



SIMULAÇÃO EM TERMINAIS DE CARGAS: UM ESTUDO DO TRANSPORTE
DE CARGA AÉREA NO AEROPORTO INTERNACIONAL DO RIO DE JANEIRO

Leonardo Macedo Rodrigues Cascardo

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes.

Orientador: Glaydston Mattos Ribeiro

Rio de Janeiro

Abril de 2017

SIMULAÇÃO EM TERMINAIS DE CARGAS: UM ESTUDO DO TRANSPORTE
DE CARGA AÉREA NO AEROPORTO INTERNACIONAL DO RIO DE JANEIRO

Leonardo Macedo Rodrigues Cascardo

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM
ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Examinada por:

Prof. Glaydston Mattos Ribeiro, D.Sc.

Prof. Marcio Peixoto de Sequeira Santos, Ph.D.

Prof. Elton Fernandes, Ph.D.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

ABRIL DE 2017

Cascardo, Leonardo Macedo Rodrigues

Simulação em terminais de cargas: um estudo do transporte de carga aérea no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro / Leonardo Macedo Rodrigues Cascardo – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2017.

XII, 101 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Glaydston Mattos Ribeiro

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes, 2017.

Referências Bibliográficas: p. 98-101.

1. Terminal de carga aérea. 2. Simulação. 3. Aeroporto. 4. Otimização de processo. I. Ribeiro, Glaydston Mattos *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transportes. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Ao Corpo Docente da Universidade Federal do Rio de Janeiro, que vem exercendo um papel fundamental em minha formação acadêmica desde o ano de 2004, quando tive o primeiro contato com a universidade.

Ao orientador deste trabalho, Professor Glaydston, pela orientação e paciência, que foram fundamentais para atingir esse objetivo.

Aos meus pais, familiares e amigos, que sempre estiveram presentes nesta jornada, incentivando, investindo e dando força quando mais precisava.

Aos colegas de trabalho da ANAC, pela paciência e pela compreensão nos inúmeros momentos que tive de me afastar para os estudos.

À equipe da RIO Galeão Cargo, pela disponibilidade em receber-me nos momentos necessários e pelas valiosas informações ensinamentos passados, sem os quais não seria possível a realização deste trabalho.

Aos amigos do Programa de Engenharia de Transporte, pelo apoio e convívio que muito ajudou ao longo dessa etapa.

A todos aqueles que, de alguma forma, tenham contribuído para que este trabalho se tornasse viável.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

SIMULAÇÃO EM TERMINAIS DE CARGAS: UM ESTUDO DO TRANSPORTE DE CARGA AÉREA NO AEROPORTO INTERNACIONAL DO RIO DE JANEIRO

Leonardo Macedo Rodrigues Cascardo

Abril/2017

Orientadores: Glaydston Mattos Ribeiro

Programa: Engenharia de Transportes

O presente estudo tem como objetivo realizar uma análise do processo de transporte de cargas de um terminal de carga aérea, tomando-se como premissa conceitos de melhoria de processos que sirvam como base para avaliar possíveis soluções aos problemas encontrados. Isso é feito por meio de análise dos processos de um terminal de carga, seguido pela elaboração de um modelo de simulação e teste de diferentes cenários contendo possíveis soluções. A metodologia utilizada é a pesquisa bibliográfica em conjunto com estudo de caso contendo observações *in loco* e entrevistas. O local escolhido para a realização do estudo é o terminal de importação de cargas do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (TECA de importação da RIO Galeão). Ao longo do trabalho, foi criado um modelo de simulação tomando-se como base o TECA de importação da RIO Galeão. Foi simulado o processo de recepção da carga desde o momento do estacionamento da aeronave até o momento de sua entrega final, passando por diversas etapas, como, por exemplo, o armazenamento. Após a validação do modelo, foram criados cenários para simular diferentes situações, tais como a operação em 2024 com aumento de demanda e o teste de melhorias no processo com adição de novos postos de trabalho e construção de uma nova via auxiliar de acesso desde as posições de estacionamento de aeronaves do terminal de passageiros até o TECA da RIO Galeão. Os resultados obtidos mostraram o aparecimento de gargalos na operação futura, que puderam ser contornados por meio das melhorias implementadas.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

CARGO WAREHOUSE SIMULATION: A STUDY OF AIR CARGO
TRANSPORTATION AT RIO DE JANEIRO INTERNATIONAL AIRPORT

Leonardo Macedo Rodrigues Cascardo

April/2017

Advisors: Glaydston Mattos Ribeiro

Department: Transportation Engineering

The aim of this study is to analyse a cargo transport process in an air cargo warehouse, using concepts of process improvement in order to evaluate possible solutions to problems identified. This is done by analysing the processes of a cargo warehouse to create a simulation model and to test corrective measures in different scenarios. The methodologies used in this dissertation were bibliographic research and case study including interviews. Rio de Janeiro International Airport import cargo warehouse was the place chosen for the case study. This work supports the importance to study proposed solutions through the use of simulation in order to justify to attract investments in the area. A simulation model is created during this study. The objective is to simulate the operation of Rio de Janeiro International Airport import cargo warehouse. The simulation runs from the moment of parking of an aircraft until the final delivery of cargo to the final client. Many stages are simulated, such as the storage process. After validating the model, different scenarios are created to simulate different situations such as the operation in 2024 with an increase of demand and the test of system improvements with the increase in the number of work stations along the process and the construction of a new access road from the passenger terminal to the cargo warehouse. The results showed bottlenecks in the system in the future which were resolved by the implementation of improvements.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA.....	6
1.3. OBJETIVO DO ESTUDO	8
1.4. JUSTIFICATIVA DO TRABALHO.....	9
1.5. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	10
1.6. REFERENCIAL TEÓRICO	10
1.7. METODOLOGIA	12
1.8. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	13
2. O CONTEXTO E A PROBLEMÁTICA DO TRANSPORTE DE CARGA AÉREA 15	
2.1. ANÁLISE DO MERCADO DOMÉSTICO BRASILEIRO.....	16
2.2. ANÁLISE DO MERCADO INTERNACIONAL BRASILEIRO	21
2.3. PERSPECTIVAS PARA O SETOR	24
2.4. DEFINIÇÕES, TIPOS DE TERMINAIS DE CARGA AÉREA E EQUIPAMENTOS	28
2.4.1. DEFINIÇÃO DE TERMOS E ESTRUTURA DE UM TECA	28
2.4.2. CLASSIFICAÇÃO DOS TECA	30
2.4.3. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS POR UM TECA	31
2.4.3.1. PALETE AERONÁUTICO.....	31
2.4.3.2. <i>UNIT LOAD DEVICE</i> (ULD) OU CONTAINER AERONÁUTICO	31
2.4.3.3. TRANSELEVADOR	32
2.4.3.4. <i>DOLLY</i>	32
2.4.3.5. <i>LOADER</i>	33
2.4.3.6. EMPILHADEIRAS E PALETEIRAS	33
2.4.3.7. PALETE DO TIPO <i>SLAVE</i>	33
2.4.3.8. BALANÇAS.....	33
2.4.3.9. EQUIPAMENTOS DE SEGURANÇA	34
2.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
3. SIMULAÇÃO E APLICAÇÕES	35
3.1. O CONCEITO DE SIMULAÇÃO APLICADO AO TECA.....	36
3.2. A ESCOLHA DO SOFTWARE DE SIMULAÇÃO	40
3.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
4. O TECA DA RIO GALEÃO	44
4.1. HISTÓRICO DO MOVIMENTO DA CARGA DE IMPORTAÇÃO NO TECA ESTUDADO.....	44
4.2. PROCESSOS PARA RECEPÇÃO E TRATAMENTO DA CARGA NO TECA ESTUDADO.....	45
4.2.1. EXPORTAÇÃO	45
4.2.2. IMPORTAÇÃO	47
4.2.2.1. PREPARAÇÃO ANTES DO POUSO DA AERONAVE	48
4.2.2.2. POUSO DA AERONAVE E MANIFESTO DE CARGA.....	48
4.2.2.3. EMISSÃO DO TERMO DE ENTRADA.....	48
4.2.2.4. MOVIMENTAÇÃO DA CARGA A PARTIR DA RAMPA.....	48
4.2.2.5. CHEGADA DA CARGA AO “PONTO ZERO”.....	48
4.2.2.6. DESPALETIZAÇÃO.....	49
4.2.2.7. ATRACAÇÃO	49
4.2.2.8. AVALIZAÇÃO	49
4.2.2.9. VISADO.....	50
4.2.2.10. ARMAZENAGEM.....	50
4.2.2.11. VISTORIA ADUANEIRA.....	50
4.2.2.12. LICENCIAMENTO DE IMPORTAÇÃO.....	51

