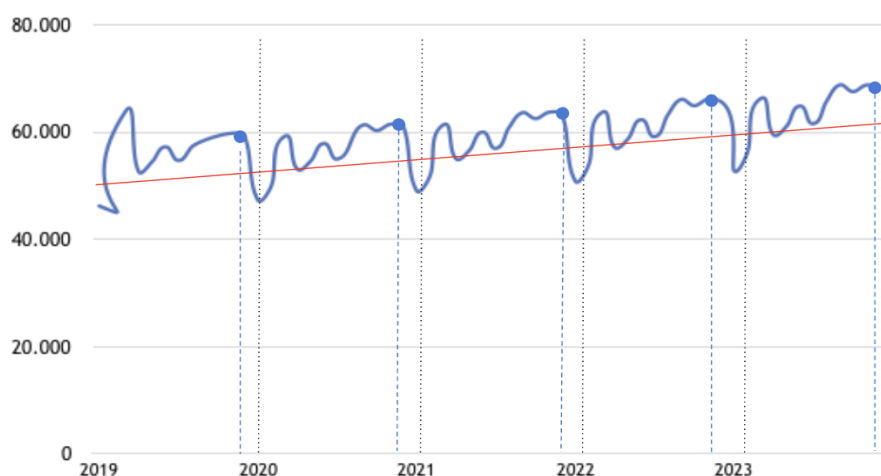


Figura 5-21- Gráfico da projeção da demanda até 2023 (ton x meses)

A partir das informações do gráfico anterior, utilizou-se o modelo de simulação com o ProModel para prever até quando a proposta apresentada seria eficaz para viabilizar o atendimento de todos os pedidos dado o crescimento progressivo da demanda.

A Figura 5-22 compara o volume em toneladas projetado de 2016 até 2023 (curva em azul) ao volume previsto pela simulação da produção do CD. Como indicado pelo gráfico, a partir de setembro de 2021 o CD não conseguiria atingir a produtividade exigida e não atenderia à demanda requerida.

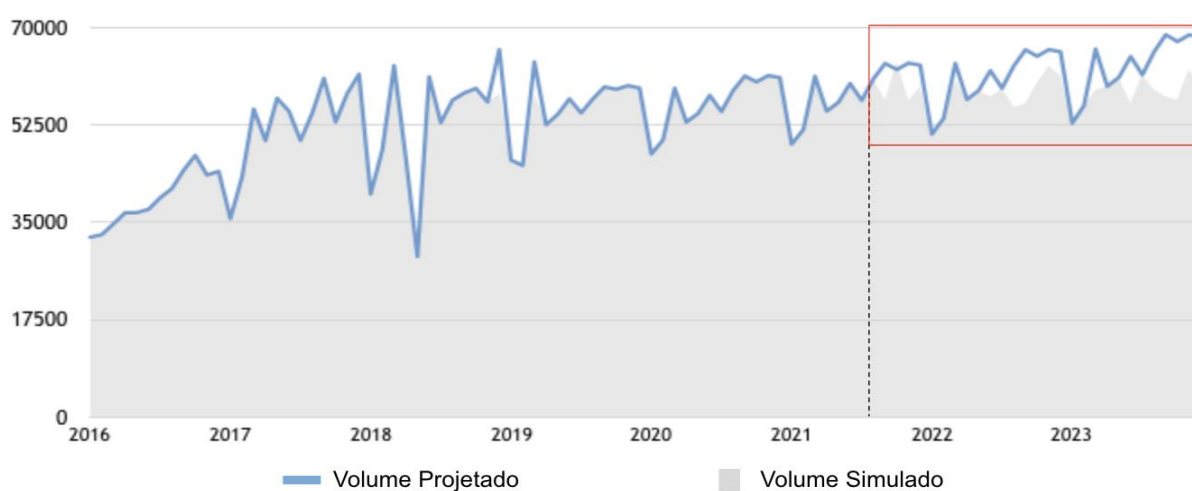


Figura 5-22 - Gráfico de Volume Projetado vs Volume Previsto por simulação (ton x meses)

Portanto, a partir de setembro de 2021, o problema de plena lotação das posições paletes no armazém e de formação de filas nos estacionamentos voltariam a ocorrer.

Conclui-se, portanto, que a partir de 2021 deverá ser estudada a expansão do CD ou até mesmo a construção de um novo CD auxiliar que se encarregue de parte dos pedidos, descentralizando os carregamentos da localização atual e permitindo que juntos consigam atender ao novo volume previsto.

6 CONCLUSÃO

Este último capítulo apresenta as conclusões finais do trabalho e seu respectivo impacto nas operações da empresa. Serão mencionadas também as contribuições obtidas com a aplicação da proposta de melhoria, bem como as dificuldades encontradas.

6.1 Impactos dos resultados do trabalho para a empresa

De forma geral, este trabalho ajudou a empresa cliente a agregar novos mecanismos de gestão de processos e a identificar pontos de melhoria antes desconhecidos. Duas situações de melhoria inesperadas merecem destaque:

1. A ocupação ineficiente dos recursos.
2. O tempo desperdiçado com traslados.

O cenário 3 de melhoria descrito no capítulo 5, que inclui a alteração dos fluxos de equipamentos, mostrou como os recursos estavam mal aplicados e os fluxos mal desenhados na situação atual, tendo como consequência deslocamentos improdutivos e trânsito de empilhadeiras. O mapeamento dos processos e os gráficos de ociosidade dos recursos foram essenciais para identificar esta limitação operacional do CD.

Este foi outro ponto de aprendizado relevante, os fluxogramas auxiliaram na visualização completa dos processos, facilitando a transmissão de conhecimento para quem não atuava diretamente no CD. Durante as reuniões do projeto, todos os integrantes participaram ativamente mesmo sem conviver diariamente com a realidade descrita, trazendo propostas distintas daquelas mencionadas por quem já estava habituado com a rotina do CD.

Por fim, a cronoanálise também trouxe outro benefício evidente para a empresa, que foi a noção dos tempos gastos nas operações e como isso interfere na eficiência dos processos de *Inbound*, *Outbound* e *Picking*. Não se sabia, de forma objetiva, por exemplo, qual era o tempo necessário para a formação de um pedido, dificultando a gestão das tarefas de *Picking*.

6.1.1 Previsão dos impactos da proposta de melhoria

O cenário 4, constatada como a melhor alternativa dentre as apresentadas, nada mais é do que a integração harmoniosa de uma série de modificações pontuais que se complementam.

Além das melhorias já citadas anteriormente, como tratamento dos gargalos e maior fluidez nos processos, a vantagem econômica também pode ser incorporada. Analisando os componentes desse cenário, chega-se às conclusões abaixo:

- Dimensionamento de recursos (Cenário 1)

Visto que o CD já opera em sua capacidade máxima, o enxugamento do quadro de funcionários não é uma alternativa a ser estudada, pelo contrário, prevê-se o aumento em mais de 50% do quadro de auxiliares logísticos I de *Outbound* (de 24 operários para 40 - exatamente 66% a mais que na situação atual).

- Centrais de customização (Cenário 2)

A central de customização, de forma semelhante ao Cenário 1, não traria economia de custo, visto que os auxiliares empregados para esta tarefa já trabalham em sua capacidade máxima. Os ganhos aqui, mais uma vez, seriam decorrentes do aumento da velocidade do processo de *Outbound*, visto que a fixação da operação numa área específica minimiza o tempo de deslocamento do auxiliar I no *Stage*.

- Alteração dos fluxos de movimentação (Cenário 3)

Já a alteração do fluxo de empilhadeiras e transpaleteiras traz não só economia de custos, mas também o aumento da produtividade.

Tomando como exemplo o caso das empilhadeiras, a Figura 5-20 do capítulo 5 mostra que a alteração do fluxo diminui a ociosidade desse recurso em comparação à ociosidade na situação atual (Figura 5-16), isto porque o processo se tornaria mais eficiente e a fluidez permitiria que o operador efetue mais operações no mesmo intervalo de tempo.

Dado que o cenário atual e o Cenário 4 foram simulados com a mesma demanda e no Cenário 4 a distância total percorrida pelo equipamento seria menor, isso implicaria na diminuição das perdas com movimentações improdutivas e consequente economia de combustível.

Todas essas modificações trouxeram ganhos para suportar uma demanda superior em dias de pico, resultando num saldo de 150 posições-paleta (*pp*) nos *Stages* na última semana (consoante à Tabela 23, no Cenário 4).

Dado que um veículo comporta no máximo 30 paletes (*p*) por carregamento e permanece cerca de 7,6 horas no CD (Tabela 23), nesse novo cenário o CD seria capaz de efetuar até *x* carregamentos extras/dia, conforme a Equação 4:

$$x = \frac{pp}{p} * \frac{24}{7,6} \quad x = 15,8 \quad (4)$$

Ou seja, durante o mês, isso pode resultar em cerca de 474 (15,8 carregamentos/dia * 30 dias) carregamentos adicionais no mês.

Estima-se, portanto, um retorno econômico mensal, dado pela Equação 5:

$$R = 474 * mc - 0.66 * ss \quad (5)$$

Sendo, *R* : retorno ; *mc* : margem de contribuição média por carregamento e
ss : soma dos salários do auxiliar logístico I de Outbound

Como o margem de contribuição média de um carregamento é cerca de 10 vezes maior do que a soma dos salários dos auxiliares (*ss* = *mc*/10), a parcela descontada do salário fica irrisória, chegando-se à Equação 6.

$$R \simeq 474 * mc \quad (6)$$

Tendo em vista a demanda mensal de setembro de 2018, de 3600 carregamentos, o ganho (*G*) sobre rendimento total pode ser calculado pelas equações 7 e 8.

$$G = \frac{R}{R_{total}} \quad (7)$$

$$G = \frac{474 * mc}{3600 * mc} \quad G = 0,13 \quad (8)$$

Assim sendo, o aumento da produtividade do CD pode gerar um aumento em torno de 13% na margem de contribuição mensal, sem contar a diminuição dos custos com combustível.

