

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



Carlos Alberto Patrício Pires Júnior

**TRANSPORTE INTERNACIONAL DE CARGA AÉREA:
MODELAGEM E AVALIAÇÃO DE MELHORIAS NO
TERMINAL DE CARGAS EM AEROPORTOS ATRAVÉS
DE MODELAGEM COMPUTACIONAL – UM ESTUDO
DE CASO DE VIRACOPOS.**

*Trabalho de Graduação
2012*

***Curso de Engenharia
Civil-Aeronáutica***

Carlos Alberto Patrício Pires Júnior

Transporte internacional de carga aérea: Modelagem e Avaliação de melhorias no terminal de cargas em aeroportos através de modelagem computacional – Um estudo de caso de Viracopos.

Orientador

Prof. Dr Anderson Ribeiro Correia (Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA)

Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Divisão de Informação e Documentação

Pires Júnior, Carlos Alberto Patrício
Transporte internacional de carga aérea: Modelagem e Avaliação de melhorias no terminal de cargas em aeroportos através de modelagem computacional – Um estudo de caso de Viracopos
/ Carlos Alberto Patrício Pires Júnior
São José dos Campos, 2012.
Número de folhas no formato 67f.

Trabalho de Graduação – Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica –
Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2012. Orientadores: Prof. Dr. Anderson Ribeiro Correia.

1. Trabalho de Graduação. 2. Terminal de Carga em Aeroportos. 3. Simulação. I. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. II. Título

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PIRES JÚNIOR, Carlos Alberto Patrício. **Transporte internacional de carga aérea: Modelagem e Avaliação de melhorias no terminal de cargas em aeroportos através de modelagem computacional – Um estudo de caso de Viracopos** 2012. 67f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Carlos Alberto Patrício Pires Júnior

TÍTULO DO TRABALHO: Transporte internacional de carga aérea: Modelagem e Avaliação de melhorias no terminal de cargas em aeroportos através de modelagem computacional – Um estudo de caso de Viracopos

TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação / 2012

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.

Carlos Alberto Patrício Pires Júnior
Pça Mal-do-Ar Eduardo Gomes, 50 – Vl. Acácias
12228-900 São José dos Campos – SP

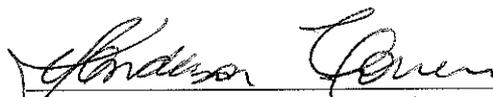
**TRANSPORTE INTERNACIONAL DE CARGA AÉREA: MODELAGEM E AVALIAÇÃO DE
MELHORIAS NO TERMINAL DE CARGAS EM AEROPORTOS ATRAVÉS DE
MODELAGEM COMPUTACIONAL – UM ESTUDO DE CASO DE VIRACOPOS.**

Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação



Carlos Alberto Patrício Pires Júnior

Autor



Prof. Dr Anderson Ribeiro Correia (Instituto Tecnológico de Aeronáutica)

Orientador



Prof. Dr Eliseu Lucena Neto

Coordenador do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

São José dos Campos, 19 de Novembro de 2012

Dedico este trabalho à minha família,
que esteve comigo nos momentos de felicidade
e dificuldades durante toda essa jornada
de busca pela competência técnica
e consciência cidadã.

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar à minha família, em especial aos meus pais. A contribuição de ambos começa no momento em que são os responsáveis pelos valores que pertencem, continua como as pessoas com as quais eu posso contar para compartilhar as minhas alegrias e dificuldades que essa jornada me proporcionou. Me apoiaram no momento mais delicado em que os sonhos pareciam que não podiam ser alcançados.

Ao meu orientador Prof. Dr. Anderson Ribeiro Correia por sempre ter o discernimento de guiar nos desafios que iriam ser enfrentados.

Ao relator Prof. Dr. Carlos Muller por ter auxiliado no engrandecimento do trabalho com dúvidas que permitiram a conclusão do mesmo.

Ao mestrando Davi Mendes, que mesmo com sua restrição de tempo livre esteve presente nos horários e dias mais inusitados para que fosse possível aperfeiçoar e adaptar o modelo para as diferentes necessidades.

À INFRAERO por ter se disponibilizado para a realização de visitas imprescindíveis à realização da pesquisa de campo.

Aos meus amigos do ITA que estiveram presentes nos momentos de diversão e aprendizado por todos esses 5 anos.

*“Nós não somos o que gostaríamos de ser.
Nós não somos o que ainda iremos ser.
Mas, graças a Deus,
Não somos mais quem nós éramos.”*

Martin Luther King

Resumo

Este trabalho tem como objetivo avaliar o funcionamento logístico de um terminal de cargas aeroportuário, identificar possíveis melhorias a serem realizadas e avaliar o impacto de cada uma delas através de modelagem computacional por meio de um modelo construído no software Arena. Os resultados das simulações indicam que as alterações de variáveis e parâmetros de processamento produzem melhorias no processo global, aumentando a quantidade de unidades processadas pelo terminal em um dado período de tempo. O trabalho conseguiu hierarquizar quais seriam modificações mais eficientes e considerações sobre os diversos investimentos previstos. Demais considerações são desenvolvidas e discutidas ao longo do trabalho.

Abstract

This study aims to evaluate the functioning of a logistics airport cargo terminal, identify possible improvements to be performed, and assess the impact of each of them through computational modeling using a model built in Arena software. Simulation results indicate that changes in processing variables and parameters produce improvements in the overall process by increasing the amount of units processed by the terminal in a given period of time. For instance, it was found that changing the storage general logic has a greater impact over the logistical process at the terminal than the reduction of processing time of the crane (automated equipment for handling vertical / horizontal loads in the storage area). Other considerations are developed and discussed throughout the paper.

Lista de Figuras

Figura 1 – Tipos de transações entre os agentes do transporte aéreo. Fonte: Adaptado de Yat-wah Wan et al (1998)	19
Figura 2 – Esquema do fluxo da carga de importação	20
Figura 3 – Esquema do fluxo da carga de exportação.....	22
Figura 4 – Esquema do fluxo da carga de trânsito	23
Figura 5 – Etapas da elaboração de um modelo	31
Figura 6 – Layout de funcionamento do Teca – Importação.....	38
Figura 7 – Fluxograma detalhado da entrada de carga – Parte 1 – Fonte:Elaboração do Autor. .	39
Figura 8 – Fluxograma detalhado da entrada de carga – Parte II – Fonte:Elaboração do Autor. .	40
Figura 9 – Fluxograma detalhado dos processos no transelevador – Fonte:Elaboração do Autor.	41
Figura 10 – Fluxograma detalhado dos processos na saída do terminal de cargas – Fonte:Elaboração do Autor.....	42
Figura 11 – Fluxograma detalhado dos processos na saída do terminal de cargas	50
Figura 12 – Visão geral do modelo do terminal de Viracopos no Arena.....	61
Figura 13 – Parte superior do modelo no Arena, maior destaque para os processos de entrada de carga.....	62
Figura 14 – Parte inferior do modelo no Arena, maior destaque para a simulação dos processos no transelevador e na saída de carga	63
Figura 15 – Detalhamento do submodelo 1, referente ao processo de liberação de carga no terminal.....	64

Figura 16 – Detalhamento do submodelo 2, referente ao processo de atracação dos caminhões nas docas e organização das cargas solicitadas pelo transportador 65

Lista de Gráficos

- Gráfico 1** – Movimentação de cargas nos aeroportos brasileiros (milhares de toneladas, carga total) – Fonte: INFRAERO 16
- Gráfico 2** – Percentual da carga (em kg) transportada no Brasil, inclui nacional e internacional – Fonte: INFRAERO, período 2011 25
- Gráfico 3** – Período médio em dias de liberação da carga de acordo com o canal de parametrização. Fonte: Tozi (2010)..... 28
- Gráfico 4** – Comparação do tempo gasto em cada processo no modelo computacional e nas observações experimentais 43

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Aeronaves de carga operadas por companhias brasileiras.....	26
Tabela 2 – Função de distribuição das probabilidades dos processos auditados no terminal após a primeira visita.....	34
Tabela 3 – Função de distribuição das probabilidades dos processos auditados no terminal após a segunda visita	35
Tabela 4 – Mapeamento do modelo e dos recursos disponíveis atualmente no TECA.....	37
Tabela 5 – Mapeamento do modelo e os parâmetros escolhidos para melhoria	45
Tabela 6 – Modificações em cada um dos grupos.....	46
Tabela 7 – Combinações feitas variando cada um dos grupos	47
Tabela 8 – Comparação abrangente de resultados.....	49
Tabela 9 – Novas combinações comparadas com as antigas.....	51
Tabela 10 – Resultados das Simulações Modificadas	51

Glossário

AS/RS: “*automated storage and retrieval system*”, sigla para sistema automatizado de armazenagem e retirada de cargas.

Build to order (BTO): é uma abordagem de sistema produtivo em que a partir do momento que sabe-se que o produto é pedido pelo cliente, inicia-se a produção final do mesmo.

DI: é a sigla para declaração de importação, que é formulada pelo importador no SISCOMEX e consiste na prestação de informações requeridas pela Receita, de acordo com o tipo de declaração e a modalidade do despacho aduaneiro.

Dolly pl. dollies: veículo rebocado semicompleto intermediário entre dois implementos rodoviários, funcionando como distribuidor de peso.

EADI (Estação Aduaneira do Interior): também conhecido como porto-seco é um terminal intermodal ligado por diferentes tipos de vias distante dos centros comuns que tem um papel de ser um depósito alfandegário de cargas. As cargas podem ser nacionalizadas à medida que for necessário pelos transportadores.

F.D.P.: Sigla para função de distribuição de probabilidade.

FIFO: Método de sistemas de ordenamento de filas em que: “o primeiro a chegar é também o primeiro a sair”.

GIG: Sigla IATA para o Aeroporto Internacional de Galeão – Rio de Janeiro.

GRU: Sigla IATA para o Aeroporto Internacional de Guarulhos – São Paulo.

HAWB : “house airway bill” número de identificação relacionado ao transporte de cargas em que a mesma é unitizada em containers. Pode-se citar também o “AWB” (airway bill) em que cada carga transportada possui seu próprio número de identidade.

INFRAERO: Sigla para Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. Empresa responsável por gerenciar e administrar todos os aeroportos públicos brasileiros.

Just in Time (JIT): uma das abordagens “*build to order*” popularizada pelo sistema Toyota de produção. Em que a idéia geral é “puxar” a produção a partir da demanda, produzindo de cada vez somente os itens necessários, nas quantidades necessárias e no momento necessário.

Mantra: Sistema Integrado de Gerência do Manifesto, do Trânsito e do Armazenamento. Software que permite realizar o Manifesto Informatizado da Carga.

Ponto Zero: Local em que há a interface entre a pista do aeroporto de Viracopos o TECA de importação, é uma cabine aonde há a inspeção da carga logo após a mesma sair do avião.

SISCOMEX: sistema informatizado que interliga exportadores, importadores, despachantes aduaneiros, comissários, transportadores e outras entidades aos órgão que controlam a importação de bens no Brasil.

SIMAN: linguagem computacional voltada para a simulação, com diferentes funcionalidades e que incorpora funções especiais que simplificam e potencializam a modelagem de processos de transporte de material, manufatura de materiais dentro outros.

Stretch: Sigla para terminais de carga aérea

TECA: Sigla para terminais de carga aérea.

Teca Plus: Sistema de dados que os funcionários da INFRAERO utilizam para registrar as cargas. Segundo a INFRAERO, é a melhor fonte para se coletar informações acerca do terminal de cargas, já que toda a carga é registrada no mesmo antes da pesagem.

Transelevador: é definido como o equipamento guiado por trilhos superiores e inferiores para o armazenamento e movimentação de cargas unitizadas.

ULD: sigla para “*Unit Load Device*”, que é um tipo de pallet ou container usado para movimentar as cargas.

VCP: Sigla IATA para o Aeroporto Internacional de Viracopos – São Paulo.

Sumário

Lista de Figuras	9
Lista de Gráficos.....	11
Lista de Tabelas	12
Glossário.....	13
1 Introdução.....	15
2 Contextualização do Terminal de Cargas na Logística Mundial	17
2.1 Desempenho do Terminal de Cargas	17
2.2 Visão Geral dos Agentes em um Terminal de Cargas – Importação	18
2.3 Diferentes Fluxos de Cargas em Terminais de Carga Aérea	20
2.4 Transporte de carga aérea no Brasil.....	24
2.5 Atuação da Receita Federal nos terminais de cargas brasileiros	27
3 Elaboração do Modelo	29
3.1 Ferramenta Utilizada - Arena.....	32
3.2 Etapa Inicial: Coleta e Análise de Dados.....	33
3.3 Etapa Intermediária: Construção do Modelo	36
3.4 Etapa Final: Verificação e Validação do Modelo	42
3.5 Etapa Final: Definição dos Experimentos.....	43
4 Parâmetros de Funcionamento do Modelo	48
5 Análise dos Resultados.....	49
6 Conclusões.....	55
6.1 Limitações do Trabalho	55
6.2 Outros Fatores Importantes no Funcionamento do Terminal de Cargas	56
6.3 Conclusões Finais	56
7 Referências	59
APÊNDICE 1	61

1 Introdução

O Brasil é atualmente a 6ª maior economia do mundo, no entanto, um dos entraves do seu crescimento para o longo prazo é a infraestrutura precária. Apresenta uma das menores taxas de investimento em infraestrutura/PIB entre os países emergentes, segundo Antonio Lanzana, et al (2011), o que é um indicador de que os problemas perpetuarão no longo prazo. No entanto, o Governo organizou planos de concessão para a infraestrutura do país com a finalidade de aumentar tais investimentos.