4.2.2.13.	LIBERAÇÃO DA CARGA	51
4.2.2.14.	PARAMETRIZAÇÃO NACIONAL	51
4.2.2.15.	ENTREGA DA CARGA NACIONALIZADA	52
4.2.2.16.	PERDIMENTO	53
4.3.	DESCRIÇÃO DOS PRINCIPAIS COMPONENTES DO TECA DA RIO GALEÃO	53
4.3.1.	EMPILHADEIRAS E PALETEIRAS	53
4.3.2.	ÁREA PARA ANIMAIS VIVOS	53
4.3.3.	ÁREA PARA ARTIGOS PERIGOSOS	54
4.3.4.	CÂMARAS FRIAS	54
4.3.5.	OUTRAS ÁREAS DE ARMAZENAGEM	54
4.3.6.	ÁREA ADMINISTRATIVA	54
4.3.7.	PÁTIOS DE AERONAVES	54
4.3.8.	TRANSELEVADORES	56
4.4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
5.	ESCOPO E MODELAGEM POR SIMULAÇÃO	57
5.1.	PREMISSAS ADOTADAS	57
5.2.	MODELO PROPOSTO	60
5.2.1.	VISÃO GERAL DO PROCESSO DE SIMULAÇÃO DO TECA DA GALEÃO	62
5.2.2.	MÓDULO GERADOR DE VOOS	62
5.2.3.	MÓDULO CHEGADA E DESCARREGAMENTO	63
5.2.4.	MÓDULO TRANSLADO DA CARGA – RAMPA AO PONTO ZERO	63
5.2.5.	MÓDULO ARMAZENAMENTO TEMPORÁRIO PONTO ZERO	65
5.2.6.	MÓDULO PROCESSO DE DESPALETIZAÇÃO	65
5.2.7.	MÓDULO PROCESSO DE ATRACAÇÃO	66
5.2.8.	MÓDULO PROCESSO DE AVALIZAÇÃO	68
5.2.9.	MÓDULO PROCESSO DE VISADO	68
5.2.10.	MÓDULO PREPARA ARMAZENAMENTO	69
5.2.11.	MÓDULO ARMAZENAMENTO SETOR PRETO	71
5.2.12.	MÓDULO ARMAZENAMENTO SETOR VERDE	71
5.2.13.	MÓDULO ARMAZENAMENTO CÂMARA FRIA	72
5.3.	OBTENÇÃO DOS DADOS	72
5.4.	VALIDAÇÃO DO MODELO	75
5.4.1.	TEMPOS DAS DIFERENTES ETAPAS	76
5.4.2.	PARAMETRIZAÇÃO E TURNOS DA RECEITA FEDERAL	79
5.4.3.	QUANTIDADE DE VOLUMES NO SISTEMA	80
5.4.4.	CONCLUSÃO DA VALIDAÇÃO	81
5.5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
6.	CENÁRIOS PROPOSTOS	84
6.1.	CENÁRIO 1: SITUAÇÃO ATUAL DA IMPORTAÇÃO DE CARGA COM MELHORIAS IMPLEMENTADAS	84
6.1.1.	RESULTADOS	85
6.2.	CENÁRIO 2: SITUAÇÃO FUTURA DA IMPORTAÇÃO DE CARGA (ANO BASE 2024) SEM MELHORIAS IMPLEMENTADAS	87
6.2.1.	RESULTADOS	88
6.3.	CENÁRIO 3: SITUAÇÃO FUTURA DA IMPORTAÇÃO DE CARGA (ANO BASE 2024) COM MELHORIAS IMPLEMENTADAS	91
6.3.1.	RESULTADOS	91
6.4.	COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DOS CENÁRIOS	93
7.	CONCLUSÕES E SUGESTÕES	96
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: CARGA PROCESSADA NOS 20 PRINCIPAIS AEROPORTOS DO BRASIL (IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO)	3
FIGURA 2: FTK AÉREO E VOLUME DE COMÉRCIO GLOBAL	4
FIGURA 3: CRESCIMENTO DO TRANSPORTE DE CARGA AÉREA ATÉ 2033.....	9
FIGURA 4: EVOLUÇÃO DA DEMANDA PELO TRANSPORTE AÉREO DOMÉSTICO E INTERNACIONAL DE CARGAS (EM MILHÕES DE TONELADAS-KM UTILIZADAS)	15
FIGURA 5: EVOLUÇÃO DA QUANTIDADE DE CARGA PAGA TRANSPORTADA – MERCADOS DOMÉSTICO E INTERNACIONAL, 2005 A 2014.....	16
FIGURA 6: VARIAÇÃO DA QUANTIDADE DE CARGA PAGA TRANSPORTADA – MERCADOS DOMÉSTICO E INTERNACIONAL, 2005 A 2014.....	17
FIGURA 7: PARTICIPAÇÃO DAS PRINCIPAIS EMPRESAS EM TERMOS DE CARGA PAGA TRANSPORTADA – MERCADO DOMÉSTICO, 2014.....	17
FIGURA 8: CARGA PAGA TRANSPORTADA NAS 20 PRINCIPAIS ROTAS – MERCADO DOMÉSTICO, 2013 E 2014.....	18
FIGURA 9: ROTAS DOMÉSTICAS DE CARGA AÉREA.....	19
FIGURA 10: CARGA PAGA DESPACHADA POR UNIDADE DA FEDERAÇÃO – MERCADO DOMÉSTICO, 2014.....	20
FIGURA 11: PARTICIPAÇÃO DAS PRINCIPAIS EMPRESAS EM TERMOS DE CARGA PAGA TRANSPORTADA – MERCADO INTERNACIONAL, 2014	21
FIGURA 12: QUANTIDADE DE CARGA PAGA TRANSPORTADA ENTRE BRASIL E DEMAIS PAÍSES POR CONTINENTE – MERCADO INTERNACIONAL, 2014.....	22
FIGURA 13: QUANTIDADE DE CARGA PAGA TRANSPORTADA NAS 20 PRINCIPAIS ROTAS INTERNACIONAIS COM ORIGEM NO BRASIL, 2014.....	23
FIGURA 14: QUANTIDADE DE CARGA PAGA TRANSPORTADA NAS 20 PRINCIPAIS ROTAS INTERNACIONAIS COM DESTINO NO BRASIL, 2014.....	23
FIGURA 15: ROTAS INTERNACIONAIS DE CARGA AÉREA DE OU PARA O BRASIL.....	24
FIGURA 16: VARIAÇÃO NO MONTANTE DE VENDAS REFERENTE AO COMÉRCIO ELETRÔNICO BRASILEIRO	25
FIGURA 17: PERCENTUAL DE VENDAS POR TIPO DE PRODUTO	26
FIGURA 18: PERCENTUAL DE CARGA TRANSPORTADA NO PORÃO DE AERONAVES DE PASSAGEIROS (CINZA ESCURO) E NO DECK PRINCIPAL DE AERONAVES CARGUEIRAS (AMARELO).....	26
FIGURA 19: ETAPAS EM UM ESTUDO DE SIMULAÇÃO.....	39
FIGURA 20: TELA DO ANYLOGIC 7: EXEMPLO DO FLUXO DE PESSOAS EM ESTAÇÃO DE METRÔ	40