6.2 Dificuldades encontradas durante o projeto

Durante as etapas de planejamento e modelagem existiram alguns entraves para o avanço deste trabalho. O entendimento dos processos e a coleta dos dados de entrada foi a fase mais extensa e custosa. Isto porque se trata de um CD de grande porte, com uma inteligência operacional e computacional de gestão de estoques bastante avançada.

Dada a complexidade dos processos envolvidos, as particularidades de cada operação e a necessidade de simplificar a realidade a ser considerada, foi fundamental definir o que seria importante constar no modelo e o que poderia ser contornado.

Definidas as operações e o detalhamento esperado para o modelo, a coleta de dados foi outro obstáculo ao desenvolvimento do trabalho, tendo em vista a necessidade de cruzar bases de dados muito pesadas e que nem sempre continham todos os dados necessários para o mapeamento e caracterização dos processos.

A interação com o cliente foi bem efetiva durante o projeto, com as equipes envolvidas bastante engajadas, no entanto atrasos no envio de informações que prejudicavam o andamento do trabalho foram inevitáveis.

Além dos dados transmitidos pela própria empresa, o momento da cronoanálise em que a autora foi à campo coletar os tempos junto aos funcionários do CD também foi um pouco penoso. Tendo em vista a extensão do CD e a execução simultânea de diversas operações, muitas vezes foi muito complicado cronometrar uma tarefa do seu início ao fim, já que não se sabia, com antecedência, qual tarefa seria realizada por qual operador e em qual região do CD. Sendo assim, nos primeiros dias foi necessário ficar numa área e esperar até que algum operador realizasse uma operação naquela zona. Ademais, algumas operações como montagem, levavam horas para serem realizadas, atravancando a medição de outras operações por um longo período de tempo.

A dificuldade na coleta de alguns tempos fez com que a amostra fosse menor do que o esperado e, portanto, menos confiável para representar a realidade.

Durante a modelagem, uma dificuldade encontrada foi o entendimento da inteligência de armazenagem, já que o CD trabalha com estocagem livre (seção 2.4). Simplificou-se então o modelo para regiões de produtos conforme as classes A, B e C, determinando a frequência de acesso por área (vide Apêndice).

A multifuncionalidade dos recursos e das áreas de acordo com a necessidade também necessitou um trabalho árduo de programação, visto que a gama de possibilidades de tarefas por recurso/local considerada era extensa. Há modelos de simulação que podem ser construídos somente com as funcionalidades básicas oferecidas pelo ProModel mas, no presente caso, dada a necessidade de incorporar lógicas de funcionamento muito peculiares ao CD objeto de estudo, foi necessário desenvolver e inserir passos de programação mais específicos

Esses e muitos outros obstáculos surgiram durante a etapa de modelagem e validação. A interação contínua com a empresa foi essencial para esclarecer cada detalhe e enriquecer o modelo de simulação.

6.3 Considerações Finais

Além da proposta de melhoria, foi entregue ao cliente o modelo de simulação. Assim sendo, recomenda-se as alterações sugeridas no Cenário 4 e o monitoramento dos desdobramentos com o modelo concedido. Sua utilização irá ajudar, por exemplo, no dimensionamento de recursos para períodos de picos, em que pode haver a necessidade de contratar operadores temporários, calcular horas extras ou alugar equipamentos de terceiros.

O monitoramento da demanda vai além da aplicação do modelo desenvolvido em estudos de simulação, visto que em três anos a proposta sugerida para implementação não será mais efetiva, conforme ilustra o gráfico de projeção da demanda na Figura 5-22, capítulo 5. Assim sendo, é necessário preparar o CD para uma expansão física de sua capacidade ou até mesmo planejar a rede logística da empresa para que um novo CD passe a dividir o atendimento da demanda prevista com o atual CD, de forma a não engargalar novamente os processos logísticos examinados, comprometendo o nível de serviço da empresa.

REFERÊNCIAS

- ANIS G. C. A. **Importância dos Estudos de Tempos e Métodos para Controle da Produtividade e Qualidade.** Disponível em: <<http://www.polimeroseprocessos.com/imagens/tempometodos.pdf>>. Acesso em 15/04/2019.
- ANJARD, R. P. **Process mapping: a valuable tool for construction management and other professionals.** Facilities, vol. 16, 1998.
- BARNES, R.M. **Estudo de tempos e movimentos: projeto e medida do trabalho.** São Paulo: Edgard Blücher, 1977.
- BASTIAN SOLUTIONS. **WMS - Warehouse Management System.** Disponível em: <<https://www.bastiansolutions.com/solutions/service/supply-chain-software/warehouse-management-system/>>. Acesso em: 26/04/2019.
- BIAZZO, S. **Process Mapping Techniques and Organisational Analysis – Lessons From Sociotechnical System Theory.** Business Process Management Journal, Vol 8, 2002.
- BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimentos.** São Paulo: Atlas, 2001.
- CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. **Gestão da Cadeia de Suprimentos: estratégia; planejamento e operações.** 4 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
- COSTA, E. P.; POLITANO, P. R. **Modelagem e Mapeamento: Técnicas Imprescindíveis na Gestão de Processos de Negócios.** XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP. Rio de Janeiro: 2008.
- DIAS, Sérgio Roberto. **Gestão de Marketing.** São Paulo: Saraiva, 2003.
- EXCELEASY. **Curva ABC.** Disponível em: <<https://exceleasy.com.br/curva-abc-noexcel/curva-abc/>>. Acesso em: 26/04/2019.
- FREITAS FILHO, Paulo José de. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas: com Aplicações em Arena.** Florianópolis: Visual Books Ltda., 2008

GONÇALVES, J. E. L. **As Empresas São Grandes Coleções de Processos**. São Paulo: Revista de Administração de Empresas, 2000.

HAMMER, M.; CHAMPY, J. **Reengenharia: revolucionando a empresa em função dos clientes, da concorrência e das grandes mudanças da gerência**. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

INTERROL. **Pallet roller flow fifo picking lane**. Disponível em: <<https://www.interroll.com.br/br/produtos/pallet-handling/first-in-first-out-principle/pallet-roller-flow-fifo-picking-lane/>>. Acesso em: 22/05/2019.

JACOBSEN, Mércio; **Administração de Materiais: um enfoque logístico**. São Paulo: Univali, 2006.

LAW, A.M. & KELTON, W.D. **Simulation Modeling and Analysis**. New York: McGraw Hill, 2000.

MINITAB BRASIL. **Distribuições de probabilidades contínuas e discretas**. Disponível em: <<https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18>>. Acesso em: 30/09/2019.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. e HUBELE, N. F. **Estatística aplicada à engenharia**. Rio de Janeiro: LTC, 2011

MUNÕZ, J.; MORENO, J. L. e PASCUAL, A.; **Outliers: a formal approach**. International Statistical Review, 1990

PRITSKER, A.A.B.: **Introduction to Simulation and SLAM-II**. New York: John Wiley & Sons, 1986.

PROJECTTUS. **Afinal o que é Picking?** Disponível em: <<https://www.projecttus.com/afinal-o-que-e-picking/>>. Acesso em: 25/04/2019.

RAMOS, C., RONDON, B. M., MONTEIRO, C. C., BRAGA, M. R. C. **Evolução da Gestão por Processos na Diretoria de Operações**. 23 Congresso da ABES. Campo Grande, 2005.

RODRIGUES, A.M. **Estratégias de Picking na Armazenagem**, Rio de Janeiro: Coppead/UFRJ, 1999.

RODRIGUES, William Costa. **Metodologia Científica**. Disponível em: <http://unisc.br/portal/upload/com_arquivo/metodologia_cientifica.pdf>. Acesso em: 07/04/2019.

SENTANIN, O. F. **Gestão por processos em uma empresa de pesquisa e desenvolvimento: objetivo estratégico de um modelo de gestão**. Tese (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo: São Carlos, 2004.

SHANNON, R.E. **Systems Simulation: the Art and Science**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1975.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 3ed, 2009.

SOUZA, E. L. **Proposta e aplicação de um modelo de cronoanálise para os setores de soldagem e montagem de uma empresa de agronegócios**. Faculdade Horizontina (FAHOR): Horizontina, 2012.

TOLEDO JÚNIOR, I.F.B. **Tempos & Métodos**. Mogi das Cruzes: Assessoria Escola Editora, 2004.

TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística**. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

VARIEMAQ. **Movimentação em armazéns**. Disponível em: <variemaq.com.br>. Acesso em: 17/09/ 2019.

VIANA J. R.; BONFIM W. B.; DUARTE J. A. S. **Os benefícios da cronoanálise. XXXV encontro nacional de engenharia de produção, ENEGEP, 2015**. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_206_221_28073.pdf>. Acesso em 15/04/2019.

VIANA, José João; **Administração de materiais um enfoque prático**. São Paulo: Atlas, 2006.