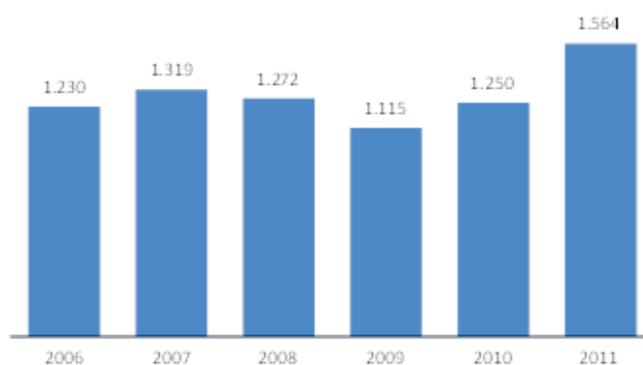
O setor aeroportuário foi o primeiro a passar pelo plano de concessões de infraestrutura, pois o país apresenta seus principais aeroportos com a estrutura despreparada para as condições atuais. De maneira que idealizou-se esse trabalho como um auxílio nas diretrizes desses investimentos e como alocá-los de maneira eficiente. Dentre o macro setor aeroportuário, focou-se nos terminais de carga devido à relevância que o modal aéreo tem obtido quando se trata de percorrer grandes distâncias e com cargas de alto valor agregado (BERTAGLIA, 2003, p.288).

O transporte aéreo de cargas nos primórdios da aviação era tratado como um subproduto do transporte de passageiros. Em geral, os volumes eram transportados nos espaços vazios dos aviões de transporte de passageiros. Ao passar dos anos, as relações comerciais entre os países se intensificaram e tornaram-se mais complexas, criando a necessidade de um transporte mais rápido e confiável para sustentar as trocas comerciais dos países. Devido a suas características, o modal aéreo é um importante competidor para suprir essa necessidade. Ao longo do tempo foram surgindo aviões maiores e adaptados exclusivamente para o transporte de carga. Consequentemente, os aeroportos tiveram que ser adaptados para o processamento desses volumes de carga.

Utilizando-se dos dados disponibilizados pela INFRAERO, percebeu-se um aumento no movimento de cargas de cerca de 25% no ano de 2010 para 2011. Além disso, cerca de 18% do movimento de carga aérea brasileira é processado no Aeroporto Internacional de

Campinas/Viracopos. Apesar de ser tão relevante para a infraestrutura nacional, segundo Fortes e Correia (2010), o terminal de importação de Viracopos encontra-se saturado desde 2009.

Gráfico 1 – Movimentação de cargas nos aeroportos brasileiros (milhares de toneladas, carga total) – Fonte: INFRAERO



Na literatura de transporte aéreo, percebe-se um foco maior nas publicações que tratam do transporte aéreo de passageiros, onde foram encontradas várias metodologias e trabalhos que tratam do desenvolvimento de terminais de passageiros. No entanto, quando o objeto de estudo é o processamento de cargas do aeroporto existe uma carência de estudos.

À luz destes fatos, este estudo buscou tecer um diagnóstico do sistema logístico de carga aérea do aeroporto de Viracopos, a fim de identificar as possíveis oportunidades de melhoria e analisar comparativamente soluções alternativas que tragam melhoria na eficiência e na qualidade operacional do terminal de carga aérea. Tais cenários comparativos só foram possíveis de serem elaborados e estudados, após a construção do modelo computacional, que captura as características funcionais do Terminal de Cargas definido.

2 Contextualização do Terminal de Cargas na Logística Mundial

A logística é encarada como uma operação que adiciona valor ao produto e que é aliada na empresa em atingir seu objetivo de manter seus produtos competitivos tanto em preço, atendimento ao cliente quanto na capacidade de atender as demandas do mercado. Han, Chou e Liang (2003) está de acordo com essa linha de raciocínio ao declarar que ao aumentar a eficiência dos terminais aeroportuários de carga auxilia-se também numa melhora da competitividade da cadeia de suprimentos.

O transporte aéreo de cargas é um componente vital para o comércio exterior no contexto atual da globalização econômica. Desta forma, o terminal de carga aérea possui um papel de destaque no contexto dos equipamentos logísticos de uma nação. Para entender melhor a sua relevância no transporte de carga por meio do ar, será necessário explicar a importância do desempenho do terminal de carga aérea e uma visão geral dos envolvidos na operação do terminal de cargas.

2.1 Desempenho do Terminal de Cargas

A proximidade de alguns aeroportos e a integração logística das cidades permite que exista competição tanto entre os terminais de passageiros quanto nos terminais de cargas. Com efeito, para superar a concorrência, tanto entre aeroportos quanto com outros modais, os terminais de carga devem melhorar seus serviços referentes ao lado terra (capatazia, armazenagem, apoio a alfândega e fiscalização) e os sistemas que coordenam o fluxo de informação.

Além da necessidade inerente de alguns itens pelo modal do transporte aéreo, segundo Oliveira (2007) e Tang, et al. (2000), a maior utilização de técnicas modernas de gerenciamento de produção, como o “Just in Time”, e fatores favoráveis, como clientes com maior disposição a pagar por receberem no prazo, acentuam ainda mais a necessidade de um transporte aéreo eficiente, o que engloba a produtividade do terminal de cargas dos aeroportos.

Um dos itens que mais afeta o desempenho dos terminais de importação internacional são os processos alfandegários, principalmente devido à natureza das operações envolvidas e do custo. Seria interessante, portanto, as autoridades estudarem como reduzir a burocracia desse processo e torná-lo mais eficiente.

2.2 Visão Geral dos Agentes em um Terminal de Cargas – Importação

Segundo Tozi (2010), o terminal de cargas de importação é composto basicamente pelos seguintes agentes:

- **Agenciadores de carga:** empresa contratada pelo consignatário para acompanhar o procedimento de importação da carga, o papel do agenciador pode ser subdividido em:
 - **Despachante aduaneiro:** responsável em providenciar as documentações necessárias que permitam o desembaraço da carga, esse processo também pode ser chamado de desembaraço aduaneiro
 - **Transportadora:** empresa contratada para transportar a carga do terminal de cargas até o consignatário.
- **Companhia aérea:** a companhia responsável pelo transporte aéreo entre os terminais. Pode se dar através tanto de uma companhia que opera exclusivamente aviões cargueiros quanto uma companhia de aviação comercial que aproveite os espaços vazios para enviar carga aérea;
- **Consignatário da carga:** o destinatário da carga, seja pessoa física ou pessoa jurídica;
- **Fiel depositário:** responsável pelo processamento, armazenagem durante o processo de importação e exportação. No Brasil, o fiel depositário é a INFRAERO mediante concessão da Receita Federal. Essa responsabilidade tem início desde o momento que o

depositário recebe a carga e cessa no momento em que o consignatário, importador, transportador ou a própria Receita Federal requeira a posse da carga.

Percebe-se que existem muitas relações entre os agentes, por exemplo, a transportadora tem que estar informada da situação da carga tanto pelo despachante aduaneiro quanto pelo fiel depositário. As relações entre os agentes de carga (Yat-Wah Wan, et al, 1998) podem ser exemplificadas através do diagrama da Figura 1.

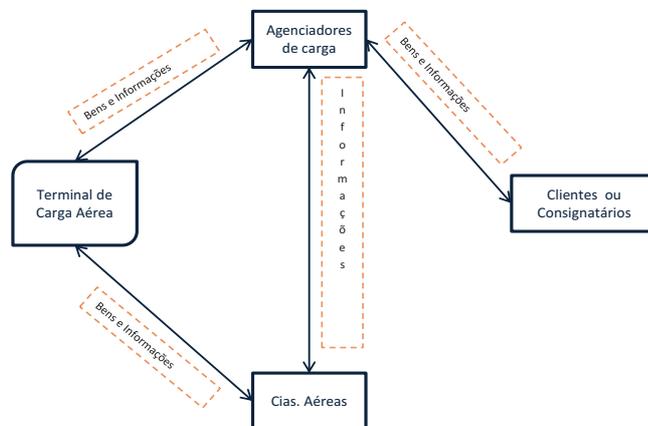


Figura 1– Tipos de transações entre os agentes do transporte aéreo. Fonte: Adaptado de Yat-wah Wan et al (1998)

Por exemplo, podemos dizer que um desses agenciadores de carga é o despachante aduaneiro que atua junto ao terminal de carga e as autoridades responsáveis como a receita federal. As companhias aéreas comunicam para as transportadoras que a carga chegou ao terminal. O cliente trata com os agenciadores para checar se a mercadoria chegou íntegra e adequar o prazo de entrega.

2.3 Diferentes Fluxos de Cargas em Terminais de Carga Aérea

Para falar sobre os diferentes fluxos sobre os terminais de carga, é necessário destrinchar suas principais funções que são: recebimento, conversão, classificação, armazenamento, despacho e documentação de carga. Estas atividades farão parte de cada um dos fluxos de carga apresentados a seguir:

- I. Fluxo de Importação:** tem como principal finalidade retirar a carga do lado aéreo e processá-la para que tenha saída pelo lado terrestre;



Figura 2 – Esquema do fluxo da carga de importação

Como o presente trabalho aborda a simulação do terminal de cargas de importação, seguem explicações sobre cada etapa do fluxograma:

- **Descarregamento da Aeronave:** retirada das cargas da aeronave e dar seguimento ao procedimento que permita a movimentação das cargas para o terminal.

- **Transporte para o Terminal:** o transporte para o terminal é feito pela mesma empresa, que transporta as “*dollies*” até uma área pré-determinada no terminal chamada de área de espera.
- **Área de Espera:** área em que as cargas recém-tiradas do avião são acumuladas nos seus respectivos “*dollies*”. Ao chegar nessa área a INFRAERO passa a ter total responsabilidade sobre o manuseio da mesma.
- **Desconsolidação:** processo em que os “*dollies*” são destrinchados em suas unidades mais pequenas que são os *pallets*. Os “*pallets*” é que são manuseados até as estações que processam as cargas.
- **Recebimento / Atracação:** colocar o *pallet* que será processado nas estações que fazem a conferência de cargas.
- **Check-in / Conferência:** o conferente, é um funcionário da INFRAERO. É responsável por entender os códigos que descrevem a natureza da carga, algum tratamento especial que a mesma requeira e dar seguimento ao processo de armazenagem. Depois da conferência a carga é pesada para averiguar suas propriedades e, caso necessário, ela é envelopada de maneira a manter as cargas unidas. Por exemplo, se o carregamento para uma empresa necessitar de vários pequenos volumes, esse envelopamento, tem a finalidade de agrupar esses pequenos volumes em um volume maior aumentando a eficiência operacional do terminal.
- **Armazenagem:** no caso de Viracopos a armazenagem é caracterizada por três grandes grupos: a armazenagem comum, armazenagem por transelevador, e as armazenagens em condições especiais. A armazenagem comum é dada pela empilhadeira operada manualmente que transporta a carga até um local reservado para essas cargas. Para armazenagem comum existe até uma modalidade de serviço que a INFRAERO fornece que é a carga estar disponível 24 horas para o transportador, esse serviço é muito restrito e os importadores devem ter um bom relacionamento com a INFRAERO. O transelevador é o sistema AS/RS, onde as cargas são transportadas automaticamente para um local

disponibilizado pelo computador que fica registrado no MANTRA (sistema que auxilia o gerenciamento das cargas no TECA de Viracopos). As cargas especiais são aquelas que precisam de uma segurança maior, ou condições ambientais especiais, para essas existem galpões feitos especialmente para satisfazer essas necessidades.

- **Conferência Fiscal/ Liberação:** este é, muitas vezes, um gargalo para o processamento efetivo das cargas no terminal, pois a Polícia e a Receita Federal têm autoridade suficiente para suspender o transporte da carga caso ela não atinja os critérios determinados. Outra dificuldade surge porque muitos dos processos são burocráticos, o que atrasa a liberação da carga.
 - **Carregamento de Caminhões:** o carregamento de caminhões do aeroporto é feito em docas que ficam na parte externa do terminal nas quais o caminhão é carregado, geralmente, pela traseira. Existe um gargalo nessa etapa, pois, várias vezes o caminhão chega para pegar um grupo de cargas e apenas uma determinada carga desse grupo atrasa a saída do caminhão.
- II. Fluxo de Exportação:** tem como principal finalidade retirar a carga do lado terrestre e processá-la para que ela seja transportada pelo avião até o seu destino.