FIGURA 21: PRINCIPAIS OBJETOS UTILIZADOS NO ANYLOGIC 7.....	42
FIGURA 22: EVOLUÇÃO DO TRANSPORTE DE CARGA AÉREA DE IMPORTAÇÃO NO TECA ESTUDADO	44
FIGURA 23: RESUMO DO FLUXO DE IMPORTAÇÃO.....	47
FIGURA 24: SÍTIO AEROPORTUÁRIO DO AEROPORTO INTERNACIONAL DO RIO DE JANEIRO	55
FIGURA 25: ÁREAS DO TECA DE IMPORTAÇÃO DA RIO GALEÃO E FLUXO DA CARGA.....	59
FIGURA 26: PROCESSO DE CHEGADA E DESCARREGAMENTO DE AERONAVES.....	60
FIGURA 27: RECEPÇÃO E TRATAMENTO DA CARGA NO TECA DE IMPORTAÇÃO DA RIO GALEÃO	61
FIGURA 28: MÓDULO GERADOR DE VOOS	62
FIGURA 29: MÓDULO CHEGADA E DESCARREGAMENTO.....	63
FIGURA 30: MÓDULO TRANSLADO DA CARGA	64
FIGURA 31: MÓDULO ARMAZENAMENTO TEMPORÁRIO PONTO ZERO.....	65
FIGURA 32: MÓDULO PROCESSO DE DESPALETIZAÇÃO.....	66
FIGURA 33: MÓDULO PROCESSO DE ATRACAÇÃO	67
FIGURA 34: MÓDULO PROCESSO DE AVALIZAÇÃO.....	68
FIGURA 35: MÓDULO PROCESSO DE VISADO	69
FIGURA 36: MÓDULO PREPARA ARMAZENAMENTO	70
FIGURA 37: MÓDULO ARMAZENAMENTO SETOR PRETO	71
FIGURA 38: MÓDULO ARMAZENAMENTO SETOR VERDE	72
FIGURA 39: MÓDULO ARMAZENAMENTO CÂMARA FRIA.....	72
FIGURA 40: DISTRIBUIÇÃO DE TEMPOS – MODELO INICIAL.....	78
FIGURA 41: DIFERENÇA DE TURNOS ENTRE A CHEGADA DO VOLUME O ATENDIMENTO PELA RECEITA FEDERAL – MODELO INICIAL	80
FIGURA 42: QUANTIDADE DE VOLUMES SIMULTANEAMENTE NO SISTEMA – MODELO INICIAL..	81
FIGURA 43: VALIDAÇÃO EM CAIXA PRETA.....	82
FIGURA 44: VIAS AUXILIARES DE CIRCULAÇÃO DO AERÓDROMO	85
FIGURA 45: QUANTIDADE DE VOLUMES SIMULTANEAMENTE NO SISTEMA – CENÁRIO 1.....	86
FIGURA 46: DIFERENÇA DE TURNOS ENTRE A CHEGADA DO VOLUME O ATENDIMENTO PELA RECEITA FEDERAL – CENÁRIO 1	86
FIGURA 47: QUANTIDADE DE VOLUMES SIMULTANEAMENTE NO SISTEMA – CENÁRIO 2.....	89
FIGURA 48: DIFERENÇA DE TURNOS ENTRE A CHEGADA DO VOLUME O ATENDIMENTO PELA RECEITA FEDERAL – CENÁRIO 2	89
FIGURA 49: QUANTIDADE DE VOLUMES SIMULTANEAMENTE NO SISTEMA – CENÁRIO 3.....	92
FIGURA 50: DIFERENÇA DE TURNOS ENTRE A CHEGADA DO VOLUME O ATENDIMENTO PELA RECEITA FEDERAL – CENÁRIO 3	92
FIGURA 51: COMPARATIVO DE CENÁRIOS – PARTE 1.....	94

FIGURA 52: COMPARATIVO DE CENÁRIOS – PARTE 2.....	95
FIGURA 53: COMPARATIVO DE CENÁRIOS – PARTE 3.....	95

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: PARTICIPAÇÃO DE MERCADOS NA DISTRIBUIÇÃO GLOBAL DE FTK.....	5
TABELA 2: DEFINIÇÕES RELACIONADAS AO TRANSPORTE DE CARGA AÉREA.....	29
TABELA 3: PARÂMETROS E DADOS DO MODELO DE SIMULAÇÃO.....	73
TABELA 4: RESULTADOS – MODELO INICIAL	77
TABELA 5: VALIDAÇÃO DO MODELO	82
TABELA 6: RESULTADOS – CENÁRIO 1.....	87
TABELA 7: RESULTADOS – CENÁRIO 2.....	90
TABELA 8: RESULTADOS – CENÁRIO 3.....	92
TABELA 9: COMPARATIVO DE CENÁRIOS	94

LISTA DE ABREVIATURAS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
FAA	Federal Aviation Administration
FUNAI	Fundação Nacional do Índio
INFRAERO	Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária – INFRAERO Aeroportos
OACI	Organização da Aviação Civil Internacional (<i>International Civil Aviation Organization - ICAO</i>)
RFB	Secretaria da Receita Federal do Brasil
TECA	Terminal de Carga Aérea
ULD	<i>Unit Load Device</i>

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

De acordo com BULLIET (1998), a história do transporte de carga aérea data do início do século XX, quando se buscavam meios de utilização prática para as aeronaves, que ainda eram recém inventadas. Na época, aviões de pequeno porte foram utilizados para realizar envios de mala postal nos Estados Unidos e na Grã-Bretanha.

Posteriormente, em meio às guerras mundiais, houve um período de maior investimento em tecnologias, de forma a criar um novo patamar de eficiência do voo, tornando o uso de aeronaves muito mais próximo da viabilidade econômica que não existia anteriormente. Segundo FERNANDES e PACHECO (2016), “foi com o término da Primeira Guerra Mundial, em 1918, que a perspectiva de disponibilidade de aviões e pessoal experiente passou a ser real para a atividade comercial de transporte de passageiros, carga e correio”.

Estima-se que em 1927 foram transportadas apenas 21 toneladas de carga por meio do modo aéreo, entretanto, houve um crescimento de mais de 3.650% em um curto período de apenas 4 anos, atingindo valor superior a 450 toneladas em 1931 (BULLIET, 1998). Destaca-se que tal período coincidiu com os anos da Grande Recessão que assolou as economias mundiais a partir de 1929. Isso mostra a importância dada ao transporte aéreo de cargas naquela época.

BULLIET (1998) ainda menciona que, no período pós-guerra diversas companhias aéreas norte-americanas, como a United Airlines, TWA e American Airlines, estabeleceram rotas exclusivas para transporte de carga aérea, entretanto, os altos custos acabaram por levar tais empresas a cancelarem suas rotas. A opção foi utilizar alternativas que combinassem o transporte de passageiros com o transporte de cargas. Esse cenário perdurou por muitos anos, até que na década de 1980 uma nova empresa alterou o cenário do transporte de carga aérea. Criada nessa época, a Federal Express (FedEx) mostrou que, se utilizado um modelo distinto de negócio baseado em encomendas expressas, o transporte de carga aérea se torna uma alternativa atraente do ponto de vista de investimento. Um dos fatores a serem levados em consideração para que uma operação de encomendas expressas se torne viável é o tempo de liberação da carga.