VIEIRA, Darli; **Projetos de centro de distribuição: fundamentos, metodologia e prática para a moderna cadeia de suprimento**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

VOITTO. **Fluxograma, o que é e como fazer**. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/fluxograma>>. Acesso em: 24/05/2019.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Planta do CD

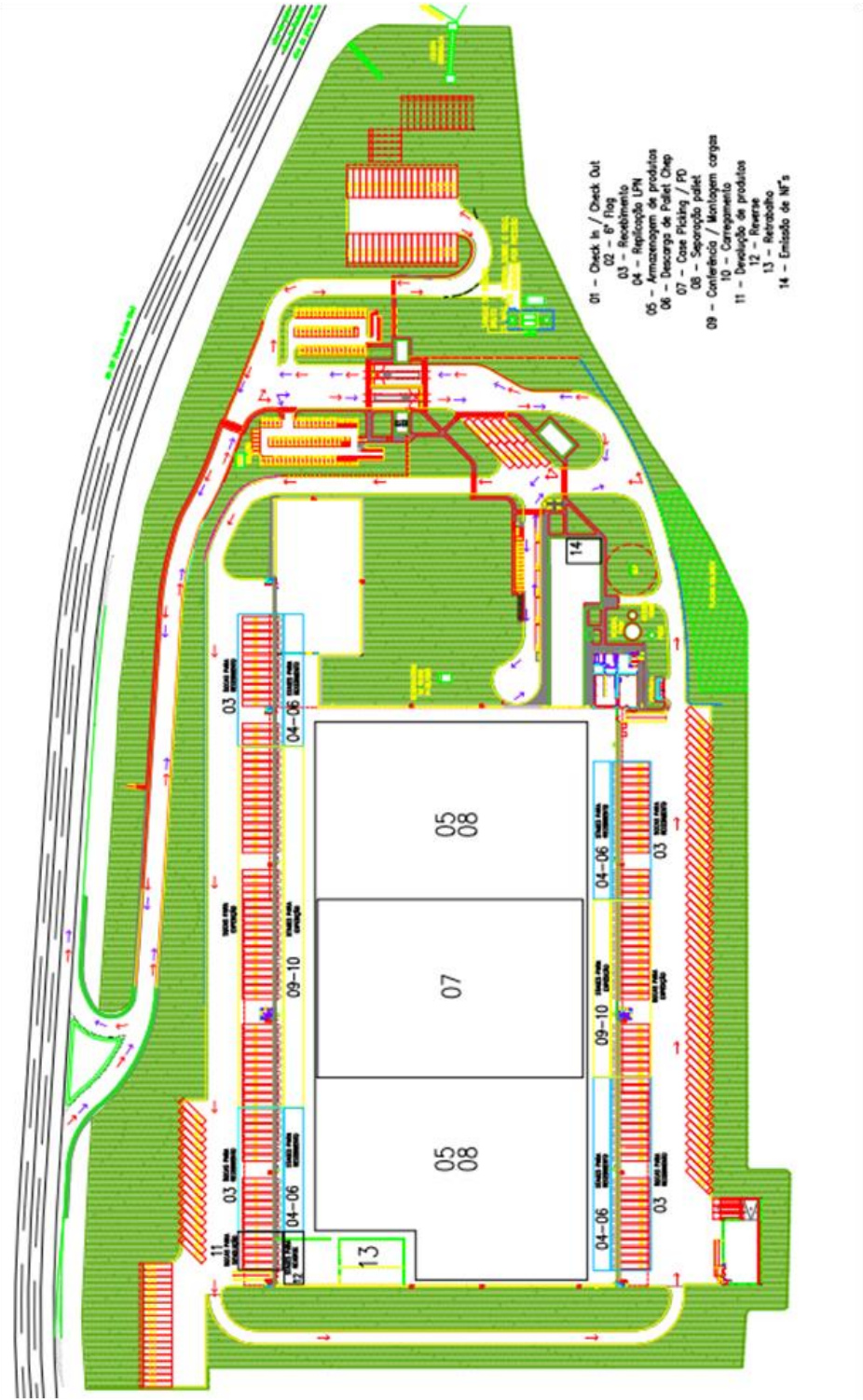


Figura A-1– Planta do CD

APÊNDICE B - Listas de tempos (min) coletados na Cronoanálise

Tabela B-1 - Tempos das operações coletados na Portaria

PORTARIA					
Check-in INBOUND			Check-in OUTBOUND		
Ordem	Tempo	Anotação	Ordem	Tempo	Anotação
1	2,92		1	3,48	
2	2,28		2	4,68	
3	2,42		3	5,12	
4	5,92		4	8,07	
5	1,82		5	9,28	s/ cadastro
6			6	3,33	
7			7	3,53	
8			8	2,22	parqueado
9			9	3,67	
10			10	3,28	DFD
11			11	1,98	
12			12	2,65	
13			13	9,52	
14			14	2,83	
15			15	4,33	
16			16	9,50	
17			17		
18			18		
19			19		
20			20		
21			21		

Tabela B-2 - Tempos das operações coletados no Despacho

DESPACHO					
Liberação de NF			Gestão de risco		
Ordem	Tempo	Anotação	Ordem	Tempo	Anotação
1	12,22		1	5,13	
2	75,00		2	2,75	
3	143,00	divergência entre NF e DT	3		Transp. ã passou rasteador (60)
4	15,00		4	3,70	
5	117,00		5	2,33	
6	122,00		6	3,05	
7	85,00		7	2,27	
8	22,00		8	2,37	
9	36,00		9	2,00	
10	29,00		10	2,77	
11	29,00		11		
12	15,00		12		
13	80,00		13		
14	55,00		14		
15	51,00		15		
16	35,00		16		
17	49,00		17		
18	15,00		18		
19			19		
20			20		
21			21		

Tabela B-3 - Tempos das operações coletados no processo de *Inbound*

INBOUND											
Descarregamento - Doca			Replicação de LPN - Stage			Pega Empilhadeira - Stage			Tempo de Depósito Empilhadeira - Stock		
Ordem	Tempo	Anotação	Ordem	Tempo	Anotação	Ordem	Tempo	Anotação	Ordem	Tempo	Anotação
1	1,03	Tanto para começar quanto para terminar, o tempo de abertura/ fechamento da doca é cerca de 30s	1	0,17		1	0,30		1	0,47	Depósito nos 3 primeiros andares (produtos de maior giro, teoricamente...)
2	0,85		2	0,12		2	0,45		2	0,33	
3	0,85		3	0,10		3	0,23		3	0,40	
4	1,00		4	0,08		4	0,27		4	0,90	
5	0,80		5	0,12		5	0,50		5	0,38	
6	0,80		6	0,10		6	0,10		6	0,37	
7	0,87		7	0,15		7	0,33		7	0,33	
8	0,78		8	0,08		8	0,33		8	0,35	
9	0,78		9	0,07		9	0,32		9	1,83	Depósito nos últimos andares
10	0,75		10	0,08		10	0,35		10	2,73	
11	0,77		11	0,08		11	0,22		11	0,83	
12	1,05		12	0,07		12	0,90		12	0,80	
13	0,97		13			13	1,02		13	1,20	
14	0,80		14			14	0,20		14	1,17	
15	0,83		15			15	0,58		15	1,42	
16	0,63		16			16	0,57		16	1,73	
17	0,65		17			17	0,42		17	1,22	
18	0,92		18			18	0,73		18	1,08	
19	0,88		19			19	0,73		19	0,37	
20	0,73		20			20	0,43		20	1,82	
21	0,78		21			21			21	0,27	
22	0,75		22			22			22	0,47	
23	0,83		23			23			23	1,13	
24	1,00		24			24			24	1,52	
25	0,75		25			25			25	2,40	
26	0,83		26			26			26	1,08	
27	1,02		27			27			27	4,33	
28	0,87		28			28			28	1,27	
29	0,88		29			29			29	1,30	
30	1,25	LPN face errada	30			30			30	1,63	
31	1,25		31			31			31	0,97	
32	1,05		32			32			32		
33	0,88		33			33			33		
34	0,90		34			34			34		
35	0,97		35			35			35		
36	0,67	mais de 1 pallet	36			36			36		
37			37			37			37		

Tabela B-4 - Tempos das operações coletados no processo de *Picking*

PICKING											
Pegar Pallet Vazio - PD			Pega Caixa - Stock			Ciclo por linha de pedido - Stock			Pegar Pallet com pedido - PD		
Ordem	Tempo	Anotação	Ordem	Tempo	Anotação	Ordem	Tempo	Anotação	Ordem	Tempo	Anotação
1	0,85		1	0,03		1	4,67		1	0,30	
2	0,52		2	0,03		2	3,68		2	0,45	
3	0,57		3	0,04		3	2,97		3	0,42	
4	0,08		4	0,08		4	4,70		4	0,17	
5	0,82		5	0,03		5	0,90		5	0,18	
6	0,52		6	0,03		6	7,97		6	0,87	
7	0,52		7	0,03		7	3,50		7	0,53	
8	0,73		8	0,03		8	4,58		8	0,62	
9	1,55		9	0,03		9	5,05		9	0,27	
10			10	0,04		10	1,47		10	0,72	
11			11	0,03		11	0,90		11	0,55	
12			12	0,03		12	1,25		12	0,33	
13			13	0,04		13	2,10		13	0,75	
14			14	0,08		14	2,97		14	0,40	
15			15	0,03		15	4,68		15	0,30	
16			16	0,05		16	5,38		16	0,47	
17			17	0,07		17	9,40		17	0,53	
18			18	0,06		18	1,25		18	0,52	
19			19	0,03		19	0,88		19	0,45	
20			20	0,06		20	1,97		20	0,30	
21			21	0,07		21	2,52		21	0,48	
22			22	0,02		22	1,22		22	0,18	
23			23	0,03	Em média 2 a 3 caixas por vez	23	0,97		23		pallet mal montado (6.22)
24			24	0,04		24	0,67		24	0,28	
25			25	0,02		25	1,42		25	0,30	
26			26	0,04		26			26		
27			27	0,03		27			27		
28			28	0,02		28			28		
29			29	0,05		29			29		
30			30	0,08		30			30		
31			31	0,10		31			31		
32			32	0,03		32			32		
33			33	0,04		33			33		
34			34	0,03		34			34		
35			35	0,09		35			35		
36			36	0,03		36			36		
37			37	0,06		37			37		
38			38	0,05		38			38		
39			39	0,04		39			39		
40			40	0,03		40			40		
41			41	0,03		41			41		
42			42	0,09		42			42		
43			43	0,12		43			43		
44			44	0,08		44			44		
45			45	0,03		45			45		
46			46	0,08		46			46		