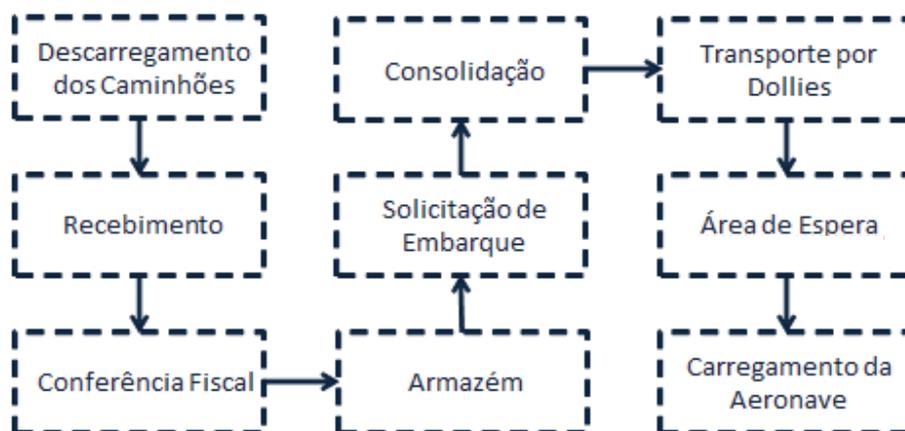


Figura 3– Esquema do fluxo da carga de exportação

III. Fluxo de Trânsito: a carga tem acesso e egresso pelo mesmo lado, geralmente o lado aéreo. Existem duas divisões do fluxo de trânsito:

- **Fluxo de Trânsito Imediato:** a carga deixa a aeronave em um aeroporto, mas o seu destino é, na realidade, outro aeródromo ou uma EADI, não sendo necessária a estocagem da carga no armazém do terminal;
- **Fluxo de Trânsito Atracado:** a carga é recebida mas não deixa o terminal no prazo previsto, devendo ser armazenada.

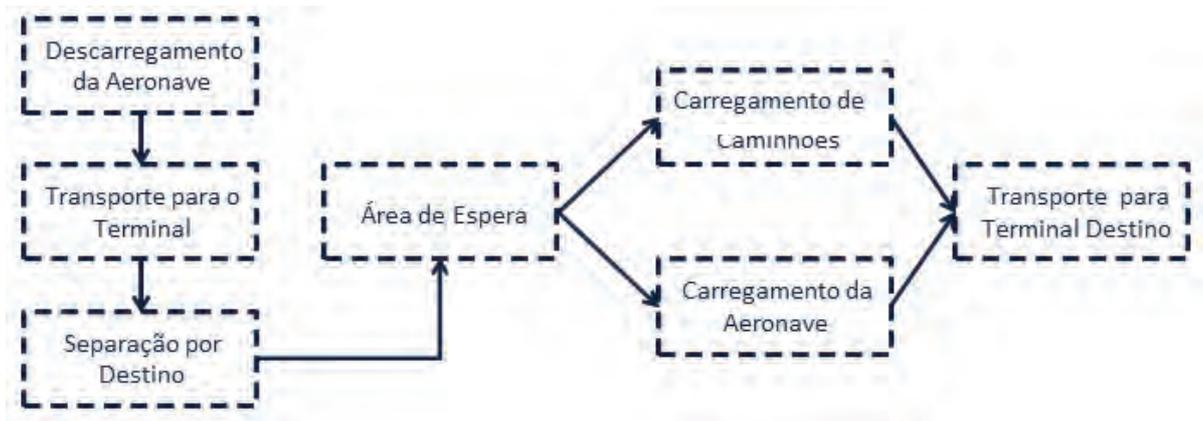


Figura 4 – Esquema do fluxo da carga de trânsito

Como o presente estudo se baseará numa análise da movimentação do Aeroporto de Viracopos, o processo do mesmo será destrinchado ao se explicar a modelagem do sistema.

2.4 Transporte de carga aérea no Brasil

Além do crescimento expressivo do volume de cargas áreas de 2010 para 2011, a análise dos mesmos dados da INFRAERO mostram que o transporte de carga aérea no Brasil cresceu desde 2006 a uma taxa de 5% ao ano. Segundo estimativas da INFRAERO o transporte aéreo de cargas no Brasil ultrapassará a barreira de 2,5 milhões de toneladas em 2017 que representa um crescimento de cerca de 70% em relação ao total transportado em 2011.

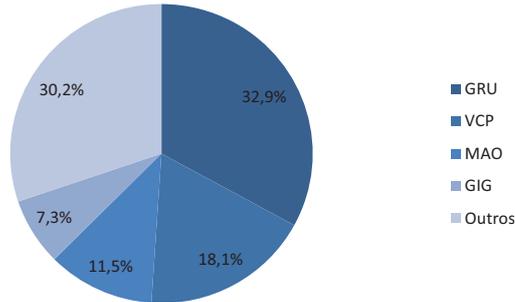
Segundo os dados de 2011 da INFRAERO cerca de 70% de toda a carga aérea transportada no Brasil, incluindo doméstica e internacional, se concentrou em quatro aeroportos (Guarulhos, Viracopos, Manaus e Galeão). Desses citados anteriormente, dois já foram concedidos. Portanto, com os recursos oriundos da privatização a INFRAERO poderá avaliar a possibilidade de investir em outros aeroportos que possam se tornar relevantes no país, como o de Porto Alegre que precisa de investimentos para prolongamento da pista e melhoria dos equipamentos de navegação. Tais investimentos aumentariam a possibilidade de um mix mais variado de aviões no aeroporto e também a operação em condições de neblina.

O transporte de carga aérea se dá, basicamente, por meio de três configurações de cargas nas aeronaves:

- **Porões de aeronaves de passageiro:** a carga a ser transportada é misturada com a carga dos passageiros que estão sendo transportados pela aeronave. No aeroporto de Guarulhos, grande parte das cargas são transportadas no porão dos aviões de passageiros.
- **Aviões combi:** os próprios aviões têm uma divisão física entre a parte para passageiros e a parte exclusivamente de cargas.

- **Aviões exclusivamente cargueiros:** são os aviões que transportam apenas carga. No caso do aeroporto de Viracopos, o maior volume das cargas, dá-se por aeronaves cargueiras.

Gráfico 2 – Percentual da carga (em kg) transportada no Brasil, inclui nacional e internacional –
Fonte: INFRAERO, período 2011



No Brasil, as companhias aéreas criaram seu braço de logística como a TAM Cargo, Gollog e a Azul Cargo. Como essas companhias são em geral companhias de transporte de passageiros a sua frota de aeronaves exclusivamente cargueira é pequena e no caso da Azul Cargo, toda a carga é transportada no porão dos aviões de passageiros.

Tabela 1 – Aeronaves de carga operadas por companhias¹ brasileiras

Aeronave	Fabricante	Capacidade (ton)	Operadoras no Brasil ¹
B727-100	Boeing	20	Varig, TransBrasil, Vasp, Varig Log, Itapemirim Cargo
B727-200	Boeing	30	Varig, Vaspex, Varig Log, Cruzeiro, Taf, Total Cargo, Fly, Via Brasil, Ata, Itapemirim Cargo
B707-320C	Boeing	40	Varig, TransBrasil, Beta Cargo, SkyMaster, AeroBrasil
B757-200	Boeing	40	Varig
B767-300	Boeing	60	Varig, TransBrasil, Bra, Tam, Avianca, Absa
A330-200	Airbus	64	Tam
MD-11F	McDonnell Douglas	80	Varig, Varig Log, Vasp, Tam
B747-200	Boeing	110	Varig
B777-200	Boeing	112	Varig
B747-400	Boeing	120	Varig

Fonte: Kauffman (2009), Aviação Comercial (2011), Mendes (2011), Adaptado.

De acordo com o trabalho de Tozi (2010) os clientes dos terminais de cargas preferem pagar um pouco mais pelo serviço se isso refletir em um serviço mais rápido. O que é um incentivo para que a INFRAERO invista nessa melhoria e além de poder cobrar um pouco mais pelo melhor serviço, trabalhe de maneira mais eficiente gerando um maior volume de serviço. Outro ponto interessante identificado por Tozi, foi a preferência dos agentes logísticos por terminais de cargas da INFRAERO do que por “portos-secos”.

¹ Companhias aéreas que operam ou já operaram determinadas aeronaves

2.5 Atuação da Receita Federal nos terminais de cargas brasileiros

Como meio de controle das cargas transportadas, os transportadores são obrigados a registrar todos os volumes num documento chamado Manifesto de Carga. Esse documento deve ser apresentado à Receita Federal contendo informações sobre as cargas transportadas, para quem são destinadas se há passageiros e para onde se destinam. O objetivo desse documento é evitar que haja contrabando de mercadorias e pessoas.

É comum que haja discrepâncias entre os dados registrados no Manifesto e as próprias HAWB, quando isso ocorre a INFRAERO deve documentar essas incoerências de maneira a não ser responsabilizada por algum eventual deslize que ocorra no sistema de transporte, como a mercadoria não chegar para o consumidor correto.

Imbuída da responsabilidade de fiscalizar as mercadorias, evitar contrabandos, auxiliar na segurança a Receita deve estar inserida nas operações do TECA. Uma maneira que a receita tem encontrado para auxiliar nas operações dos terminais é parametrizar as cargas:

- Canal Verde

A importação selecionada para o canal verde é desembaraçada automaticamente sem qualquer verificação.

- Canal Amarelo

O canal amarelo significa conferência dos documentos de instrução da DI e das informações constantes na declaração.

- Canal Vermelho

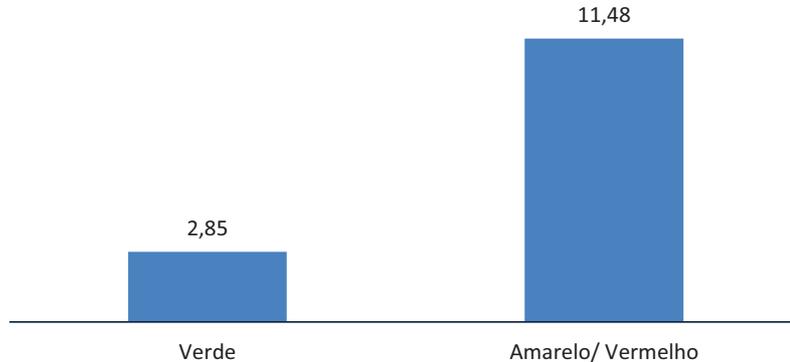
No caso de seleção para o canal vermelho, há, além da conferência documental, a conferência física da mercadoria.

- Canal Cinza

Finalmente, quando a DI é selecionada para o canal cinza, é realizado o exame documental, a verificação física da mercadoria e a aplicação de procedimento especial de controle aduaneiro, para verificação de elementos indiciários de fraude, inclusive no que se refere ao preço declarado da mercadoria.

Vale destacar que o canal de parametrização é escolhido aleatoriamente pelo próprio sistema da Receita Federal com o objetivo de minimizar fraudes. Apenas a escolha do canal de parametrização altera o tempo de liberação da carga:

Gráfico 3 – Período médio em dias de liberação da carga de acordo com o canal de parametrização. Fonte: Tozi (2010)



Ou seja, apenas se a carga tiver que ser avaliada mais rigorosamente pela Receita, o tempo de armazenamento médio é cerca de 4 vezes o tempo médio no canal verde.

3 Elaboração do Modelo

Modelagem pode ser resumida como a ação de representar sistemas complexos com o objetivo de fazer previsões das performance ou métricas de performance de interesse. Essa representação simplificada da realidade é chamada de modelo. O analista responsável pelo modelo decide quais são os aspectos que ele vai simplificar.

Os modelos podem ser utilizados para avaliar um sistema economicamente, mas além desse viés os modelos podem ser utilizados para:

- **Avaliar a performance de um sistema agindo em condições normais ou sob efeito de condições especiais.** Essa situação é interessante quando se tem um sistema que não pode ser interrompido para avaliação de situações de risco e que as mesmas devem ser testadas.
- **Predizer a performance do sistema sob diferentes experimentos.** No caso de sistemas pré-operacionais pode-se utilizar a modelagem para testar diferentes configurações possíveis e decidir a mais adequada. Pois é muito mais barato fazer um modelo do que construir um protótipo.
- **Hierarquizar várias propostas de projeto e calcular o tradeoff entre as escolhas.** No caso desse trabalho, o modelo é utilizado para avaliar a performance final do TECA de VCP mediante diferentes cenários.

Segundo Tayfur e Melamede (2007), uma simulação de modelagem pode se dar em diferentes formas:

- **Modelo físico.** É o modelo simples físico de menor escala de um objeto real, como, por exemplo, um protótipo de carro, uma maquete de uma planta industrial.
- **Modelo analítico ou matemático.** É um conjunto de equações ou relações matemáticas sobre as variáveis que envolvem o problema.

- **Modelo utilizando computador.** É a descrição computacional do problema.

No caso do sistema logístico estudado, a abordagem poderia dar-se através do modelo analítico ou pelo modelo computacional. As principais diferenças entre os dois:

- **Modelagem analítica.** Como é elaborado a partir de equações matemáticas ou algoritmos, o modelo baseia-se na formulação do problema para cada uma das situações idealizadas e na busca da solução ótima para o mesmo. A solução para o problema seria a solução ótima para a situação.
- **Modelagem utilizando computador.** O modelo feito por meio do computador é capaz de executar simulações que produzem diversos conjuntos de estatísticas de funcionamento. Tal conjunto de estatísticas é usado para avaliar a performance do sistema.