Uma Nota Técnica publicada pela Federação das Indústrias do Rio de Janeiro (FIRJAN, 2013) mostrou que o tempo médio de liberação de uma carga no Aeroporto

Internacional do Rio de Janeiro superava as duzentas horas, número significativo ao tomar como parâmetro os tempos medidos para o Aeroporto de Changi em Singapura, que é de apenas quatro horas, ou para o Aeroporto de Heathrow, em Londres, que é de oito horas. Dessa forma, observa-se no Brasil um panorama de grande diferença em relação a outros aeroportos no mundo.

O transporte de carga aérea não possui apenas apelo econômico, mas também está ligado a questões sociais. O Brasil é um país de dimensões continentais e possui localidades, principalmente na Região Norte, em que o acesso por outros modos é difícil, demorado, ou até mesmo inexistente, como é o caso de algumas aldeias indígenas no estado de Roraima. Tais locais dependem do transporte aéreo para receber suprimentos necessários para manter um mínimo padrão de vida. Segundo SOUSA (1999):

O apoio à FUNAI, organização responsável pela assistência total às tribos de índios, nos lugares mais inacessíveis, deu origem à criação de uma organização, pelo Ministro da Aeronáutica, com sede em Belém. Existente até hoje, a Comissão de Aeroportos da Região Amazônica (COMARA) já construiu centenas de campos de pouso de todas as categorias e asfaltou dezenas deles. Os seus equipamentos pesados são transportados por barcaças, aviões ou helicópteros, porque não existe qualquer ligação terrestre. Há campos no interior da floresta amazônica cuja construção foi uma odisséia. O apoio a essas tribos é muito importante, pois o avião é o único meio de socorrê-las em caso de epidemias, etc.

O transporte aéreo é essencial quando se fala em órgãos para transplante, medicamentos e vacinas, casos que exigem um deslocamento rápido e eficaz, devido à perecibilidade do material transportado. No caso do transporte de órgãos, por exemplo, o longo tempo de isquemia fria, que, em resumo, é o tempo em que um órgão pode permanecer fora do corpo sem que suas células sejam permanentemente danificadas, foi ressaltado por UEHLINGER *et al.* (2010) como um impacto negativo nos resultados do transplante. CARRARA *et al.* (2015) também destacam a importância do transporte aéreo para o transporte de órgãos, destacando as dificuldades desse tipo de transporte no Brasil, por problemas logísticos. Dessa forma, o transporte aéreo se mostra como alternativa fundamental para permitir esse tipo de transporte.

O transporte de carga aérea, incluindo-se as encomendas expressas, os suprimentos para as reservas indígenas e órgãos para transplante, mencionados

previamente dão-se por meio de embarques nos diversos aeroportos do Brasil. Os quatro maiores terminais de carga do país em termos de movimentação são:

- Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos – Governador André Franco Montoro (Guarulhos – GRU);
- Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas (Viracopos – VCP);
- Aeroporto Internacional de Manaus — Eduardo Gomes (Manaus – MAO); e
- Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro / Galeão – Antônio Carlos Jobim (Galeão – GIG).

Segundo o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES, 2010), de acordo com a Figura 1, tais terminais respondem por mais de três quartos da carga transportada no país. Cada um desses aeroportos possui suas peculiaridades, no entanto, todos apresentavam, na época do estudo, dois problemas comuns de destaque: a falta de investimentos em infraestrutura e a ausência de uma gestão por processos que permitisse fluidez no fluxo da carga.

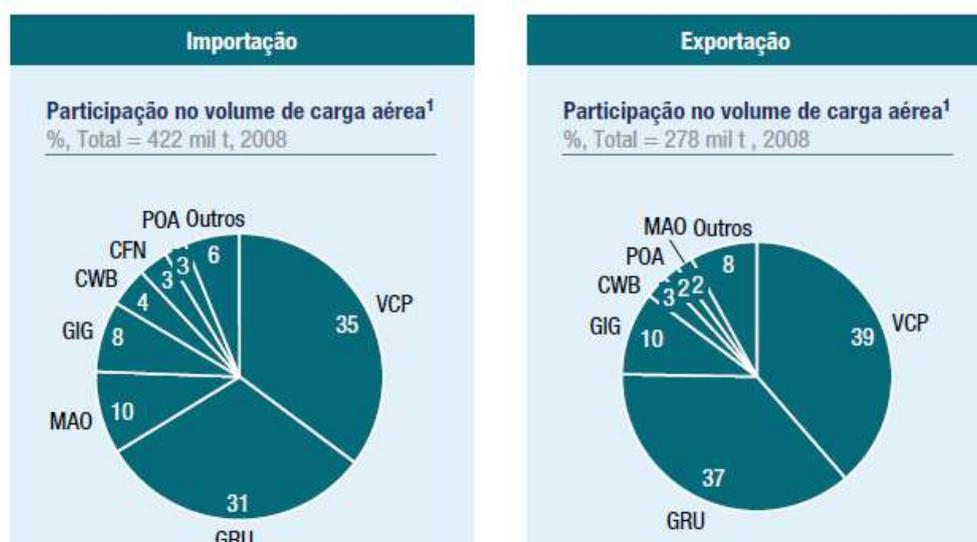


Figura 1: Carga processada nos 20 principais aeroportos do Brasil (importação e exportação)
Fonte: BNDES (2010)

Esse panorama passou a mudar com as concessões dos aeroportos de Guarulhos, Viracopos, Brasília, Galeão e Confins, que começaram a ser realizadas a partir de fevereiro de 2012. De acordo com ANAC (2012), são previstos, por contrato, investimentos da ordem de bilhões de Reais nos referidos aeródromos, que incluem a infraestrutura de suporte ao transporte aéreo de carga. ANAC (2013) destaca que “são

Áreas e Atividades Operacionais do Complexo Aeroportuário aquelas essenciais à prestação dos serviços de transporte aéreo, tais como (...) despacho de carga e de bens transportados por aeronaves, (...) armazenagem e capatazia doméstica”.

Portanto, os terminais de carga estão contemplados no contrato de concessão aeroportuária. Dessa forma, é provável que, nos próximos anos, haja um aumento na ênfase dada ao transporte de carga o que, conseqüentemente gera a necessidade de estudos e pesquisas na área para o país, visto que é necessário tomar decisões importantes na hora de alocar os recursos financeiros.

Atualmente, os aeroportos mais importantes para o processamento de carga no Brasil são Viracopos e Guarulhos, o que logicamente ocorre pela localização próxima aos grandes centros urbanos geradores de grande parte do Produto Interno Bruto do país. De acordo com a Figura 1, tais aeroportos chegam a processar cerca de 70% do total da carga aérea transportada.

Uma das medidas mais utilizadas para análise de dados econômicos no setor de carga aérea é o FTK (*Freight Tonne-Kilometer*). Para o cálculo do FTK, multiplica-se a quantidade de toneladas de carga transportada pela distância percorrida. Sendo assim, segundo informações da *International Air Transport Association* (IATA, 2016), a medida de FTK de carga aérea transportada mensalmente no mundo já se aproxima de 15, conforme Figura 2.