Tabela B-5 - Tempos das operações coletados no processo de *Outbound*

OUTBOUND

Carregamento - Doca			Stretchar pallet - Stage			Pega Empilhadeira - Stock			Depósito - Stage		
Ordem	Tempo	Anotação	Ordem	Tempo	Anotação	Ordem	Tempo	Anotação	Ordem	Tempo	Anotação
1	0,50	roda travou	1	1,65	por pallet	1	0,50		1	0,47	pallet full
2	0,67		2	1,67		2	2,32		2	0,23	
3	0,65		3	2,00		3	0,65		3	0,48	
4	0,48		4	0,83		4	0,98		4	0,33	
5	0,60		5	1,33		5	0,98		5	0,40	
6	0,47		6	1,82		6	0,53		6	0,40	
7	0,63		7	0,98		7	0,85		7	0,53	
8	0,47		8	1,20		8	0,62		8	0,38	
9	0,53		9	1,18		9	0,55		9	0,50	
10	0,55		10	1,03		10	1,00		10	0,78	
11	1,33		11	0,87		11	1,65		11	0,75	
12	1,07	roda travou	12	1,25	12	0,62	12	0,28			
13	1,00	2 pallets por vez	13		13	1,05	13	0,38			
14	3,72		14		14	0,38	14	0,35			
15	1,82		15		15	0,70	15	0,52			
16	2,55		16		16	0,33	16	0,83			
17	2,83		17		17	0,93	17	0,47			
18	2,65		18		18	0,78	18	0,70			
19	1,57		19		19	1,38	19	0,78			
20	1,23		20		20	0,72	20				
21	1,48		21		21	0,62	21				
22	1,97		22		22	1,10	22				
23	0,70		23		23		23				
24	1,88	24		24		24					
25	1,65	25		25		25					
26	2,17	26		26		26					
27	2,55	27		27		27					
28	2,90	28	12,70 carga inteira	28		28					
29	1,57	29		29		29					
30		30		30		30					
Montagem da carga			105,00								

APÊNDICE C - Resultados da Cronoanálise

Tabela C-1 - Curvas de distribuição por operação

Local	Operação	Distribuição	Curva
Portaria	O1 Check-in INBOUND	Pearson 5 (min, alpha, beta)	P5(1.5, 1.7, 1.32)
	O2 Check-in OUTBOUND	Weibull Inversa (min, alpha, beta)	WI(0.2, 2.3, 0.3)
Despacho	O3 Liberação de NF - total	Beta (min, alpha, beta)	B(12.2, 148, 0.5)
	O4 Gestão de risco	Weibull Inversa (min, alpha, beta)	WI(1.5, 1.9, 1.2)
Inbound	O5 Descarregamento - Doca	Pearson 5 (min, alpha, beta)	P5(0.2, 22.6, 13.9)
	O6 Replicação de LPN - Stage	Gaussiana Inversa (min, alpha, beta)	GI(0.06, 0.03, 0.04)
	O7 Pega Empilhadeira - Stage	Log-logística (min, p, beta)	Log-logística(-0.015, 3.35, 0.41)
	O8 Tempo de Depósito Empilhadeira - Armazém	Beta (min, alpha, beta)	B(0.3, 13.7, 1.0)
Picking	O9 Pegar Pallet Vazio - PD	Log-logística (min, p, beta)	Log-logística(-0.8, 7.8, 1.4)
	O10 Pega Caixa - Armazém	Gaussiana Inversa (min, alpha, beta)	GI(0.01, 0.05, 0.03)
	O11 Ciclo por linha de pedido - Armazém	Erlang (min, m, beta)	ER(2.4, 1, 0.7)
	O12 Pegar Pallet com pedido - PD	Gaussiana Inversa (min, alpha, beta)	IG(-0.09, 4.1, 0.5)
Outbound	O13 Carregamento - Doca	Beta (min, alpha, beta)	B(0.5, 4.1, 0.4)
	O14 Envolver paleta com filme stretch - Stage	Beta (min, alpha, beta)	B(0.8, 2.0, 0.6)
	O15 Pega Empilhadeira - Armazém	Weibull Inversa (min, alpha, beta)	WI(-0.7, 5.2, 0.7)
	O16 Depósito - Stage	Erlang (min, m, beta)	ER(0.2, 3, 0.1)