A opção entre abordar o problema por uma maneira computacional ou analiticamente passa por algumas avaliações. Em primeiro lugar, se há uma solução para a representação do modelo analítico é preferível ir por essa abordagem devido a velocidade de solução do mesmo, pois na abordagem computacional será necessária fazer várias amostragens de solução de maneira a descobrir a solução ótima, por exemplo. Por outro lado, se o problema é complexo sua resolução de uma maneira detalhada se torna bem difícil pela abordagem analítica. As razões são diversas: dificuldade em capturar todas as nuances do problema por meio de uma formulação analítica, os esforços para derivar uma solução podem ser excessivos e caso haja uma simples mudança no sistema devem ser geradas novas soluções. A limitação dos modelos computacionais é que o esforço humano para gerar modelos complexos pode ser muito inviável e também o esforço computacional para rodar as simulações.

A principal diferença entre os dois é que no caso analítico a solução é dada pela manipulação matemática das equações que representam o problema e cujas soluções representariam a solução ótima. No caso do modelo de simulação, a busca pelo ótimo se dá de maneira exaustiva modificando os elementos que compõem o sistema e gerando várias soluções diferentes.

De acordo com as razões expostas anteriormente e segundo diversos autores tais como Koh et al (1994), Shapiro (2001), Guneri e Seker (2007) que aconselham a utilização da simulação para a resolução de sistemas complexos, decidiu-se que a maneira mais prática de verificar o impacto de diferentes cenários de melhoria no TECA seria por meio de modelagem computacional. Para tal utilizou-se o software de simulação computacional Arena na versão 13.

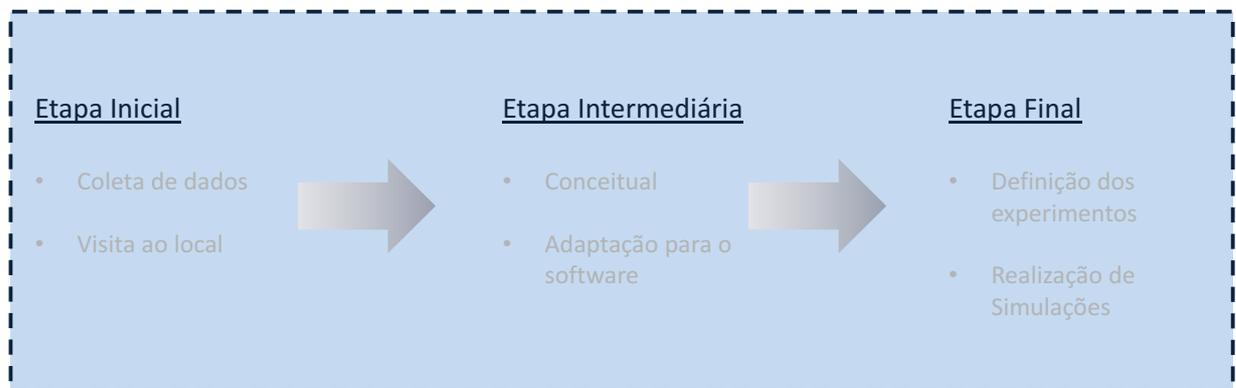


Figura 5 – Etapas da elaboração de um modelo

Após a decisão pela simulação computacional, elaborou-se um plano de etapas que auxilia no entendimento do processo da elaboração do modelo. As principais etapas da modelagem estão bem descritas na figura 5, ao término de todas as etapas e validação do modelo é possível ter conclusões que possam gerar recomendações aos operadores do sistema simulado.

3.1 Ferramenta Utilizada - Arena

A simulação computacional precisa ser escrita em uma linguagem que o computador entenda, tal linguagem pode ser uma linguagem de programação normal ou uma linguagem de propósito específico. Atacar o problema de modelagem por meio da programação normal dá mais liberdade ao analista, no entanto o tempo necessário para fazer a programação e validação do modelo pode ser muito custoso.

Ao utilizar uma linguagem pré-programada, o analista pode se focar em entender bem o problema que está simulando e adaptá-lo para os passos pré-programados. Alguns problemas se adaptam melhor a certos tipos de linguagem pré-programadas do que outras.

O Arena é um ambiente de simulação que é baseado na linguagem específica chamada de SIMAN. O SIMAN é constituído basicamente por duas classes de objetos:

- Blocos que são construções lógicas muito básicas que representam operações, como o que representa o processo “*Seize*” que significa que um recurso está sendo alocado para a utilização para um processo e o “*Release*” que libera esse recurso para outros processos.
- Elementos são as unidades básicas de funcionamento do modelo, tais como os produtos do modelo, os recursos, as filas

Os processos do Arena estão divididos em módulos que estão organizados pelos tipos de processos que representam: processos básicos, processos avançados, processos de transferência, dentre outros.

O Arena utiliza o básico do SIMAN e fornece construções de alto nível que funcionariam praticamente como um conjunto desses blocos. A vantagem do Arena é que ele permite uma interface gráfica para essa programação. E esses blocos combinados permitem a representação de processos reais.

3.2 Etapa Inicial: Coleta e Análise de Dados

Como modelagem é essencialmente a simplificação de um processo prático, é de fundamental importância que a primeira etapa de modelagem dê-se ênfase no acompanhamento do processo a ser simulado. Dessa maneira é possível entender o que está sendo modelado, qual é a organização física e lógica das operações que compreendem o processo total.

Após destrinchar o processo em microprocessos, deve-se dedicar à coleta de tempos que os representam. Dessa maneira, será possível descobrir a variância e funções que representam os microprocessos.

Neste trabalho, a coleta foi realizada em dois momentos distantes no tempo. A primeira coleta foi realizada através de visita técnica ocorrida em Março de 2011 pelo aluno de mestrado Davi Mendes. Nesta oportunidade, o modelo conceitual desenvolvido pelo Tozi (2010) foi aprimorado a partir das especificidades do TECA de VCP.

Durante a implementação do modelo, percebeu-se que algumas das F.D.P.'s que representavam o modelo não tinham a significância estatística para que fosse confiável de que aquela distribuição representava fielmente o processo.

Tabela 2 – Função de distribuição das probabilidades dos processos auditados no terminal após a primeira visita

Tempo das Etapas		Aderência (p-valor)	
Tempo de Descarga	por ULD	UNIF(205,432)	0,07
Tempo de Transporte (Dollie) ao recebimento	segundos	TRIA(87,154,312)	0,08
Tempo de Desunitização	segundos	3.5 + EXPO(4.36)	0,041
Tempo de Transporte (empilhadeira) à balança	segundos	20 + EXPO(26.4)	0,005
Tempo de Pesagem	segundos	32.5 + WEIB(23.3,1.28)	0,07
Tempo de Stretch	segundos	32 + WEIB(39.9,0.436)	0,15
Tempo de transporte (empilhadeira) à esteira de entrada do AS/RS OU Armazenagem Comum	segundos	14.5 + 38*BETA(0.545,0.751)	0,11
Tempo de Transporte (empilhadeira) à Liberação	minutos	EXPO(25.5)	0,032
Tempo de Conferência	segundos	26 + EXPO(43.4)	0,02
Tempo de Separação	segundos	20 + WEIB(27.6,0.684)	0,045
Tempo de Carregamento	minutos	5 + WEIB(113,0.642)	0,049
Chegada de Aeronaves	Hotran		-
Quantidade de ULD's	NOTM (25.9 ,9.65)		0,01
Quantidade de Paletes em cada ULD	0.5 + 31*BETA(0.992,1.1)		0,01
Probabilidade de ser armazenagem AS/RS ou Comum	60%		-
Chegada de Caminhões	Estacamp		-
Quantidade de Cargas	0.5 + 31*BETA(0.796,0.718)		0,03

Após a primeira visita, utilizou-se a ferramenta do Arena chamada de Input Analyzer, que serve para analisar amostras e verificar funções de distribuição de probabilidade que poderiam representar as amostras coletadas. O mesmo programa faz testes de significância estatística com as funções, de maneira que ao se fazer o teste do p-valor, descobriu-se que algumas das funções utilizadas tinham um teste de aderência de p-valor maior que 5%, significando que a função não descrevia bem a amostra.

Como os recursos para as visitas eram limitados, a segunda visita teve um foco maior em conseguir amostragem de processos cujo teste de p-valor teve uma significância pior. De maneira que aumentou-se o número de amostras para esses processos.

Portanto, foram levantadas um número maior de amostras para os processos escolhidos com a finalidade de que a F.D.P. tivesse representatividade, apresentando teste p-valor inferior a 5%.

Que significa que a distribuição elaborada para a amostra não contradiz fortemente a hipótese nula.

Essas visitas permitiram organizar um banco de dados sobre os diferentes processos desempenhados no terminal.

Tabela 3 – Função de distribuição das probabilidades dos processos auditados no terminal após a segunda visita

Tempo das Etapas			Aderência (p-valor)
Tempo de Descarga	por ULD	$147+247*BETA(0.86,1.25)$	0,005
Tempo de Transporte (Dollie) ao recebimento	segundos	$87 + 333 * BETA(1.23, 1.26)$	0,005
Tempo de Desunitização	segundos	$3.5 + EXPO(4.36)$	0,041
Tempo de Transporte (empilhadeira) à balança	segundos	$20 + EXPO(26.4)$	0,005
Tempo de Pesagem	segundos	$27.5 + LOGN(26.6, 29.2)$	0,007
Tempo de Stretch	segundos	$NORM(84.6, 42.4)$	0,005
Tempo de transporte (empilhadeira) à esteira de entrada do AS/RS OU Armazenagem Comum	segundos	$8 + 212 * BETA(0.59, 3.07)$	0,005
Tempo de Transporte (empilhadeira) à Liberação	minutos	$EXPO(25.5)$	0,032
Tempo de Conferência	segundos	$26 + EXPO(43.4)$	0,02
Tempo de Separação	segundos	$20 + WEIB(27.6,0.684)$	0,045
Tempo de Carregamento	minutos	$5 + WEIB(113,0.642)$	0,049
Chegada de Aeronaves	Hotran		-
Quantidade de ULD's	NOTM (25.9 ,9.65)		0,01
Quantidade de Paletes em cada ULD	$0.5 + 31*BETA(0.992,1.1)$		0,01
Probabilidade de ser armazenagem AS/RS ou Comum	60%		-
Chegada de Caminhões	Estacamp		-
Quantidade de Cargas	$0.5 + 31*BETA(0.796,0.718)$		0,03

Pode-se observar que com os dados dos três dias de coleta, foi possível determinar F.D.P's que representassem os processos com uma significância estatística razoável.

3.3 Etapa Intermediária: Construção do Modelo

Para a construção de um modelo, primeiramente se confeccionou um modelo conceitual, que balizou toda a programação computacional. O modelo conceitual, delineia todos os detalhes e neste ponto que se definiu o nível de detalhamento do modelo, e em resumo o desenvolvimento do modelo conceitual necessita identificar os seguintes pontos: rotinas e procedimentos que influenciam diretamente no sistema; e características das cargas.

Paralelamente à coleta dos tempos de processos, observou-se o funcionamento do TECA de maneira que foi possível escolher o nível de detalhamento do mesmo. Com o nível de detalhamento escolhido, listaram-se os recursos que viabilizavam o funcionamento desse terminal. Por exemplo, o nível de detalhamento escolhido não permitiu simular o recebimento de cargas especiais, que precisam ir para as câmaras climatizadas, por exemplo. A Tabela 4 apresenta um resumo dos processos realizados no terminal, os tempos que esses processos necessitam e os recursos envolvidos na realização dos mesmos.

Tabela 4 – Mapeamento do modelo e dos recursos disponíveis atualmente no TECA

Descrição	Equação	Escolhido	Recurso	Descrição	Quantidade	Escolhido
Tempo de Conferência	$26 + EXPO(43.4)$		Despaletizadores		8	
Tempo para stretch	$NORM(84.6,42.4)$		Workstation	Onde as cargas são processadas	8	
Tempo de Desunitização	$3.5 + EXPO(4.36)$		Racks		8	
Tempo de Pesagem	$27.5+LOGN(26.6,29.2)$		Conferente	Conferem dados da carga	8	
Transporte até a esteira	$8+212*BETA(0.59,3.07)$		Trabalhadores	Fazem a pesagem	8	
Tempo ASRS Vertical	$tria(50,60,180)$		Stretch	Máquina que envelopa	8	
Tempo ASRS Horizontal	$tria(4,120,240)$		Slots		11	
Processo de fiscalização da vistoria aduaneira	$tria(0.5,1,1.5)$		Guindaste	equivalente a esteira no transelevador	10	
Conferência para liberação da carga	$tria(0.5,1,1.5)$		Confere Liberação	quem confere na liberação das cargas	8	
Tempo para deixar a vistoria aduaneira	$NORM(1,0.5)$		Parking	os slots aonde os caminhões param	30	
Tempo de carregamento do caminhão por Workload	$TRIA(15,20,30)$		Seção Set	seções do transelevador	10	
			Emp Arm	As empilhadeiras que fazem armazenagem	10	

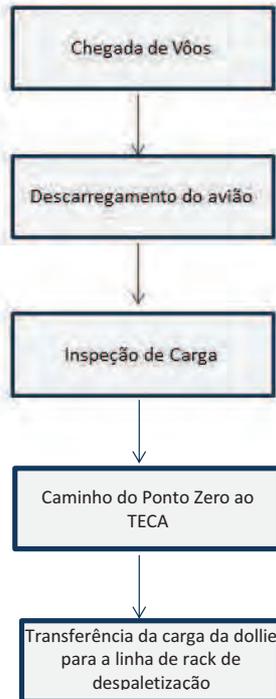
Para facilitar o entendimento do conceito de funcionamento do TECA, foi elaborado o layout conceitual do mesmo.