Figura 2: FTK aéreo e volume de comércio global
Fonte: IATA (2016)

Segundo dados de IATA (2016), como observa-se na Tabela 1, a América Latina, é responsável por apenas 2,8% do FTK global. O valor para a região, e conseqüentemente para o Brasil, ainda é muito baixo, se comparado com regiões chave, como, por exemplo, Ásia-Pacífico e Europa.

Tabela 1: Participação de mercados na distribuição global de FTK

	Participação mundial	Março 2016 (FTK)
Total do mercado	100,0%	-2,0%
África	1,5%	-3,1%
Ásia Pacífico	38,9%	-5,2%
Europa	22,3%	1,3%
América Latina	2,8%	-5,9%
Oriente Médio	14,0%	2,4%
América do Norte	20,5%	-1,8%

Fonte: IATA (2016)

Um estudo publicado pelo BNDES (2010) analisou a infraestrutura aeroportuária brasileira. Foi apontado que os terminais de exportação dos aeroportos de Guarulhos, de Confins e de Salvador estavam operando muito próximos ao limite de capacidade e o de Viracopos acima de sua capacidade naquele momento. Situação similar ocorria para a importação.

Atualmente, embora outros estudos não tenham atualizado essa informação, não foram encontrados registros, exceto pela concessão dos aeroportos, de grandes investimentos ou mudanças que pudessem levar a situação a ser alterada. Ressalta-se, que a concessão dos aeroportos ainda é algo recente. No caso do Galeão, por exemplo, o final da etapa de transição terminou em fevereiro de 2015 (ANAC, 2013) e, embora haja capital sendo investido, ainda não há estudos científicos publicados para avaliar qual o ganho real trazido pelas mudanças que foram implantadas. Assim, o objeto de estudo do presente trabalho engloba os problemas enfrentados pelos terminais de carga aérea no Brasil.

Os Terminais de Carga Aérea (TECA) são importantes elos na cadeia do transporte de carga por via aérea, visto que processam toda a carga com o objetivo de armazená-la e garantir não só a segurança da mesma, mas também a segurança operacional dos voos. Fala-se em segurança operacional, pois uma carga armazenada incorretamente, por exemplo um material corrosivo, pode levar a danos na mesma que comprometem a segurança de voo.

Dessa forma, para que o transporte de carga por meio de aeronaves atinja a eficiência operacional, deve ser dada atenção aos terminais de carga aérea, especialmente no Brasil, onde admite-se como hipótese do presente estudo que haja gargalos infra estruturais no setor.

1.2. Apresentação do problema de pesquisa

O estudo de alguns aeroportos pelo BNDES (2010) informa que todos eles poderiam aumentar a eficiência operacional, de maneira a processar mais carga. Tal aumento poderia ser alcançado por meio de inúmeras medidas. Foram destacadas algumas alternativas como, por exemplo, a reorganização de áreas dentro dos terminais, automação com uso de novos sistemas e reajuste de espaço de prateleiras de maneira a acomodar mais carga e a ampliação das instalações físicas. Todas essas medidas implicam na necessidade de investimentos, que pode variar de acordo com o grau de complexidade por trás da implantação das mesmas.

MENDES *et al.* (2012) definem aspectos que compõem o desempenho de um terminal de cargas, como, por exemplo, questões de ordem alfandegária, que impactam no tempo de envio ou recebimento de uma carga, e questões como o “estoque-zero”, que buscam reduzir o tempo e aumentar a agilidade do sistema.

Nesse contexto, é importante que qualquer estudo que envolva processos de trabalho dentro de um TECA possua a preocupação de analisar os fluxos como um todo. Isso ocorre porque normalmente há mais de um agente envolvido no processo, como, por exemplo, companhias aéreas, agentes de carga, transportadores, administrador do terminal, órgãos do governo, dentre outros.

VILLA e ORTOLL (2008) destacam a importância do transporte aéreo nos dias atuais, pelo fato de ser o transporte mais rápido disponível, podendo uma carga em apenas 12 horas chegar ao outro lado do mundo. Tal trabalho traz uma afirmação bastante própria à questão da avaliação dos TECA, ao mencionar que o tempo do processo de transporte como um todo não depende tanto da duração dos voos, mas sim da forma pela qual a carga é manuseada enquanto está em solo. Portanto, a eficiência dos terminais de carga, de entrada, saída e, em alguns casos, de transbordo, é fundamental para que o sistema seja capaz de ser alimentado em velocidade que atenda às necessidades exigidas, os requisitos de segurança e a regulamentação vigente.

GONÇALVES *et al.* (2010) mencionaram que:

Um dos grandes desafios enfrentados por grande parte dos aeroportos brasileiros consiste em manter a produtividade dos recursos aeroportuários através da análise das diferenças entre a capacidade disponível para a movimentação de cargas e o volume de movimentação demandado. Se por um lado a operação de um volume de cargas excessivo acarreta ineficiências

técnicas, por outro a movimentação de um volume abaixo do nível ótimo gera capacidade ociosa e conseqüente desperdício de recursos.

Dessa forma, o planejamento e a previsão de demanda de um TECA podem ser tarefas difíceis. A carga pode ser transportada em aviões exclusivamente cargueiros com rotas pré-definidas ou não (MARQUES *et al.*, 2011). No caso de as rotas não serem conhecidas com antecedência, o processo de estimativa da ocupação de um TECA tem um aumento de complexidade. Mais do que isso, a carga também pode ser transportada no porão de uma aeronave de passageiros (MARQUES *et al.*, 2011). Nesse tipo de situação, normalmente a bagagem dos passageiros que estão a bordo recebe prioridade frente à carga que aguarda para ser embarcada (SALES, 2007). Ou seja, se não houver disponibilidade de espaço no porão, parte da carga aguardará o próximo voo ou até mesmo pode sofrer novo roteamento até o destino, passando por locais diferentes. Dessa forma, há um grau de incerteza em relação ao planejamento. Outro exemplo disso é a incerteza sobre o número de funcionários necessários em cada turno para atender à demanda.

Recentemente, a gestão do Aeroporto Internacional de Guarulhos iniciou a implementação da reorganização do *layout* do terminal de importação de cargas (GRUAIRPORT, 2014). Entretanto, não foi publicado nenhum estudo de maneira que se pudesse saber de antemão qual o ganho obtido com tal mudança. Há, ainda, alguns projetos de desburocratização da carga aérea sendo estudados ou implementados atualmente, como, por exemplo, o CT-e e o *e-Freight* (CHAN e WOODROW, 2011).

O projeto do Conhecimento de Transporte eletrônico (CT-e), instituído pelo Ajuste SINIEF nº 09, 25 de outubro de 2007 (CONFAZ, 2007), substituiu o conhecimento de transporte aéreo doméstico em papel e tornou todas as informações digitais. Tal projeto conta com a participação de diversos órgãos públicos como as Secretarias de Fazenda de diversas Unidades Federativas, a Receita Federal e Agências Reguladoras.

O projeto *e-Freight*, apresentado no Fórum Econômico Mundial de 2009 por meio de IATA (2009), tem como objetivo reduzir o máximo possível da documentação em papel necessária para o transporte da carga aérea. Esse projeto engloba o escopo do e-AWB, que possui como objetivo substituir o conhecimento de transporte aéreo internacional ou *Air Waybill* (AWB) por versão digital. Com isso, é possível tornar ainda mais rápido o fluxo de informação entre os diferentes agentes envolvidos no processo.

A maioria dos projetos existentes direta ou indiretamente trabalha sob a ótica de melhoria de processos, buscando implantar alguma solução factível para um problema existente. Todavia, não se sabe de antemão quais serão os impactos de cada projeto na operação, de maneira a estimar o quão positiva pode ser uma mudança. Por esse motivo, é importante que estudos sejam realizados de maneira a efetuar previsões que auxiliem na tomada de decisão e, nesse contexto, a simulação computacional pode intervir como uma metodologia conveniente para esse tipo de avaliação.