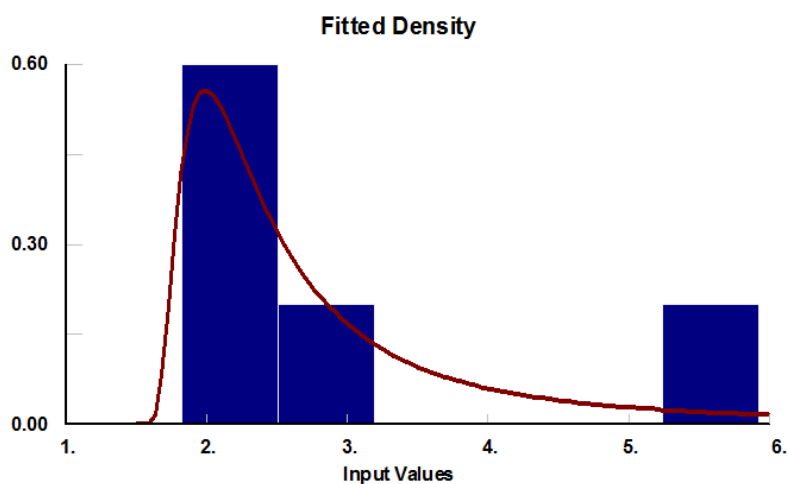


Figura C-1 - Distribuição Pearson 5 da Operação O1

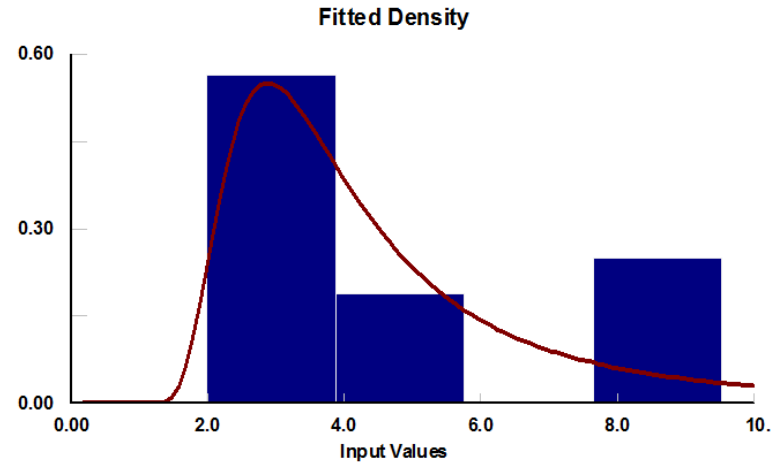


Figura C-2 - Distribuição Weibull Inversa da Operação O2

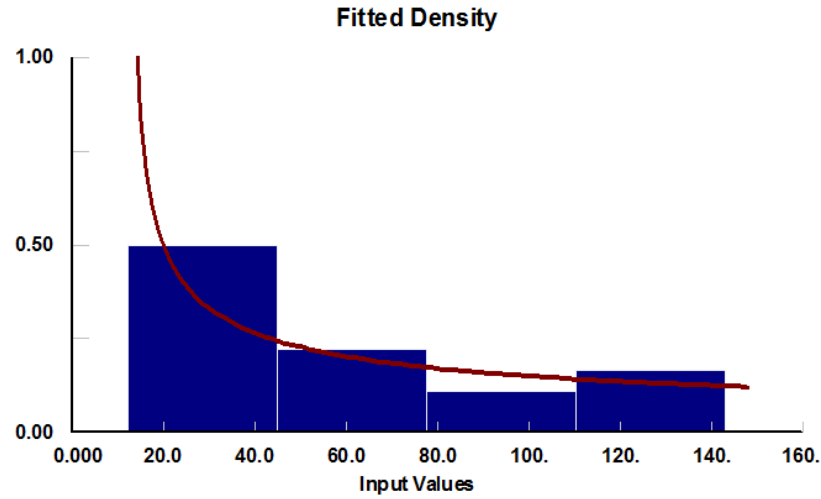


Figura C-3 - Distribuição Beta da Operação O3

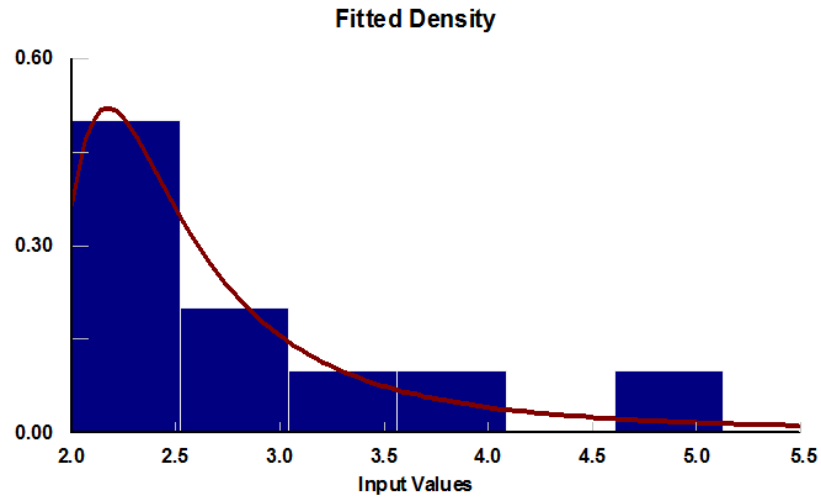


Figura C-4 - Distribuição Weibull Inversa da Operação O4

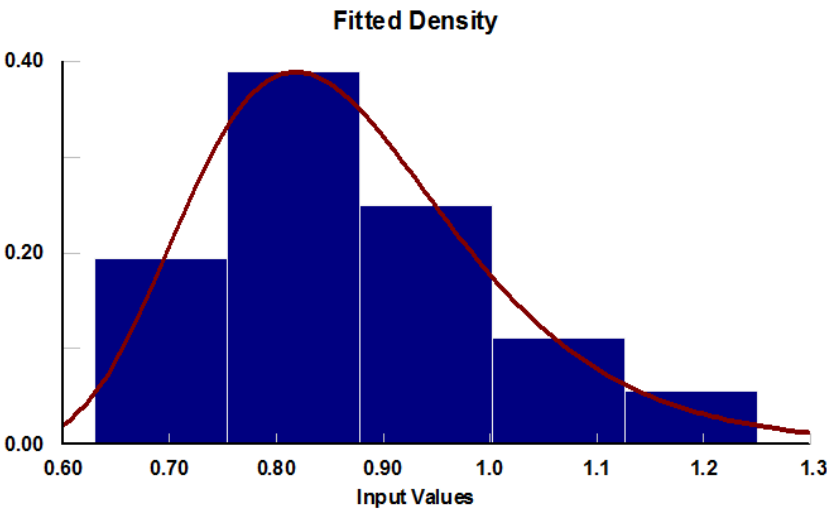


Figura C-5 - Distribuição Pearson 5 da Operação O5

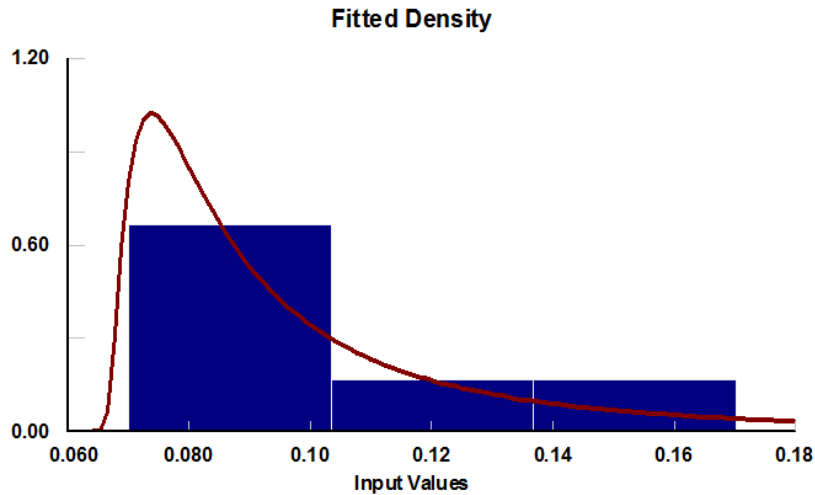


Figura C-6 - Distribuição Gaussiana Inversa da Operação O6

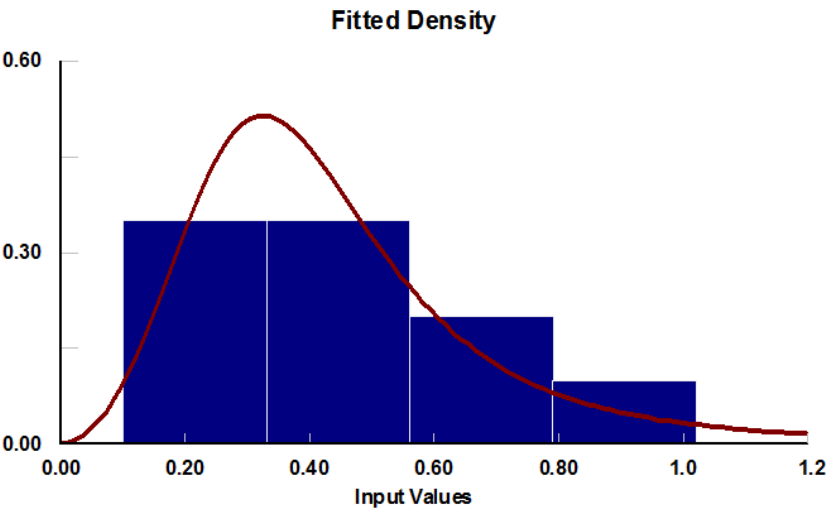


Figura C-7 - Distribuição Log-logística da Operação O7

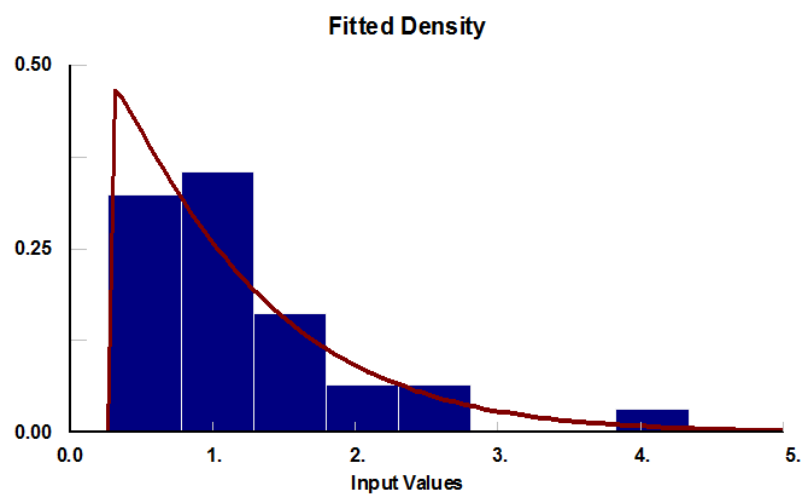


Figura C-8 - Distribuição Beta da Operação O8

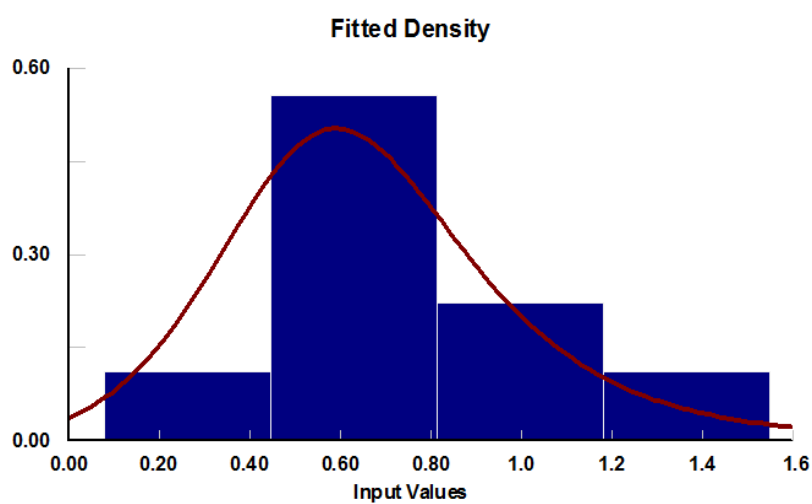


Figura C-9 - Distribuição Log-logística da Operação O9

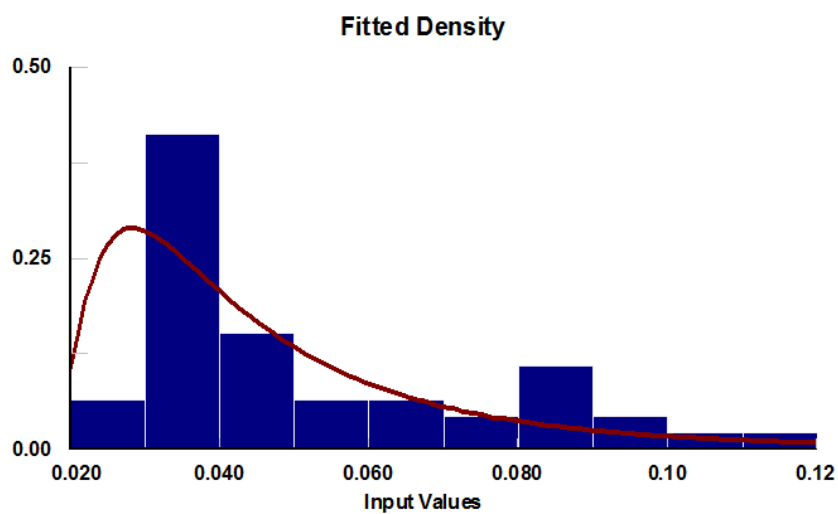


Figura C-10 - Distribuição Gaussiana Inversa da Operação O10

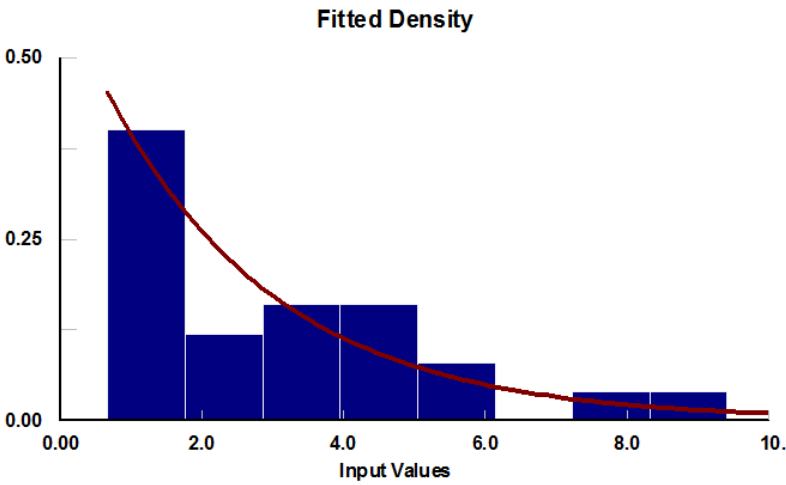


Figura C-11 - Distribuição Erlang da Operação O11

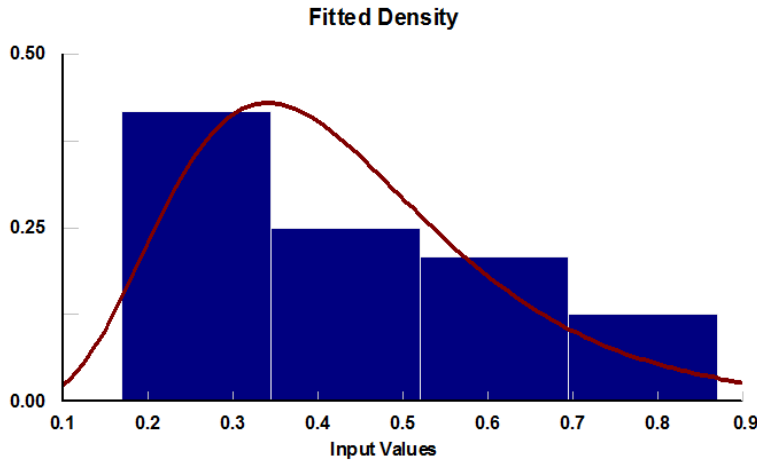


Figura C-12 - Distribuição Gaussiana Inversa da Operação O12

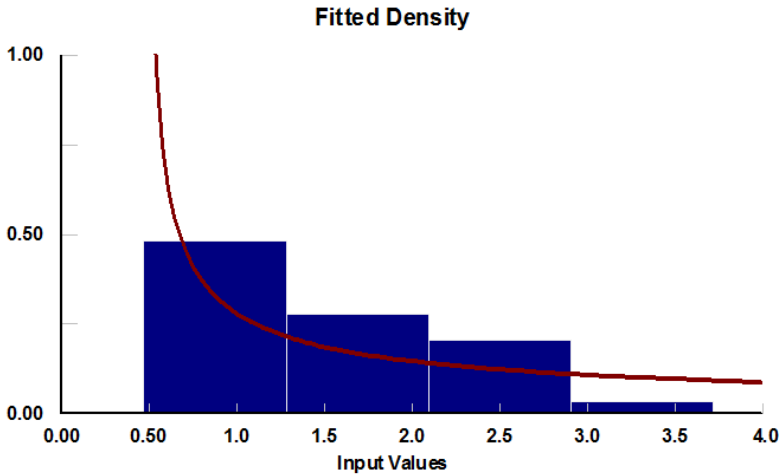


Figura C-13 - Distribuição Beta da Operação O13

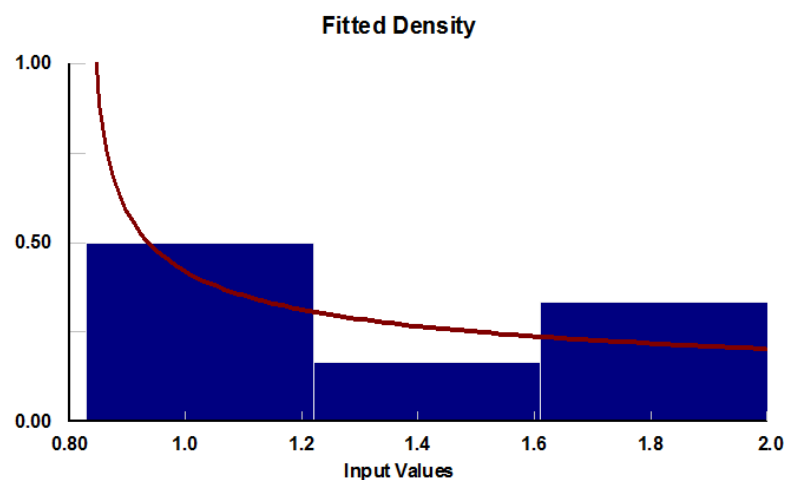


Figura C-14 - Distribuição Beta da Operação O14

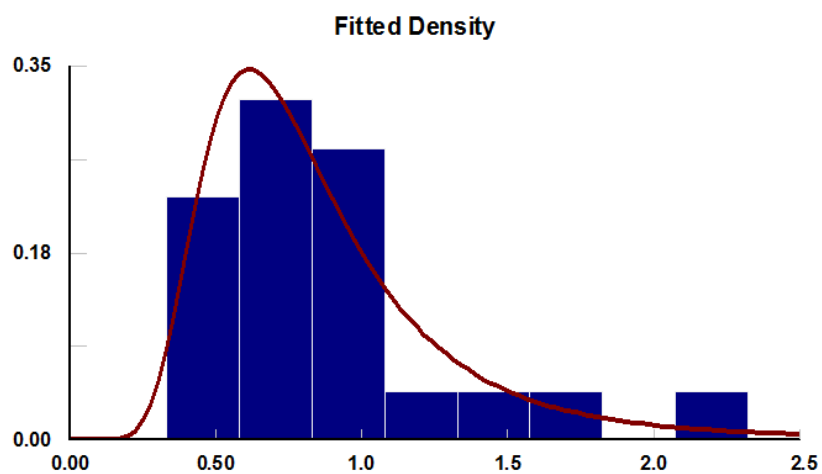


Figura C-15 - Distribuição Weibull Inversa da Operação O15

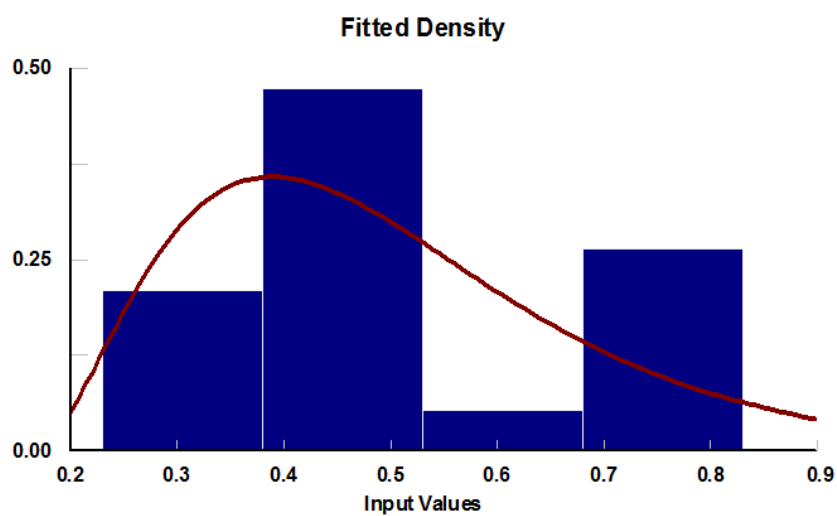


Figura C-16 - Distribuição Erlang da Operação O16

APÊNDICE D - Dados de entrada do Modelo: Posicionamento dos paletes por classe ABC