Figura 6 – Layout de funcionamento do Teca – Importação

Em resumo, a carga chega pelo lado aéreo, é descarregada e encaminhada até um ponto de entrada do TECA por uma empresa terceirizada pelas companhias aéreas. Desse ponto de fiscalização a carga é levada para um pátio onde se concentra toda a carga do avião e desse ponto é carregada para a área de despaletização. A partir daí o processo funciona como uma mini linha de produção, em que a carga é processada desde a sua atracação, inserção dos dados no sistema, até a armazenagem que pode ser uma armazenagem comum ou pelo transelevador. Após a armazenagem, dá-se o processo de saída do terminal.

Em seguida, o modelo foi construído no software de maneira a representar de modo mais fiel possível o funcionamento real do terminal de cargas. As figuras abaixo indicam como cada elemento adicionado no modelo computacional se relaciona com o que acontece no terminal de cargas:

Fluxograma (Entrada de Carga)Descrição

A chegada das aeronaves segue uma distribuição conforme a tabela de vôos (Hotran)

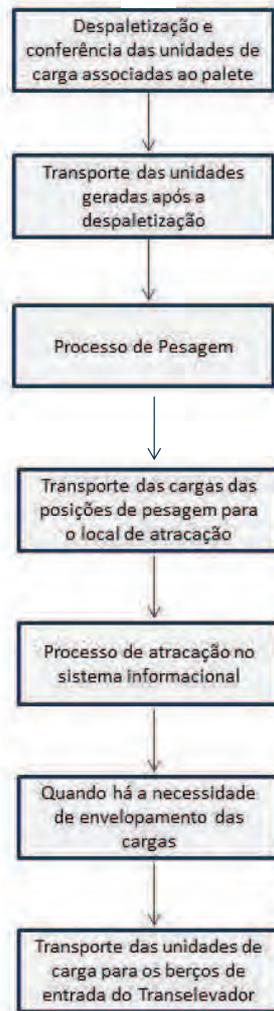
Cada dollie carrega até três paletes de carga do local de descarregamento até o ponto Zero (onde há inspeção). A velocidade dos tratores é definida no modelo computacional. No Brasil, esse serviço é terceirizado

Um inspetor operando no sistema FIFO. Não há descarregamento da dollie. Tempo de inspeção segue uma distribuição de probabilidade

São definidos a velocidade da dollie, a distância a ser percorrida, e o número de dollies utilizadas. Após a chegada a dollie é liberada aonde fica aguardando a transferência para a linha de *rack* de despaletização

O descarregamento se dá pelo sistema FIFO, em uma única operação. Tempo de transferência segue uma distribuição de probabilidade

Figura 7 – Fluxograma detalhado da entrada de carga – Parte 1 – Fonte: Elaboração do Autor.



Nesse processo se considera uma equipe de 20 pessoas por turno, a alocação de funcionários é variada de acordo com a necessidade e o tipo de tratamento da carga. Tempo de trabalho segue uma distribuição de probabilidade.

O desmembramento de cada pallet gera estocasticamente as unidades de carga que serão transportadas por empilhadeiras. O modelo permite escolher a velocidade, a distância a ser percorrida, e o número de operadores de empilhadeira disponíveis.

Operação realizada por um separador operando no sistema FIFO. Não há liberação da empilhadeira que aguarda. Tempo de pesagem segue uma distribuição de probabilidade.

São definidos a velocidade da empilhadeira, a distância a ser percorrida, e o número de operadores de empilhadeira disponíveis, finalizando com a liberação da empilhadeira

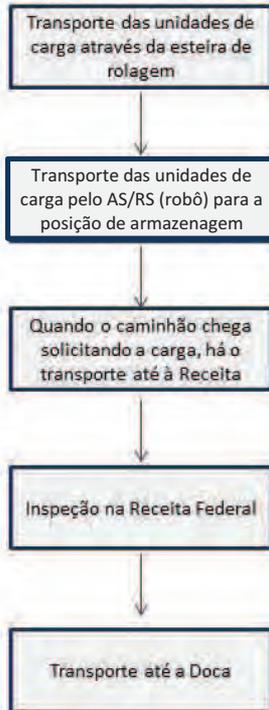
O processo é realizado por 8 células de atracação, os atracadores que lançam as informações da carga no sistema computacional Tecaplus da Infraero. Tempo de trabalho segue uma distribuição de probabilidade

O processo de envelopamento decorre nas células, e são utilizadas para melhor unitização das cargas, utilização subjetiva, a necessidade é de julgo dos operadores

São definidos a velocidade da empilhadeira, a distância a ser percorrida, e o número de operadores de empilhadeira disponíveis, finalizando com a liberação da empilhadeira

Figura 8 – Fluxograma detalhado da entrada de carga – Parte II – Fonte: Elaboração do Autor.

Fluxograma (Transelevador)



Descrição

São definidos a velocidade da esteira, o corredor de alocação, desta forma, define-se a distância a ser percorrida

São definidos a velocidade do S/R, a posição de alocação, desta forma, define-se a distância a ser percorrida, vertical e horizontalmente, finalizando com a liberação do S/R, cuja posição permanece estática até o próximo chamado de serviço

São definidos a velocidade do S/R, a posição de alocação, desta forma, define-se a distância a ser percorrida, vertical e horizontalmente, transportando o volume coletado ao berço da esteira de saída, finalizando com a liberação do S/R, cuja posição permanece estática até o próximo chamado de serviço

Após o transporte até a Receita Federal, há a conferência feita pelos auditores que pode depender da categoria da carga e algumas vezes ocasionar na retenção da carga

A carga é transportada até a Doca onde o caminhão é carregado

Figura 9 – Fluxograma detalhado dos processos no transelevador – Fonte: Elaboração do Autor.

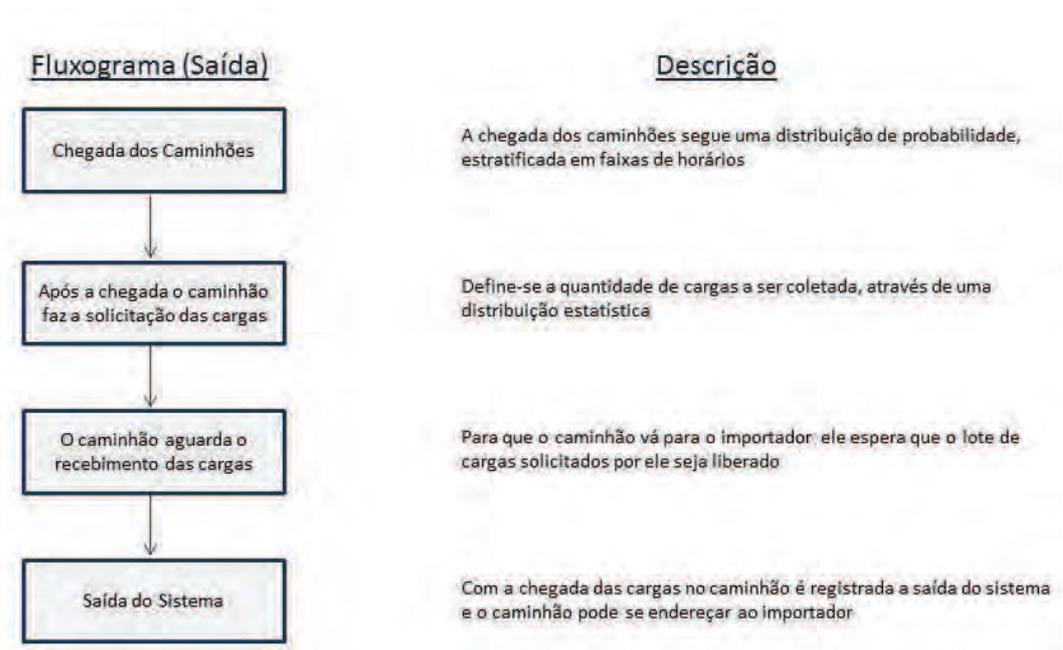


Figura 10 – Fluxograma detalhado dos processos na saída do terminal de cargas – Fonte: Elaboração do Autor.

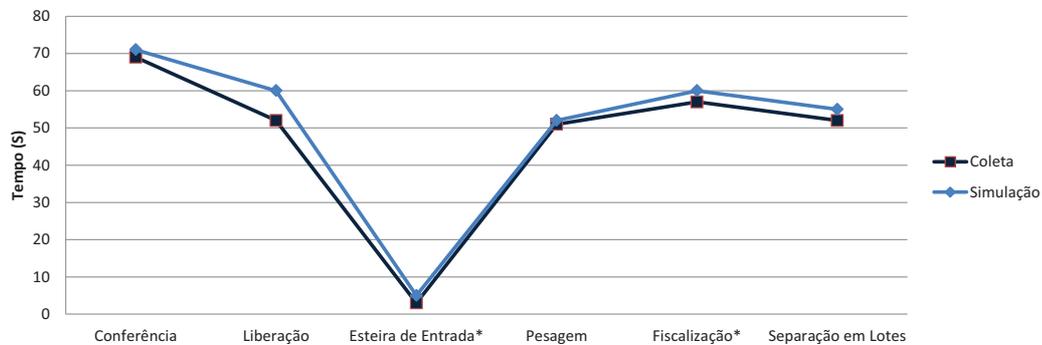
3.4 Etapa Final: Verificação e Validação do Modelo

Segundo Tayfur e Melamede (2007) a verificação do modelo permite compreender se foi elaborado corretamente e se, além disso, representa o que propõe. Para isso, acompanha-se o funcionamento do modelo, etapa por etapa, para identificar possíveis erros, verificando assim, se o modelo cumpre o que se foi programado.

Para a validação de um modelo, geralmente, são utilizadas algumas ferramentas de auxílio. Desta forma, analisa-se se os resultados obtidos demonstram que o modelo capta o *modus operandi* do sistema, se o intervalo de precisão do modelo é consistente (Law, 2009).

Neste sentido, para a validação do modelo se utiliza a validação conceitual, que busca sustentação da metodologia na literatura e/ou sustentação através de pesquisa à especialistas e análise geral do modelo, isso pode ser observado pelo Gráfico 4, que apresenta o comparativo entre os tempos simulados/coletados, demonstrando sua consistência:

Gráfico 4 – Comparação do tempo gasto em cada processo no modelo computacional e nas observações experimentais



Outra validação interessante seria tomar o tempo médio de que uma carga passa em todo o terminal, no entanto, as amostras das visitas não continham essa informação.

3.5 Etapa Final: Definição dos Experimentos

Os experimentos foram idealizados visando sugerir alternativas aos investimentos previstos na infraestrutura do aeroporto, pois a administração visava investir na compra de um novo transelevador com a velocidade melhorada. Idealizou-se então outro tipo de melhoria além do que simplesmente comprar um novo equipamento, como atualizar os processos desenvolvidos pelos operadores do terminal aumentando sua produtividade.

* Tempo determinado em minutos

Pensando em um investimento de longo prazo, avaliou-se a proposta de melhoria do *layout* do terminal de maneira que seja possível aumentar o número de recursos envolvidos em cada uma das etapas.

Para se escolher os parâmetros que poderiam ser modificados, optou-se pelo tipo de mudança idealizada e baseou-se em alternativas propostas pelo estudo da Mckinsey junto ao ITA, de custo baixo como redução do tempo de permanência da carga e como custo alto ampliar as instalações:

- **Grupo 1:** São mudanças referentes a uma possível melhoria do tempo em que as tarefas são feitas atualmente pelos funcionários do TECA. Essas melhorias podem ser atingidas mediante um incentivo financeiro aos exportadores se os mesmos entregarem as cargas em condições ótimas: com a identificação correta, embaladas corretamente, dentre outros.
- **Grupo 2:** Referente a um investimento na substituição do atual transelevador para um que apresente apenas uma maior velocidade de processamento.
- **Grupo 3:** Representando um investimento mais intensivo em capital, seria uma mudança de longo prazo referente à mudança de layout do TECA.