Sendo assim, pretende-se estudar a situação específica do terminal de carga aérea do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro, de forma a responder o seguinte problema: Quais melhorias podem ser implementadas no terminal de carga aérea estudado e quais seriam os ganhos esperados? A hipótese de trabalho para tal problema seria a simulação pode auxiliar na melhoria da eficiência operacional por meio da identificação dos gargalos existentes no fluxo da carga desde seu recebimento até etapas posteriores, como, por exemplo, a liberação da carga em um TECA.

1.3. Objetivo do estudo

O objetivo geral do presente trabalho consiste em analisar o processo de transporte de cargas do terminal de carga aérea do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (TECA da RIO Galeão) sob o ponto de vista da melhoria de processos que sirva como base para avaliar possíveis soluções aos problemas encontrados, de forma a dar embasamento a investimentos a serem realizados no setor. Para atingir tal objetivo, são definidos quatro objetivos específicos:

- Mapear o processamento de carga de um TECA;
- Realizar análise dos gargalos no transporte da carga aérea;
- Construir um modelo de simulação; e
- Avaliar diferentes cenários contendo as possíveis sugestões de melhorias, como, por exemplo, compra de novos equipamentos e reorganização de *layout*.

O TECA da RIO Galeão pode ser dividido nas áreas de importação e de exportação. O fluxo de importação, conforme descrito no Capítulo 4 deste trabalho, tem um grau de complexidade superior ao de exportação. Dessa forma, o presente trabalho analisa o TECA de importação da RIO Galeão.

1.4. Justificativa do trabalho

Um estudo da fabricante de aeronaves Boeing prevê um crescimento médio de 4,8% ao ano até 2033 no transporte de carga aérea ao redor do mundo (BOEING, 2014). A Figura 3 mostra a previsão de crescimento do transporte de carga aérea, comparado com o crescimento registrado a partir de 2003. Nota-se que é esperada uma aceleração na taxa de crescimento.

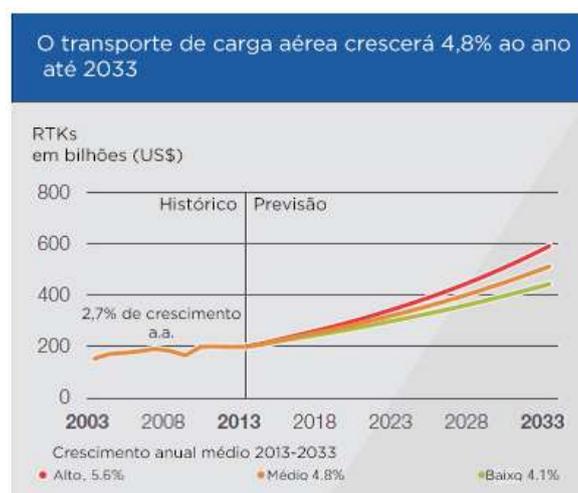


Figura 3: Crescimento do transporte de carga aérea até 2033

Fonte: BOEING (2014, tradução nossa)

O crescimento no transporte aéreo faz com que os terminais de carga tenham de absorver essa nova demanda e, dessa forma, é exigida maior eficiência de sua infraestrutura.

Segundo MARQUES *et al.* (2011), o transporte de carga pelo modo aéreo pode ser realizado utilizando-se aeronave cargueira (*full cargo*) ou aeronave mista (*combi*). As aeronaves cargueiras normalmente operam em rotas não regulares e de maiores distâncias. As aeronaves mistas são mais comuns e carregam passageiros na cabine e carga nos porões. É importante ressaltar que os porões também são utilizados para o transporte da bagagem dos passageiros, que não é considerada carga. O espaço dos porões que não estiver sendo utilizado para bagagem de passageiros pode ser utilizado para transportar cargas e isso pode ser um importante fator para complementar as receitas dos operadores aéreos. O mesmo autor ainda menciona que, em caso de aeronave *combi*, a carga acaba sendo tomada como um subproduto do transporte e é responsável por cerca de 15% das receitas das empresas. Já em uma aeronave cargueira, o espaço que seria

normalmente utilizado para os assentos dos passageiros é usado para a afixação de paletes contendo volumes de carga.

Conforme mencionado anteriormente e suportado por VILLA e ORTOLL (2008), para que o transporte de carga aérea seja eficiente do ponto de vista da operação, é preciso que se entenda o funcionamento dos TECA, pois esses são responsáveis por grande parcela do tempo despendido com o transporte aéreo, que justamente preza pela velocidade e menor tempo na entrega dos produtos.

O transporte é um grande movimentador da economia mundial. Sem a locomoção de mercadorias e de provedores de serviço não seria possível manter qualquer tipo de relação comercial. No mundo atual, que busca a eficiência e a solução de problemas no menor tempo possível, o transporte aéreo insere-se e ganha cada vez mais importância. Nesse contexto, é importante que haja estudos, no Brasil, direcionados ao transporte de carga aérea buscando melhorar os problemas existentes.

1.5. Delimitação da pesquisa

A abrangência da presente pesquisa delimita-se a estudar o transporte aéreo de cargas no Brasil, seguido para a escolha do TECA do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (TECA de importação da RIO Galeão), que servirá como base para o estudo. É estudada a situação desse TECA no momento atual, usando-se como referencial para a simulação os dados entre julho de 2014 e agosto de 2015. A justificativa para a utilização desse período é que foi quando as metodologias de medição de dados dentro do terminal estavam mais padronizadas, levando-se a em consideração as mudanças futuras da entrada da concessionária RIO Galeão em agosto de 2014, que, após certo tempo, passou a medir dados diferentes de maneiras distintas.

Para responder ao problema e realizar a verificação da hipótese de trabalho, são utilizados os aspectos conceituais da simulação, trazendo suas vantagens e, a partir disso, é elaborado um modelo para teste de possíveis soluções a serem definidas após a análise de gargalos do terminal de cargas.

1.6. Referencial teórico

Para que se obtenha embasamento sobre os problemas são necessários dados sobre o setor. Tais dados são coletados do site da Agência Nacional de Aviação Civil, do Estudo

sobre Infraestrutura Aeroportuária desenvolvido pelo BNDES (2010) e de outras bases que venham a complementar a pesquisa.

Algumas definições são necessárias para a construção do referencial teórico. De acordo com BANKS (2000), “simulação é a imitação da operação de um processo ou sistema real ao longo do tempo”, sendo considerada uma “metodologia indispensável para resolver muitos dos problemas atuais”. Modelo é uma representação simplificada da realidade tomando-se como base as variáveis mais importantes do fenômeno a ser estudado. Um modelo dificilmente corresponderá a 100% da realidade, visto que na maioria dos casos é pouco provável que se pense em todas as variáveis que podem impactar no sistema que está sendo analisado. Entretanto, a escolha inteligente das variáveis costuma levar a um modelo que apresenta elevado grau de associação com o mundo real.

É comum encontrar estudos de simulação que abordam áreas dos terminais de passageiros, como, por exemplo, o comportamento de chegada e as filas de *check-in*, tais como os citados nos parágrafos a seguir:

SANTANA (2002) estudou diferentes cenários de operação do terminal de passageiros do Aeroporto Internacional de Guarulhos e chegou à conclusão que a construção de uma terceira pista seria mais importante do que a construção de um novo terminal de passageiros do ponto de vista da capacidade e da redução do número de atrasos, embora recomende que as duas ações sejam tomadas.