A Tabela D-1 ilustra o posicionamento dos paletes por classe ABC nos *racks* verticais de A a J por corredores numerados de 1 a 82 (horizontal).

APÊNDICE E - Dados de entrada do Modelo: Posicionamento dos paletes por família

A Tabela E-1 ilustra o posicionamento dos paletes por família nos *racks* verticais de A a J por corredores numerados de 1 a 82 (horizontal), sendo F paletes da família FOODs e H paletes da família HPC.

Tabela E-1 - Posicionamento dos paletes por família

[illegible]

APÊNDICE F - Dados de entrada do Modelo: Layout de Picking por família

A Tabela F-1 ilustra o posicionamento dos paletes por família na área de *Picking* (térreo), nos corredores numerados de 1 a 26, sendo FD paletes da família FOODs, HC e PC paletes da família HPC e MT uma linha embalagens frágeis da empresa.

Tabela F-1 - Posicionamento dos paletes por família no *Picking*

[illegible]

APÊNDICE H - Dados de entrada do Modelo: Volume de entrada dia-a-dia

Tabela H-1 - Volume de entrada por dia do mês de setembro de 2018

Volume (ton) - <i>Outbound</i>		Volume (ton) <i>Inbound</i>	
1	1693	1	1421
2	3	2	0
3	1382	3	2075
4	1367	4	2083
5	1507	5	2835
6	1618	6	3233
7	1223	7	2176
8	1587	8	2025
9	11	9	0
10	1634	10	3140
11	2080	11	2555
12	2572	12	2488
13	2390	13	2457
14	1854	14	3216
15	2613	15	2371
16	3	16	2754
17	2218	17	0
18	2639	18	2735
19	2984	19	2704
20	2712	20	2724
21	2959	21	2912
22	2829	22	2253
23	2437	23	1327
24	2490	24	1751
25	3218	25	1553
26	3243	26	2164
27	3919	27	1799
28	3416	28	1341
29	4619	29	1026
30	4612	30	75

Tabela H-2 - Representação do volume de carregamento por família em setembro de 2018

Divisão	<i>Inbound</i>	<i>Outbound</i>
Aerossol	6%	10%
HC	47%	25%
PC	23%	43%
FOODS	22%	17%
MT	2%	5%