Tabela 5 – Mapeamento do modelo e os parâmetros escolhidos para melhoria

Descrição	Equação	Escolhido	Recurso	Descrição	Quantidade	Escolhido
Tempo de Conferência	$26 + EXPO(43.4)$	Grupo 1	Despaletizadores		8	Grupo 3
Tempo para stretch	$NORM(84.6,42.4)$		Workstation	Onde as cargas são processadas	8	
Tempo de Desunitização	$3.5 + EXPO(4.36)$		Racks		8	
Tempo de Pesagem	$27.5 + LOGN(26.6,29.2)$		Conferente	Conferem dados da carga	8	
Transporte até a esteira	$8 + 212 * BETA(0.59,3.07)$	Grupo 2	Trabalhadores	Fazem a pesagem	8	
Tempo ASRS Vertical	$tria(50,60,180)$		Stretch	Máquina que envelopa	8	
Tempo ASRS Horizontal	$tria(4,120,240)$		Slots		11	
Processo de fiscalização da vistoria aduaneira	$tria(0.5,1,1.5)$		Guindaste	equivalente a esteira no transelevador	10	
Conferência para liberação da carga	$tria(0.5,1,1.5)$		Confere Liberação	quem confere na liberação das cargas	8	
Tempo para deixar a vistoria aduaneira	$NORM(1,0.5)$		Parking	os slots aonde os caminhões param	30	
Tempo de carregamento do caminhão por Workload	$TRIA(15,20,30)$		Seção Set	seções do transelevador	10	
			Emp Arm	As empilhadeiras que fazem armazenagem	10	

Após a escolha dos parâmetros a serem modificados, definiu-se quantificar a modificação de cada um deles. A Tabela 6 apresenta quanto cada um dos grupos foi modificado para cada uma das simulações, supôs-se o valor de 10% pois o mesmo pode-se mostrar viável mediante investimento em melhoria de processos ou na compra de novos equipamentos:

Tabela 6 – Modificações em cada um dos grupos

Grupo 1		
Descrição	Equação	10%
Tempo de Conferência	26 + EXPO(43.4)	x 0,9
Tempo para stretch	NORM(84.6,42.4)	x 0,9
Tempo de Desunitização	3.5 + EXPO(4.36)	x 0,9
Tempo de Pesagem	27.5+LOGN(26.6,29.2)	x 0,9
Grupo2		
Descrição	Equação	10%
Tempo ASRS Vertical	tria(50,60,180)	x 0,9
Tempo ASRS Horizontal	tria(4,120,240)	x 0,9
Grupo3		
Recurso	Quantidade	10%
Despaletizadores	8	9
Workstation	8	9
Racks	8	9
Conferente	8	9
Trabalhadores	8	9
Aparelhos de Stretch	8	9

Após as modificações terem sido traçadas, resta o desafio de escolher quais são os cenários a serem avaliados. Como o objetivo primordial do trabalho é avaliar alternativas, os cenários são elaborados de maneira a comparar os resultados e suas eventuais combinações. Para auxiliar o tomador de decisão na escolha do melhor investimento foram propostas sete combinações de alterações, apresentadas na Tabela 7, que foram simuladas por meio do modelo.

Tabela 7 – Combinações feitas variando cada um dos grupos

Combinação 1		
	Normal	10%
Grupo 1	x	
Grupo 2	x	
Grupo 3	x	

Combinação 2		
	Normal	10%
Grupo 1		x
Grupo 2		x
Grupo 3	x	

Combinação 3		
	Normal	10%
Grupo 1	x	
Grupo 2		x
Grupo 3	x	

Combinação 4		
	Normal	10%
Grupo 1	x	
Grupo 2		x
Grupo 3		x

Combinação 5		
	Normal	10%
Grupo 1		x
Grupo 2	x	
Grupo 3	x	

Combinação 6		
	Normal	10%
Grupo 1	x	
Grupo 2	x	
Grupo 3		x

Combinação 7		
	Normal	10%
Grupo 1		x
Grupo 2		x
Grupo 3		x

Não foi simulada a combinação em que há investimento no Grupo 3 e Grupo 1 e não se investe no Grupo 2, pois o capital necessário para investir no Grupo 3 é bastante acentuado pois prevê mudança de layout do terminal, os investimentos no Grupo 3 estão relacionados com o aumento da demanda pelo terminal. Portanto investir no 3 e no 1 e não no 2 parecia um contrasenso quando se olha a longo prazo, pois o aumento da demanda vai requerer o investimento também no 2.

4 Parâmetros de Funcionamento do Modelo

O tempo total de simulação é aquele que representa o período em que o modelo estará funcionando. O Arena permite que parte da simulação seja feita sem que os valores resultantes dessa simulação sejam computados no relatório de respostas. Essa parte da simulação é representada por um período de tempo chamado de warm up period. Para simular o impacto das melhorias em uma situação em que o terminal esteja funcionando plenamente e com o transelevador cheio, foi adotado um período de “*warm up*” de trinta dias.

Como visto inicialmente, os modelos computacionais permitem avaliar as escolhas após o processo de elaboração de várias amostras e descobertas de relações estatísticas entre as mesmas. Portanto, para que fosse possível fazer tais correlações e construir uma base de dados grande o suficiente foram programadas quinze replicações do modelo.

5 Análise dos Resultados

Após a realização das simulações, foi necessário analisar todos os outputs gerados pelo Arena e dentre eles escolheram-se alguns indicadores que tenderiam a representar a produtividade do sistema: (i) número de cargas processadas durante o período de simulação, (ii) a maior fila considerada no transelevador, (iii) a maior fila em tempo do modelo

Os resultados da simulação permitem observar alguns ganhos de produtividade de acordo com a combinação escolhida e surpreendentemente identificou pontos que não precisariam ser melhorados no terminal.

Tabela 8 – Comparação abrangente de resultados

Combinação	Nº de Cargas Total	Fila para o Transelevador (h)	Maior Fila em Tempo (h)	Maior Fila em Tempo (Local)	Tempo médio em que uma carga sai do terminal (min)
1	24.152	554	2.308	RACK9Shelf8	3,58
2	24.273	539	2.308	RACK9Shelf8	3,56
3	24.152	554	2.313	RACK10Shelf7	3,58
4	24.209	551	2.348	RACK10Shelf6	3,57
5	24.273	539	2.364	RACK10Shelf6	3,56
6	24.209	551	2.348	RACK10Shelf6	3,57
7	24.410	557	2.316	RACK10Shelf6	3,54

Aparentemente, o valor de fila para o transelevador é bem elevado. No entanto, esse valor é dessa magnitude pois, como citado anteriormente, o modelo tem um período de aquecimento que serve para lotar o transelevador. Nesse período de aquecimento toda a carga é estocada no transelevador, quando o modelo começa a gravar os dados tem-se uma fila de carga que ainda irá entrar no transelevador, que vai diminuir a partir do momento em que os caminhões começam a chegar. Portanto, se considerarmos o tempo de warm-up de 720 horas parte desse tempo está incluso na fila para o transelevador.

Outro ponto que pode levar à conclusão de que o sistema está saturado é o valor da maior fila em tempo. Para entender melhor esse valor teoricamente muito alto, tem-se que observar aonde essa fila está localizada. Como observado na tabela 8, a fila está localizada geralmente nas últimas fileiras dos racks. Na figura 10 vê-se que o transelevador é composto por 10 racks cada um com 8

prateleiras, cada prateleira contém espaço para 375 cargas, totalizando 30.000 espaços para cargas no transelevador.

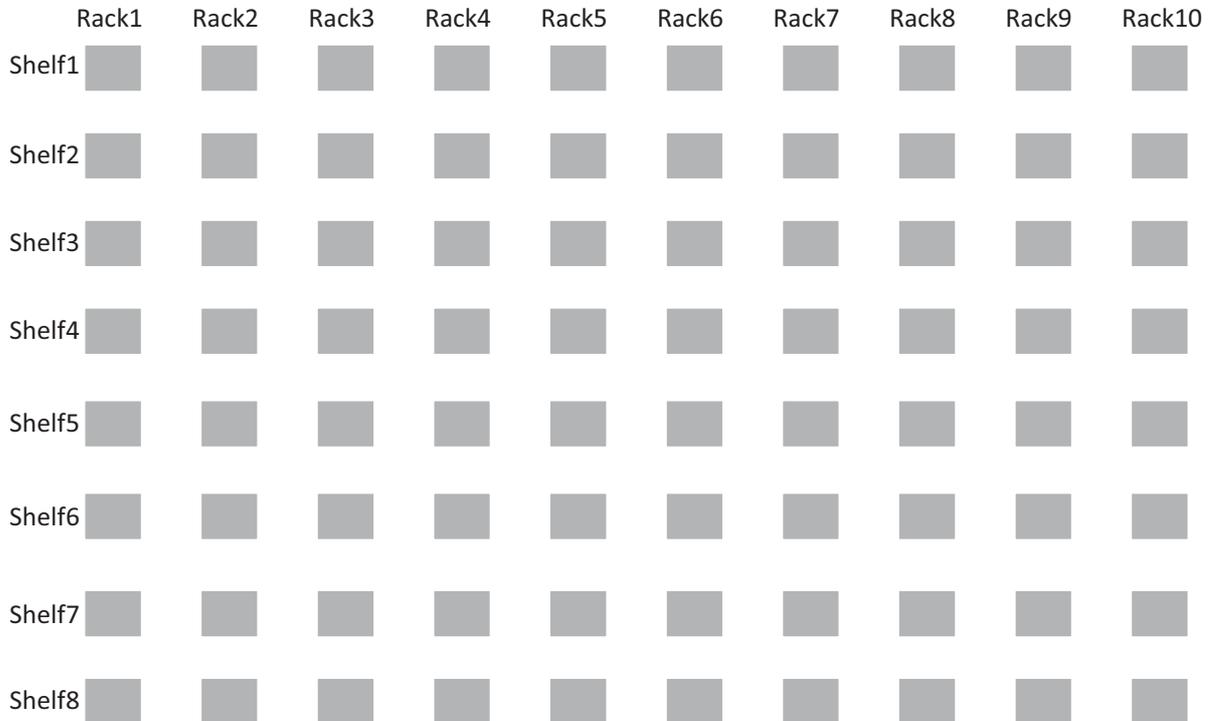


Figura 11 – Fluxograma detalhado dos processos na saída do terminal de cargas

Como o sistema adotado por esse transelevador é do tipo FIFO, os últimos racks terão na média um maior tempo para ter sua carga esvaziada e, tendo que o tempo médio para que uma carga saia é de aproximadamente 3 minutos e meio, a “última carga” sairá após mais ou menos o tempo médio vezes 30.000 cargas acrescido do tempo que demorou para encher o transelevador. Essa conta totaliza por volta de 2.300 horas, que está em linha com os valores simulados.

Devido aos resultados semelhantes de cargas processadas, foram criadas duas hipóteses:

- a) A primeira de que o transelevador já operava com uma velocidade suficiente para que ele não fosse o gargalo do processo logístico do terminal.
- b) A segunda que a alteração de 10% na velocidade do transelevador interfere muito pouco no processo.

Com a finalidade de verificar essas hipóteses criaram-se novas combinações onde a velocidade dos transelevadores foi ampliada ainda mais. Se para as novas combinações, os resultados não mudassem seria porque, realmente, a velocidade do transelevador não seria o gargalo do sistema, considerando as condições desse estudo. A Tabela 9 mostra as novas combinações que permitirão os testes:

Tabela 9 – Novas combinações comparadas com as antigas

Combinação 2				Combinação 2.1			
	Normal	10%	20%		Normal	10%	20%
Grupo 1		x		Grupo 1		x	
Grupo 2		x		Grupo 2			x
Grupo 3	x			Grupo 3	x		

Combinação 3				Combinação 3.1			
	Normal	10%	20%		Normal	10%	20%
Grupo 1	x			Grupo 1	x		
Grupo 2		x		Grupo 2			x
Grupo 3	x			Grupo 3	x		

Combinação 4				Combinação 4.1			
	Normal	10%	20%		Normal	10%	20%
Grupo 1	x			Grupo 1	x		
Grupo 2		x		Grupo 2			x
Grupo 3		x		Grupo 3		x	

Os resultados das simulações são apresentados na Tabela 10:

Tabela 10 – Resultados das Simulações Modificadas

Combinação	Nº de Cargas Total	Fila para o Transelevador (h)	Maior Fila em Tempo (h)	Maior Fila em Tempo (Local)	Tempo médio em que uma carga sai do terminal (min)
2	24.273	539	2.308	RACK9Shelf8	3,56
2.1	24.273	539	2.308	RACK9Shelf8	3,56
3	24.152	554	2.313	RACK10Shelf7	3,58
3.1	24.152	554	2.313	RACK9Shelf7	3,58
4	24.209	551	2.348	RACK10Shelf6	3,57
4.1	24.209	551	2.348	RACK10Shelf6	3,57

Com os resultados gerados das simulações alteradas, surpreendentemente, descobriu-se que alterar os valores da velocidade do transelevador em 20% não impactou numa redução do tempo médio de uma carga no terminal. Em relação às duas hipóteses apresentadas e nas condições atuais para o processo, concluiu-se que o sistema do transelevador não representa um gargalo relevante, tendo em vistas as condições de simulação desse estudo. Adicionalmente, o incremento parcial da capacidade produtiva de outras áreas, considerando as modificações sugeridas neste trabalho, não fazem com que o transelevador se torne uma restrição relevante para o sistema. Consequentemente, admitiu-se que o transelevador está trabalhando com certa ociosidade.