GATERSLEBEN e VAN DER WEIJ (1999) estudaram o deslocamento de passageiros ao longo dos terminais por meio de simulação. Tomou-se por base o aeroporto de Schiphol, em Amsterdam, para localização de gargalos e prevenção de novos gargalos no futuro. Os autores destacaram a importância da animação do modelo para mostrar aos funcionários da empresa de maneira clara, as diversas situações e problemas do terminal.

Já PEREIRA *et al.* (2000) propuseram uma medição de capacidade da área de movimento de passageiros do Aeroporto Santos Dumont também por meio de simulação. Tal trabalho avaliou diferentes cenários em tal aeroporto, como, por exemplo, os impactos nos atrasos e filas para decolagem, causados pelo acréscimo de 20% das operações. O resultado da análise foi que tal acréscimo levaria a um aumento de cinco vezes no tempo de espera médio para decolagem.

Embora a quantidade de estudos sobre carga aérea seja baixa ao levar em consideração o número de estudos sobre terminais de passageiros, há alguns que

abordaram a questão e obtiveram resultados positivos no que tange à melhoria processual. Os autores a seguir servirão como referencial teórico para mostrar que o método da simulação pode trazer resultados convenientes para estudos que envolvam terminais de cargas.

VILLA e ORTOLL (2008) analisaram o terminal de carga aérea do Aeroporto de Copenhague – Kastrup, sob o ponto de vista das operações da empresa aérea Spirit Air Cargo. Foram feitas simulações, utilizando a ferramenta ProModel, de diferentes cenários buscando melhoria de tempos de entrega da mercadoria, garantindo a entrega dentro do prazo especificado para o cliente.

MENDES *et al.* (2012) buscaram o aumento de produtividade e qualidade operacional em terminais de cargas, tomando por base o Aeroporto Internacional de Viracopos. Os autores utilizaram o simulador Arena. Os resultados indicaram que mudanças na velocidade de esteiras de armazenagem e estratégias de armazenagem por critério de popularidade trariam melhoras nos indicadores de tempo de espera de recebimento e expedição de mercadorias e no tempo total de armazenagem.

DAMALA (2012) e DAMALA *et al.* (2013) realizaram um estudo em parceria com o Grupo de Estudos e Pesquisas de Análise de Decisão (GERAD), a École Polytechnique de Montréal e o operador aéreo Air Canada, que visou analisar os terminais de importação e exportação utilizados pela Air Canada no Aeroporto Internacional de Montreal – Pierre Elliott Trudeau – frente a mudanças na regulamentação canadense de inspeção de segurança da carga contra atos de interferência ilícita. A nova regra passou a impor que 100% das cargas em exportação deveriam ser inspecionadas em equipamento de raios-x. O modelo de simulação em Arena apontou uma piora significativa nos tempos de processamento da carga e foram estudadas alternativas que fizessem com que o tempo total diminuísse a padrões mais baixos do que os atuais. Chegou-se à conclusão que caso os horários das entregas dos grandes clientes fossem realocados, uma melhora significativa ocorreria no processo como um todo.

1.7. Metodologia

Para dar início ao estudo, foi realizada pesquisa bibliográfica a fim de verificar o que já foi realizado anteriormente sobre o tema, além de encontrar sugestões de melhorias realizadas em terminais de carga ao redor do mundo e seus resultados.

A partir disso, inicia-se a etapa de estudo de caso em que foi escolhido o TECA de importação da RIO Galeão. O estudo de caso incluiu visitas a campo com objetivo de conhecer os processos do TECA estudado. Foram coletadas informações qualitativas e quantitativas com base em observações e entrevistas com os responsáveis pelo terminal.

É importante ressaltar que o estudo considera a natureza local da operação de cada terminal. Cada TECA possui uma característica específica que deve ser levada em consideração. O tipo de atividade (exportação, importação, carga doméstica, conforme definidos por MENESES, 2001), assim como a natureza das mercadorias que são processadas, varia de local para local. Por exemplo, segundo o estudo de CAPPA (2011), Viracopos possui característica de receber carga em aeronaves cargueiras, enquanto Guarulhos recebe mais carga transportada por aeronaves mistas.

A última etapa é a elaboração de um modelo de simulação computacional, que inclui a escolha de uma ferramenta que mais se adequa ao objetivo do estudo e à natureza dos dados coletados. Nessa etapa é realizada a validação do modelo seguida pela elaboração de cenários para testar propostas de melhorias processuais. Os três cenários testam, respectivamente, o impacto de melhorias no sistema considerando-se a operação atual do TECA da RIO Galeão, a situação da operação em 2024 sem considerar as melhorias e a situação da operação em 2024 considerando as melhorias. Os cenários são importantes para mostrar o que ocorre com o TECA da RIO Galeão frente às diferentes situações, que, ao final, são comparadas de maneira a mostrar a formação de filas e gargalos, assim como as melhorias por meio da implementação de mudanças.

1.8. Estrutura da dissertação

Esta dissertação está organizada em seis capítulos. No presente capítulo, apresenta-se uma introdução ao assunto, incluindo-se a contextualização do problema de pesquisa e sua apresentação, seguido dos objetivos, justificativa, delimitação, referencial teórico e metodologia.

No Capítulo 2 são apresentados dados sobre o setor, incluindo aqueles referentes ao cenário brasileiro, com intuito de mostrar as tendências de crescimento da carga aérea no futuro. Este capítulo mostra ainda algumas definições relacionadas aos terminais de carga, de maneira a compor melhor entendimento sobre seu funcionamento.

No Capítulo 3 são apresentados os conceitos de simulação, descrevendo algumas ferramentas de modelagem, em especial a ferramenta de modelagem escolhida para

utilização no presente trabalho. Além disso, descrevem-se alguns casos em que a simulação foi aplicada ao transporte aéreo.

No Capítulo 4 apresenta-se o terminal de carga estudado. São apresentados dados sobre a carga aérea no TECA da RIO Galeão, gerido pela concessionária RIO Galeão. Dessa forma, explica-se como os fluxos de exportação e de importação ocorrem, informação fundamental para compreender o Capítulo 5. Ainda são levantados alguns possíveis gargalos do TECA, mencionados pelos seus funcionários e gestores durante as visitas técnicas realizadas durante a elaboração do trabalho.

O Capítulo 5 objetiva aplicar a simulação ao TECA de importação da RIO Galeão. Dessa forma, são apresentados os dados utilizados para a construção do modelo e o modelo propriamente dito, incluindo suas premissas.

O Capítulo 6, por sua vez, aplica o modelo desenvolvido e descrito no Capítulo 5 a alguns cenários diferentes. O objetivo é executar a simulação e avaliar quais melhorias ou gargalos podem ser evidenciados em cada cenário distinto.

Por fim, são apresentadas as conclusões sobre o trabalho, trazendo algumas sugestões baseadas nos resultados obtidos para trabalhos futuros.

2. O CONTEXTO E A PROBLEMÁTICA DO TRANSPORTE DE CARGA AÉREA

Em nível mundial, AIRBUS (2015) menciona que a carga aérea é um importante elemento do comércio internacional, sendo responsável por um terço de todas as transações internacionais quando se leva em consideração o valor. Com um mesmo alinhamento, BOEING (2014) destaca:

Exemplos de mercadorias transportadas pelo setor são produtos perecíveis; eletrônicos de consumo; peças de alta costura; produtos farmacêuticos; maquinário industrial e produtos intermediários de alto valor, como peças automotivas. A velocidade e a pontualidade incomparável do transporte aéreo de carga lhe garante um lugar de destaque na economia global, ainda que melhorias nos meios de transporte terrestre ofereçam alternativas de transporte mais econômicas.