APÊNDICE I - Ambiente de Simulação

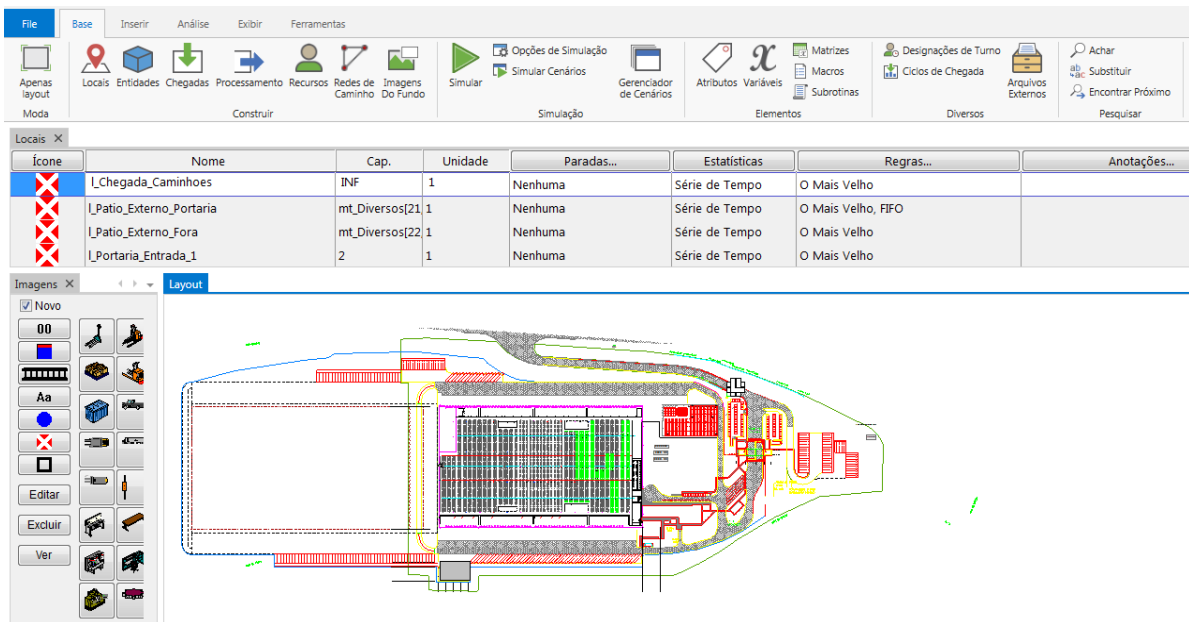


Figura I-1 - Visão do ambiente de simulação no ProModel

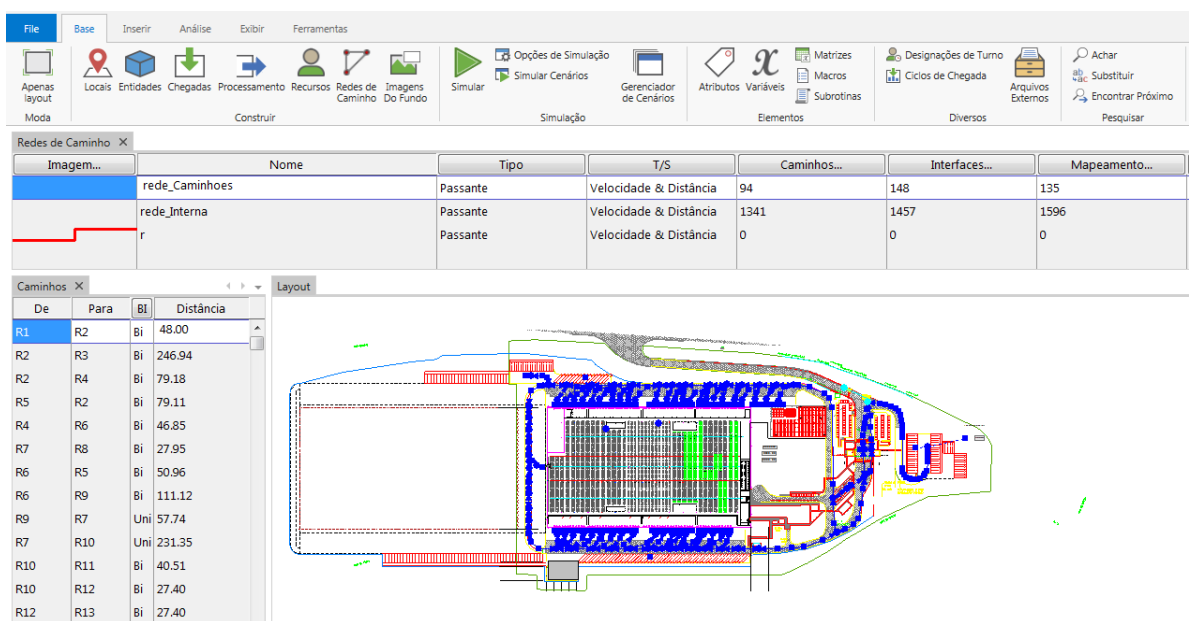


Figura I-2 - Visão da rede de caminhos dos caminhões no ProModel (em azul)

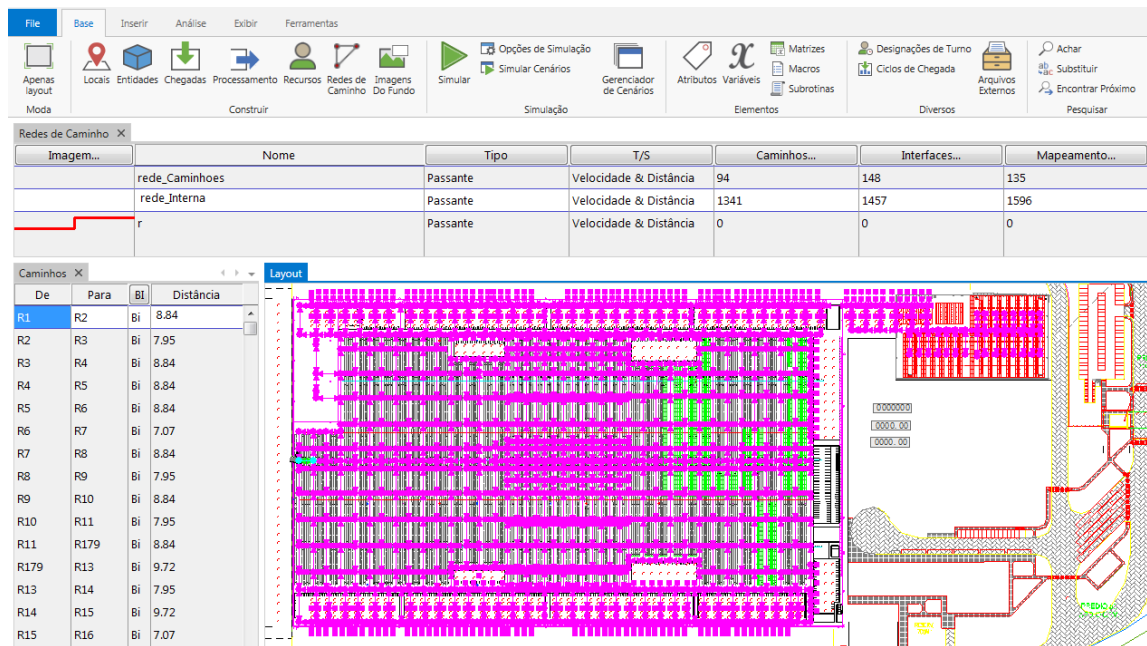


Figura I-3 - Visão da rede de caminhos interna (movimentação de entidades e recursos) no ProModel (em rosa)

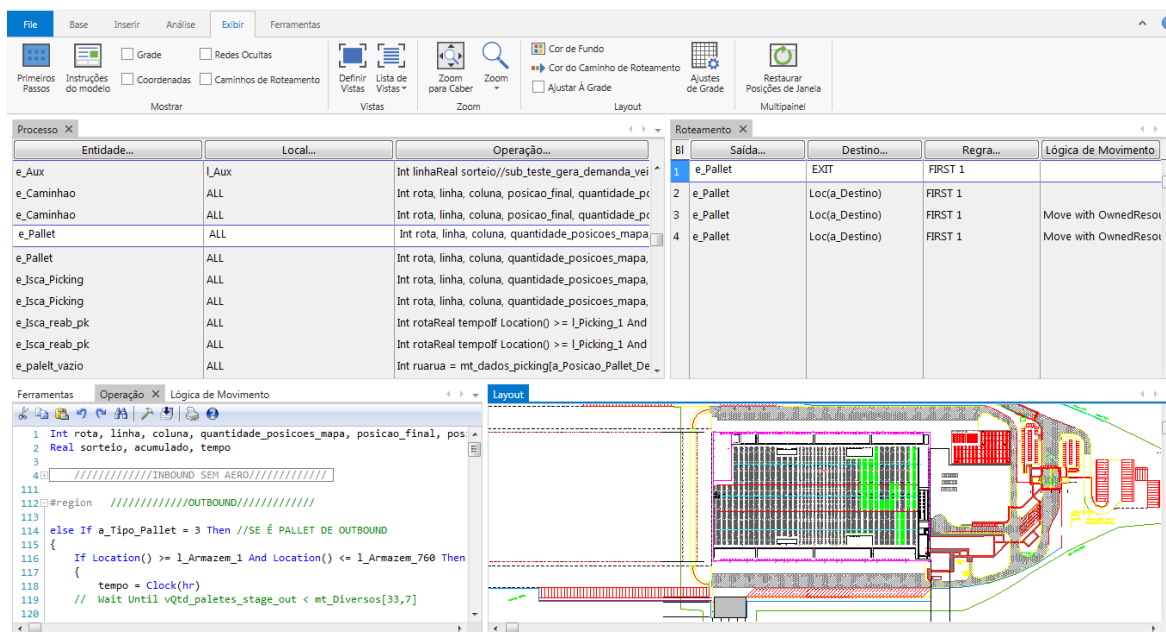


Figura I-4 - Visão de alguns dos processos criados no ProModel

APÊNDICE J - Ambiente de Resultados de ProModel

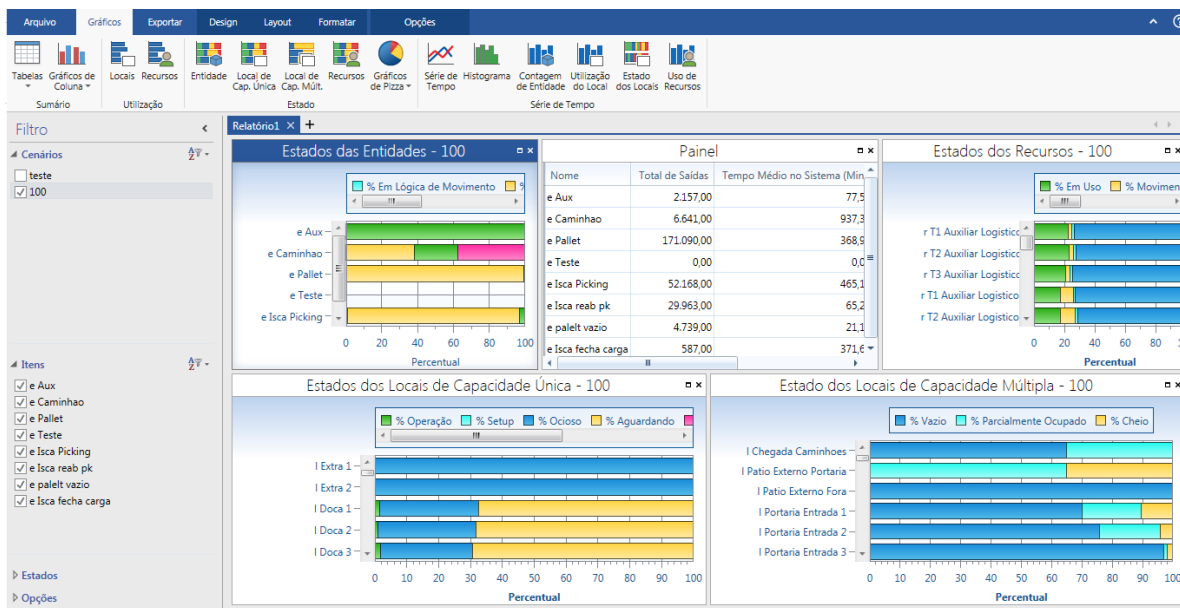


Figura J-1 - Relatório geral de resultados gerado automaticamente no “Output Viewer” do ProModel