Apesar da verificação de que alterações no tempo de processamento do transelevador não impliquem em uma melhoria no processo, outro estudo sobre o mesmo terminal, Mendes, et al (2011), mostra que alterar a lógica de armazenagem no terminal combinada com o aumento de velocidade (em proporção diferente da estudada nesse trabalho), aumentaria a produtividade do terminal em 2%. Como alteração de lógica de armazenagem, entende-se que deveria deixar de ser armazenado pelo sistema FIFO, para uma lógica que armazena as cargas “com maior giro” em regiões de mais fácil acesso.

Julgando as outras alterações percebe-se que:

- Aumentar apenas a velocidade com que os operadores realizam o processo através de incentivos financeiros ou através de melhoria tecnológica produz um ganho de 0,5% nas cargas processadas.
- A Combinação 7 em que foram feitas alterações de 10% em todos os grupos selecionados produz um ganho de 1,1% no número de cargas processadas.

É importante ressaltar que os processos logísticos são processos contínuos e repetitivos, de modo que, um ganho na produtividade ou na eficiência da ordem de 1,1% ou 0,5% pode representar ao longo do tempo um retorno considerável.

Outro ponto identificado na simulação foi que a conferência para liberação de cargas se dá de uma maneira não contínua, pois o transelevador não segue uma lógica de pedido. Isso acaba provocando uma fila indesejável de caminhões na hora pico de funcionamento do terminal, pois as cargas de cada um dos caminhões chega separadamente.

Os resultados destes cenários despertam outras hipóteses para serem estudadas. Apenas relacionadas a diferentes estratégias de armazenagem (Ballou, 2006):

- **Popularidade:** Organiza os itens com giro alto, preferencialmente na saída.
- **Compatibilidade:** Organizar itens que não possuem restrição em estarem próximos
- **Tamanho:** Organizar pelo tamanho dos itens
- **Complementaridade:** Organizar os itens que geralmente são pedidos em conjunto

Segundo as estratégias apresentadas por Ballou, verifica-se que inicialmente seria melhor testar a estratégia de popularidade e complementaridade. Desta forma, o foco não seria o aumento e melhoria do equipamento, mas sim uma readequação na estratégia de armazenagem.

Mendes (2012) seguiu a linha de avaliar o impacto de apenas alterar a estratégia de armazenagem de cargas e descobriu que apenas modificar a estratégia de armazenagem poderia diminuir a fila dos pallets em 20%.

Um ponto interessante a ser avaliado é a comunicação prévia entre as transportadoras e a INFRAERO. Com a finalidade de permitir que as transportadoras enviem à INFRAERO quais são os volumes que vão buscar e uma expectativa de hora de chegada. Dessa maneira, quando a transportadora chegar ao TECA as cargas estarão disponíveis para a mesma nas docas de maneira

que o tempo de ocupação da doca pelo caminhão será apenas o tempo necessário para o carregamento do caminhão e nenhum tempo adicional esperando diferentes cargas chegarem.

Outro ponto interessante é avaliar o cenário do grupo 1 de maneira diferente. Ao invés de diminuir o tempo médio para performar as operações, tentar diminuir o desvio padrão entre as várias operações. Dessa maneira poderia ser mais factível a implantação do mesmo, pois seria reflexo de um melhor controle de qualidade sobre os processos.

6 Conclusões

6.1 Limitações do Trabalho

Para que seja possível entender os méritos do trabalho, é necessário entender as limitações que o envolvem:

- **Simplificações do modelo:** O modelo, por exemplo, não apresenta as áreas de armazenagem especial, a armazenagem comum dá-se como se fosse em um bloco e não é dividida de acordo com as dimensões que apresenta. O modelo não simulou quebra de equipamentos ou que quando os funcionários faltam eles rearranjam com os outros de maneira que a operação não seja prejudicada.
- **Coleta de dados no terminal:** Mesmo com a coleta de dados feitas em três dias e com teste de significância validando a aderência da distribuição, o tamanho das amostras não permite uma segurança de que a amostra contém situações de estresse do TECA. De acordo com entrevistas feitas no local, levantou-se que, em situações extremas, todo o pátio fica saturado tanto que algumas cargas ficam na pista esperando o desafogamento do sistema dentro do terminal. Foi difícil, também, ter uma amostragem do tempo de chegada dos caminhões de maneira que foi utilizado um “agendamento” padrão para todos os cenários simulados.
- **Limitações computacionais:** Desde que é uma simulação computacional, o modelo está sujeito às limitações físicas da máquina. Foi escolhido o tempo de simulação de 3 meses replicados 15 vezes pois, mesmo com parâmetros reduzidos, a simulação necessitava de um computador dedicado exclusivamente para realizá-la durante o período de 3 dias. Tal período era o ideal pois evitava que essas simulações evitassem atrapalhar outros estudos no laboratório dado que o número de licenças era limitado.
- **Hotran desatualizado:** O Hotran utilizado foi o disponibilizado pela INFRAERO nas visitas, no entanto, com o recente aumento de movimentação de carga tal Hotran pode não estar refletindo o que efetivamente ocorre atualmente em Viracopos e uma eventual alteração de demanda.

- **Modelo não focou em simular as questões aduaneiras:** O objetivo do modelo era auxiliar aos decisores quais seriam melhores alternativas de investimento para a eficiência operacional do aeroporto. Como alterar a forma de atuação da Receita é mais uma questão política do que decisão de investimento, simplificou-se tal atuação no modelo.
- **Modelo de chegada dos caminhões:** O modelo de chegada dos caminhões foi elaborado pelo autor do estudo de maneira a simular períodos em que chega muitos caminhões e outros períodos com uma chegada menor de caminhões. No entanto, os computadores disponíveis para a simulação não conseguiam simular uma chegada de mais de 15 caminhões em uma hora. O que impacta em um tempo de demora para que saia uma carga maior do que o que efetivamente é observado.

6.2 Outros Fatores Importantes no Funcionamento do Terminal de Cargas

Estudos como os de Kim e Ye (2003) relatam que a produtividade do TECA está fortemente relacionada aos procedimentos aduaneiros que são realizados. Dentre esses procedimentos podem-se destacar a conferência aduaneira feita pela Receita Federal e a qualidade do despacho aduaneiro.

Referente ao despacho aduaneiro foi verificado que alguns dos produtos exportados vêm com a etiqueta danificada, a descrição incorreta, dados impropriedades. Esses erros causam atrasos na conferência, manuseio e liberação dos volumes. E como visto anteriormente, apenas a mudança do canal de parametrização prejudica fortemente o desempenho do terminal.

6.3 Conclusões Finais

Após ver as limitações do presente trabalho, faz-se necessário reforçar o objetivo inicial do mesmo que era de permitir a comparação entre as diferentes alternativas de melhorias de investimento. Como as limitações foram as mesmas para todos os cenários e que essas limitações

não modificam de maneira diferente cada um dos cenários, o resultado comparativo entre os mesmos é válido.

Este trabalho permitiu explorar o uso da ferramenta de simulação computacional na análise operacional de terminais de cargas em aeroportos. Considerando a relevância do tema e a escassez de trabalhos nesta área, entende-se que o trabalho e seus resultados são úteis a pesquisadores, analistas e demais profissionais do setor aéreo e aborda uma metodologia que pode ser aplicada para o estudo de outros processos.

Para fortalecer o entendimento do funcionamento de um TECA, esse trabalho focou em outras alternativas para supostamente melhorar a eficiência do TECA. Detalhadamente, o trabalho permitiu identificar gargalos e desafios na melhoria da qualidade e eficiência do terminal de importação do Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas.

Particularmente, foi identificado que ganhos operacionais no curto prazo podem ser alcançados sem necessariamente desenvolver vultosos investimentos, como a aquisição de equipamentos de movimentação mais complexos, conforme entende a administração do referido aeroporto. Apenas diminuindo em 10% o tempo que os operadores fazem as atividades corriqueiras geraria um ganho de 0,5% em relação ao número de cargas processadas.

Todavia, conforme atestam outros trabalhos neste tema, ganhos relevantes de longo prazo são dependentes de melhorias operacionais relevantes, assim como investimentos em tecnologia e infraestrutura. Além de que investir na melhoria do serviço, pode permitir que o operador do Terminal de Cargas cobre um pouco mais pelo serviço sem insatisfazer o cliente.

De acordo com o novo cenário em que alguns aeroportos são concedidos mediante a necessidade de investimentos, esse trabalho surge como uma possível metodologia de abordagem para que tais concessionárias possam realizar um cronograma de investimentos. Além de poder auxiliar os aeroportos totalmente administrados pela INFRAERO para prepararem-se numa eventual disputa com os terminais “privados”.

Para finalizar, vale salientar que investir na busca e melhoria do desempenho do serviço prestado pelo transporte aéreo nos aeroportos brasileiros, permite uma melhor inserção e funcionamento de todo o complexo logístico nacional em que o terminal está inserido.

7 Referências

- AVIAÇÃO COMERCIAL (2011), Aeronaves do mercado brasileiro. Disponível em: <<http://www.portalbrasil.net/aviacao.htm>>. Acesso em 15 Out 2012.
- BERTAGLIA, Paulo Roberto. Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento. São Paulo, Saraiva, 2003.
- BALLOU, R. H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial. 5. Ed. Bookman, 2006. pp.373-426.
- GUNERI, A.F.; SEKER, S. (2008) The use of Arena Simulation Programming for Decision Making in a Workshop Study. Wiley Periodicals Inc.
- INFRAERO (2012). Dados de movimentação de cargas nos aeroportos brasileiros. Disponível em: www.infraero.gov.br
- J. L. Fortes e Correia, A. R. (2010) *Overview of Major Brazilian Air Cargo Terminals. Proceedings of the 12th World Conference on Transport Research, Lisbon.*
- HAN, T.C.; CHOU T.Y.; LIANG, G.S.A. (2003). Demand analysis of cargo terminal in Taiwan's International. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, v. 5, p. 12-34.
- KAUFMAN, G.O. (2009). Transporte Aéreo de Carga: Análise do Setor e das Tecnologias Utilizadas. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de Brasília, Brasília
- KIM,J.; YE,C. (2003). Increasing the air cargo industry in Korea. *The Korea Transport Institute*, v.4, p 179-193.
- KOH, P. H., GOH J.L., Ng H. S., e H.C. Hg (1994). Using Simulation to Preview Plans of a Container Port Operations, In *Proceedings of the 1994 Winter Simulation Conference.*
- LANZANA, ANTONIO et al (2011), Desafios da Infraestrutura e Expansão de Investimentos: 2011/2014.
- MENDES, CORREIA, TOZI (2012) Análise de alternativas para aumento de produtividade e qualidade operacional de terminais de cargas em aeroportos por meio de simulação computacional, in *Journal of Transport Literature, Vol-6.*

- MCKINSEY: & Company (2010). Estudo do Setor de Transporte Aéreo do Brasil: Relatório Consolidado. Rio de Janeiro.
- OLIVEIRA, D. S. (2007) *Estudo do Desempenho Operacional dos Aeroportos Brasileiros Relativo ao Movimento de cargas*, 114f. Tese de mestrado – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.
- SHAPIRO, J. F (2001) *Modeling the Supply Chain*. Pacific Grove CA: Duxbury Press.
- TANG, L.L. e KAO, C.H. (2000) The Model of International Logistics Performance Evaluation, Case for Operation Model. *International Logistics Seminar Journal*, p. 343-353.
- TAYFUR, A. e MELAMED, B. (2007) *Simulation Modeling and Analysis with Arena*. Elsevier Inc.
- TOZI, L. A (2010). *Avaliação da Importância de Atributos de Níveis de Serviço em Terminais de Cargas em Aeroportos*. 159f. Tese de Doutorado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.
- YAT-WAH WAN, R. K. CHEUNG, J. L. e JUDY H. T. (1998) Warehouse Location Problems for Air Freight Forwarders: a Challenge Created by the Airport Relocation, *Journal of Air Transport Management*, Department of Industrial Engineering and Engineering Management, The Hong Kong University of Science and Technology, Clear Water Bay, Kowloon, Hong Kong.