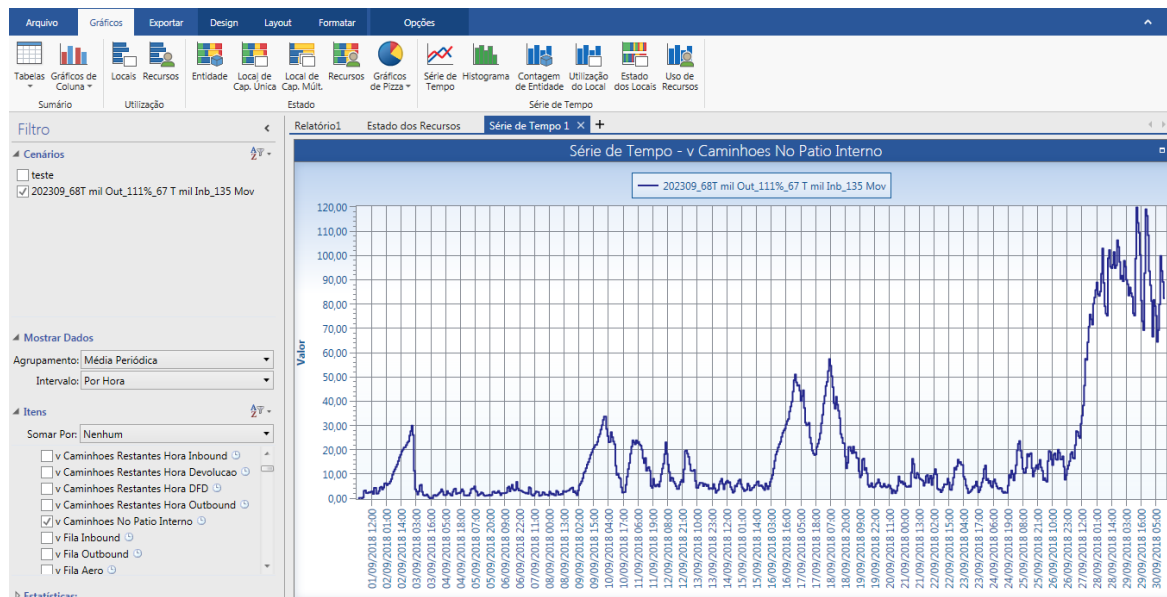


Figura J-2 - Série temporal da ocupação do estacionamento criado no “Output Viewer” do ProModel

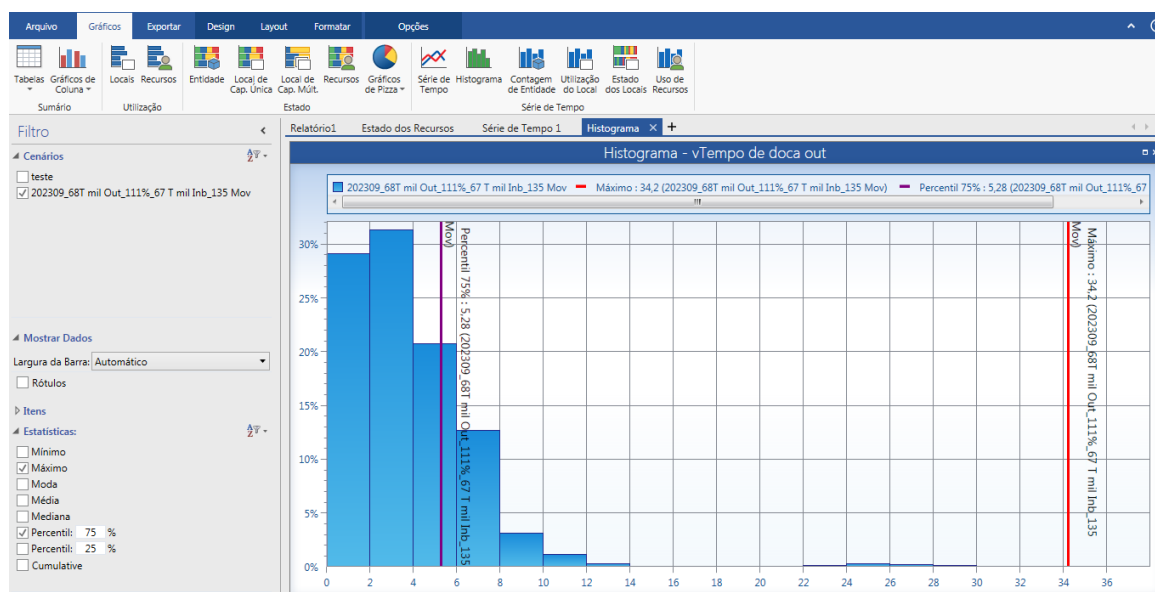


Figura J-3 - Histograma de tempo de doca criado no “Output Viewer” do ProModel

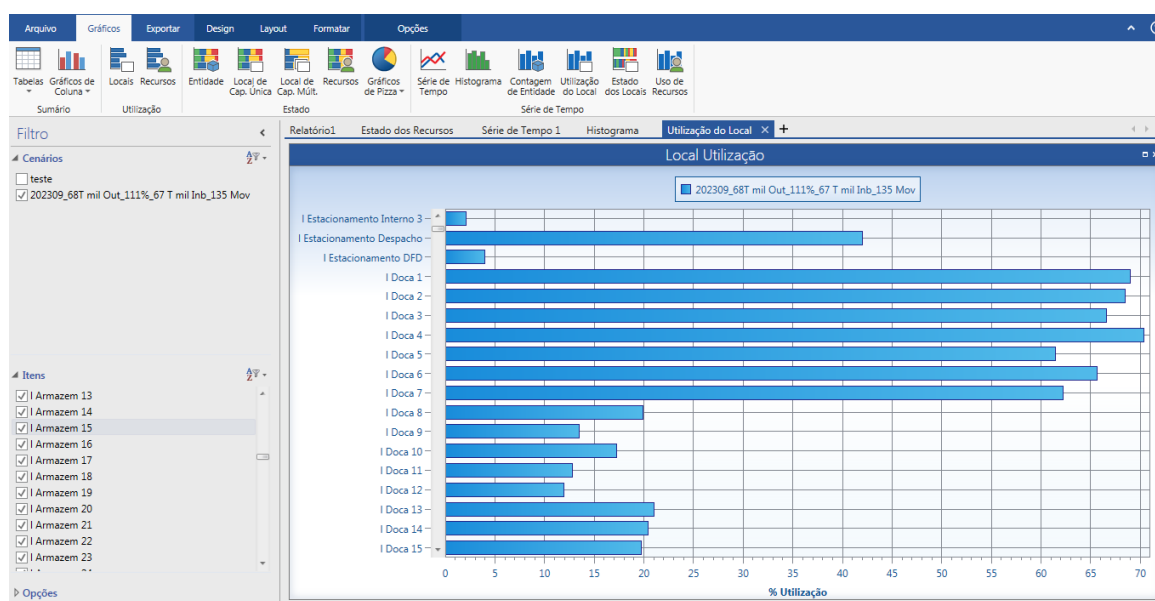


Figura J-4 - Gráfico em barras da utilização dos locais criado no “Output Viewer” do ProModel

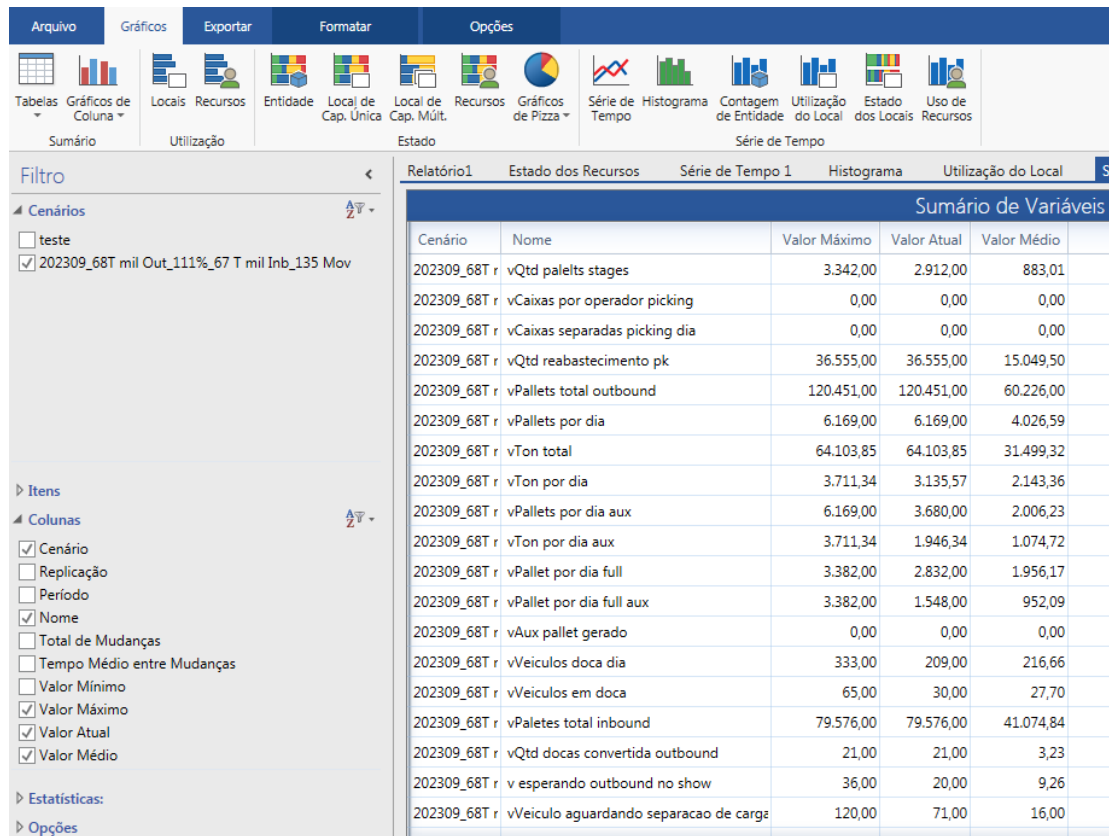


Figura J-5 - Acompanhamento dos valores das variáveis criado no “Output Viewer” do ProModel