APÊNDICE 1

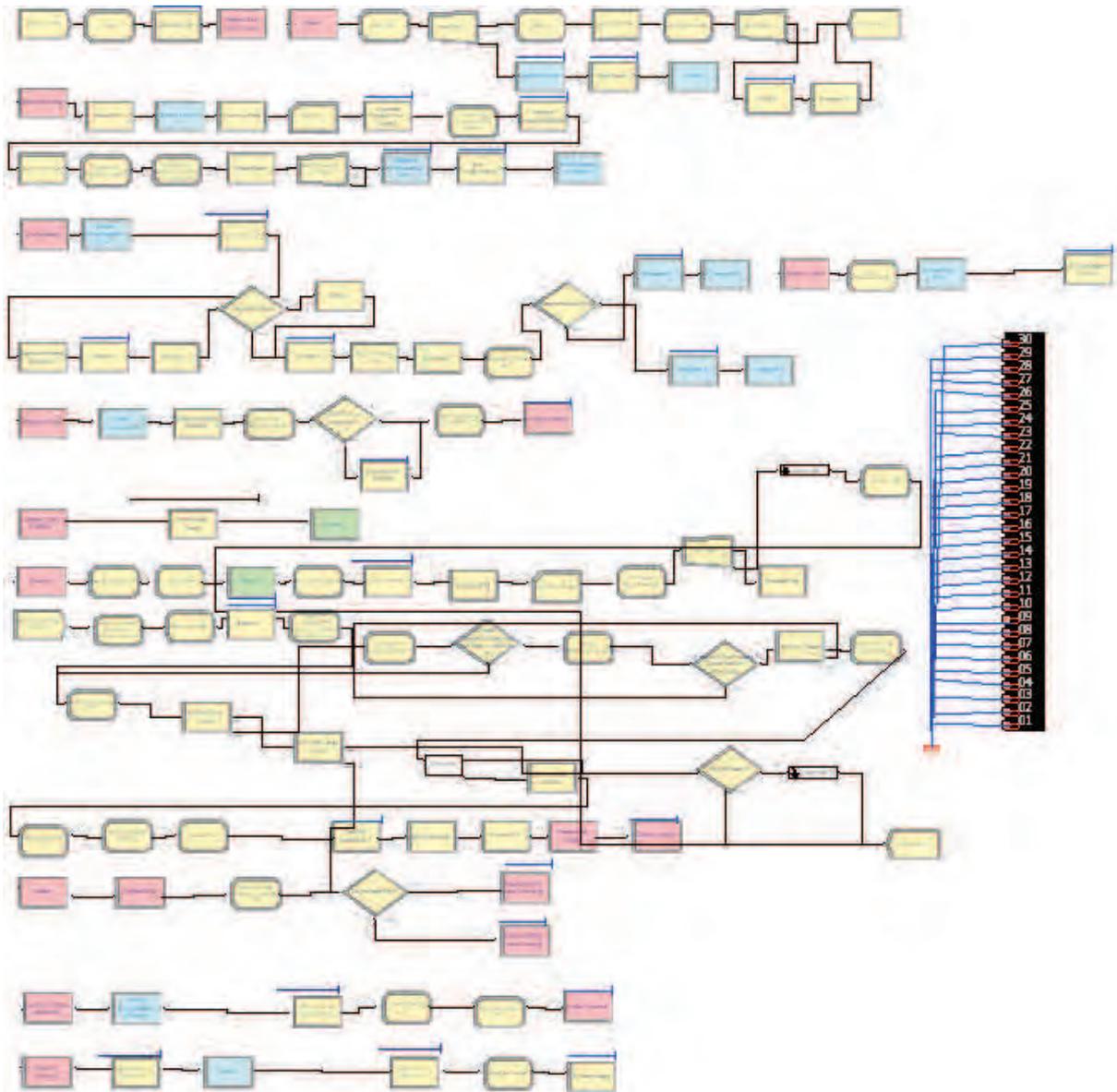


Figura 12 – Visão geral do modelo do terminal de Viracopos no Arena

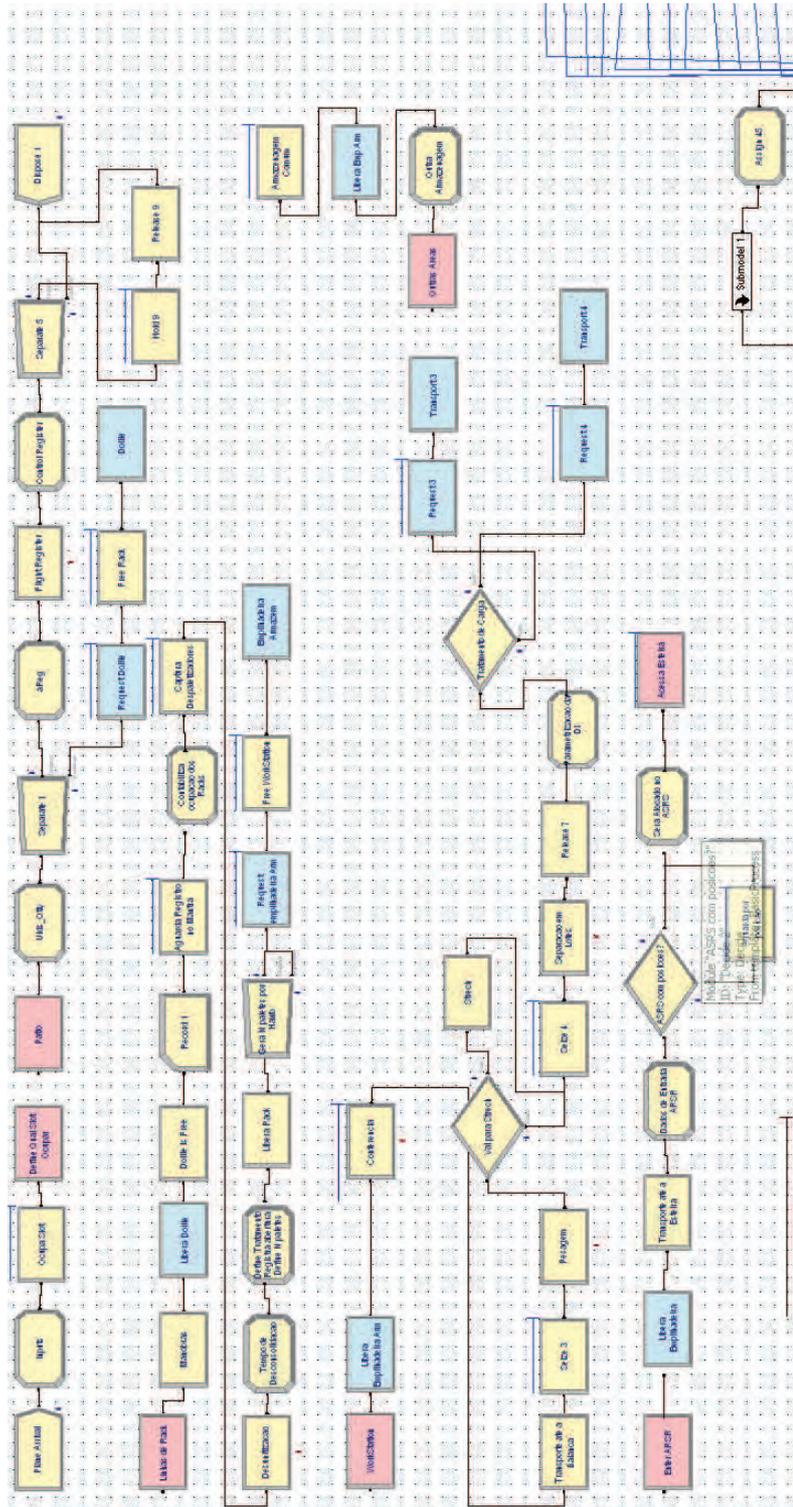


Figura 13 – Parte superior do modelo no Arena, maior destaque para os processos de entrada de carga

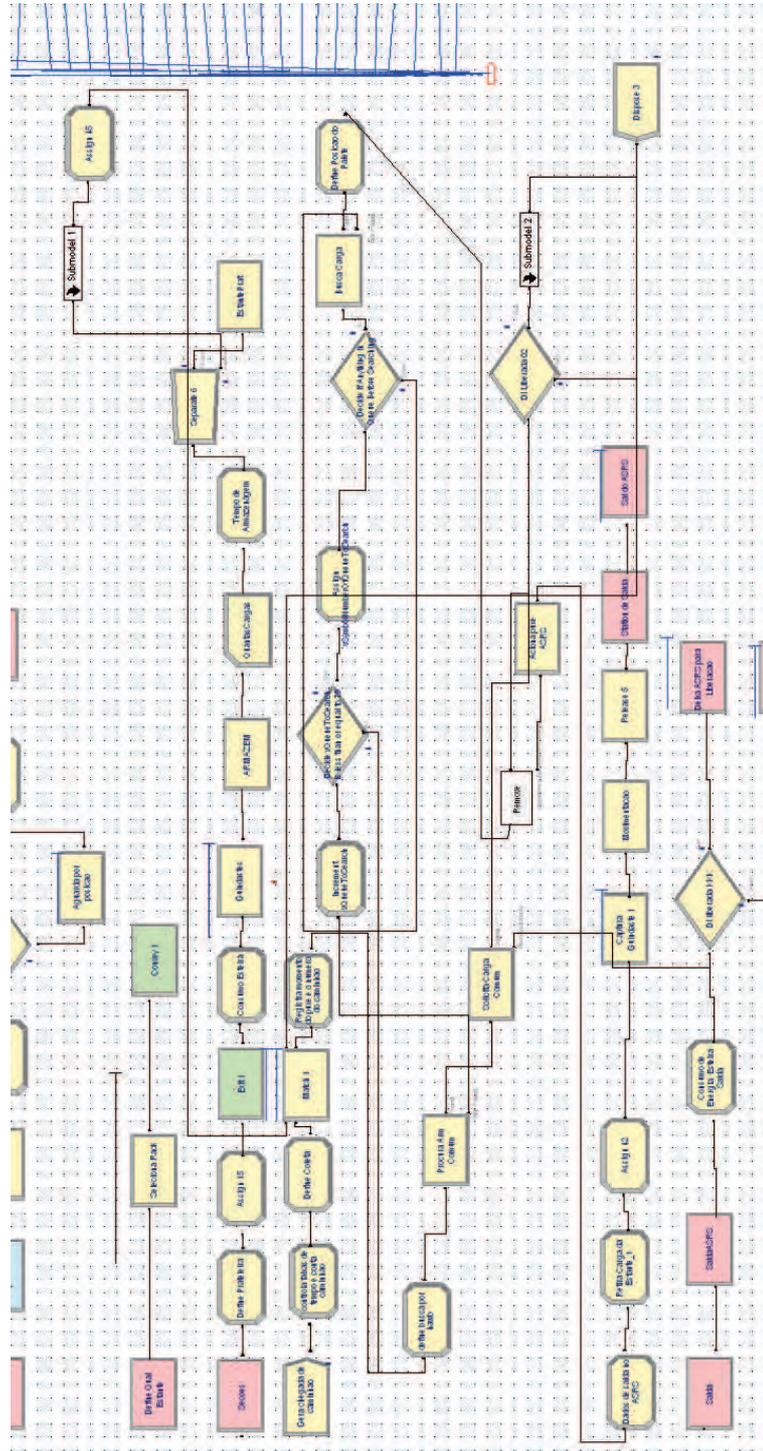


Figura 14 – Parte inferior do modelo no Arena, maior destaque para a simulação dos processos no transelevador e na saída de carga

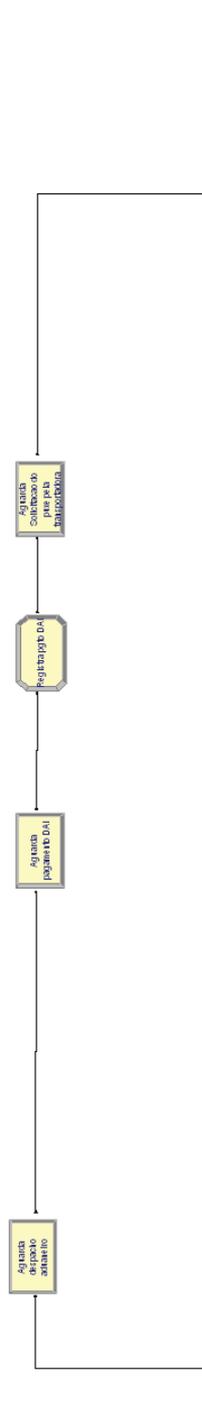


Figura 15 – Detalhamento do submodelo 1, referente ao processo de liberação de carga no terminal

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO			
1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO TC	2. DATA 19 de novembro de 2012	3. REGISTRO Nº DCTA/ITA/TC-075/2012	4. Nº DE PÁGINAS 67
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Transporte internacional de carga aérea: modelagem e avaliação de melhorias no terminal de cargas em aeroportos através de modelagem computacional – um estudo de caso de Viracopos.			
6. AUTOR(ES): Carlos Alberto Patrício Pires Júnior			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: Terminal de cargas em aeroportos; Simulação; Eficiência operacional.			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Carga aérea; Terminais de carga; Logística (administração); Análise de fatores; Aeroportos; Transporte aéreo; Transportes.			
10. APRESENTAÇÃO: X Nacional Internacional ITA, São José dos Campos. Curso de Graduação em Engenharia Civil-Aeronáutica. Orientador: Prof. Dr. Anderson Ribeiro Correia. Publicado em 2012.			
11. RESUMO: Este trabalho tem como objetivo avaliar o funcionamento logístico de um terminal de cargas aeroportuário, identificar possíveis melhorias a serem realizadas e avaliar o impacto de cada uma delas através de modelagem computacional por meio de um modelo construído no software Arena. Os resultados das simulações indicam que as alterações de variáveis e parâmetros de processamento produzem melhorias no processo global, aumentando a quantidade de unidades processadas pelo terminal em um dado período de tempo. O trabalho conseguiu hierarquizar quais seriam modificações mais eficientes e considerações sobre os diversos investimentos previstos. Demais considerações são desenvolvidas e discutidas ao longo do trabalho.			
12. GRAU DE SIGILO: (X) OSTENSIVO () RESERVADO () CONFIDENCIAL () SECRETO			