No Brasil, a situação se aproxima daquela mostrada em estudos internacionais. A série histórica apresentada na Figura 4 mostra que, de maneira geral, o transporte de carga no Brasil tem crescido de forma consistente desde a década de 70.

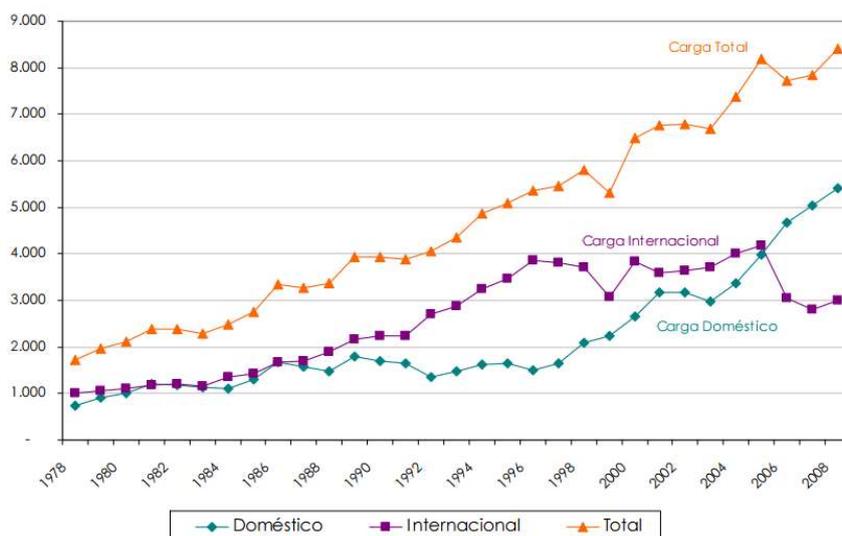


Figura 4: Evolução da demanda pelo transporte aéreo doméstico e internacional de cargas (em milhões de toneladas-km utilizadas)

Fonte: IPEA (2010)

Dados mais recentes mostram que o mercado doméstico do transporte de carga aérea registrou crescimento médio de 3,6% ao ano no período que vai de 2005 a 2014 (ANAC, 2015). Segundo dados do IBGE (2016), o crescimento médio do PIB brasileiro

para o mesmo período foi de 3,4%, o que mostra o alinhamento entre o crescimento do transporte de carga aérea e o crescimento do PIB brasileiro.

A ANAC (2015), em seu relatório estatístico anual, menciona que o incremento do período de 2005 a 2014 foi de 37% no peso de carga transportada no mercado doméstico. No último ano desse período, foram transportadas 410,6 mil toneladas no mercado doméstico.

No mercado internacional, ou seja, quando está envolvido um voo internacional de ou para o Brasil, houve crescimento de 3,8% no período estudado (ANAC, 2015). O incremento do período de 2005 a 2014 foi de 40,2% no peso de carga transportada no mercado internacional. No último ano desse período foram transportadas 792,3 mil toneladas no mercado internacional.

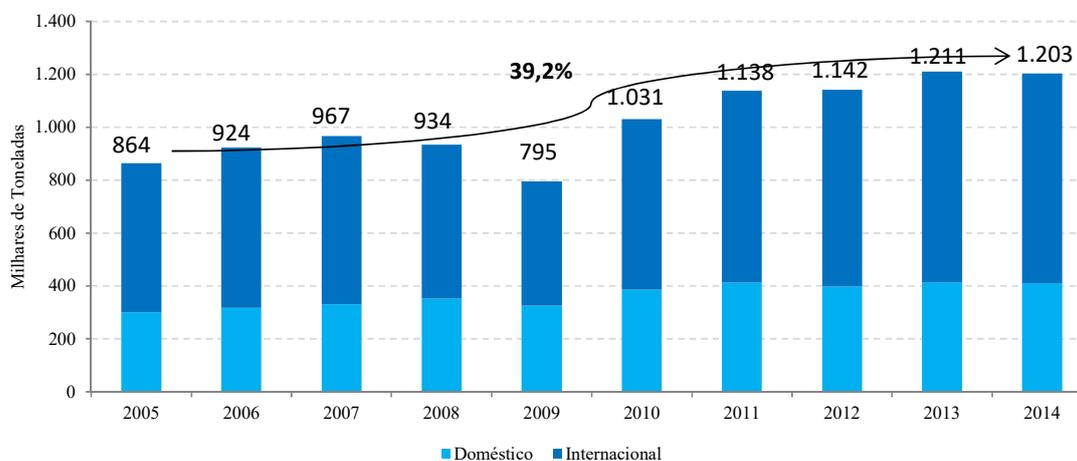


Figura 5: Evolução da quantidade de carga paga transportada – mercados doméstico e internacional, 2005 a 2014
Fonte: ANAC (2015)

Com base nos dados apresentados na Figura 5, pode-se concluir que o mercado internacional tem apresentado maior desempenho do que o mercado doméstico. Além disso, nota-se que o mercado internacional é responsável pelo transporte de quase o dobro da carga transportada no mercado doméstico. Como os mercados doméstico e internacional apresentam características e resultados diferentes, divide-se a presente análise em duas.

2.1. Análise do mercado doméstico brasileiro

A Figura 6 mostra o crescimento do transporte de carga aérea ao longo dos anos. Percebe-se um crescimento inconsistente, ou seja, há variações representativas de ano

para ano. O baixo desempenho do setor nos anos de 2008 e 2009 relaciona-se à crise mundial que ocorreu naqueles anos.

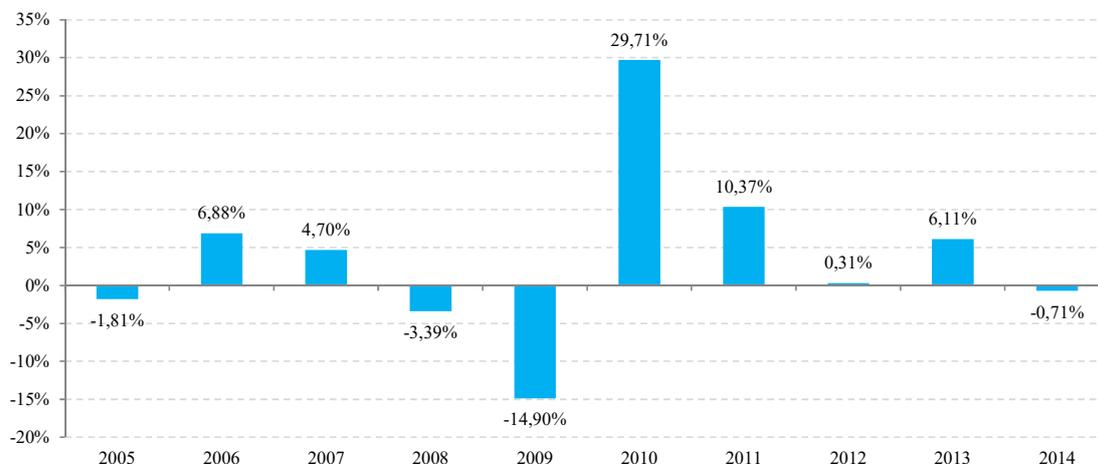


Figura 6: Variação da quantidade de carga paga transportada – mercados doméstico e internacional, 2005 a 2014

Fonte: ANAC (2015)

No ano de 2014, o faturamento das empresas brasileiras em termos de receita de voo foi da ordem dos R\$ 32,2 bilhões. Se esse valor for destrinchado, a receita de passagens aéreas representou 86,5% desse total e a carga apenas 7,7%. (ANAC, 2015).

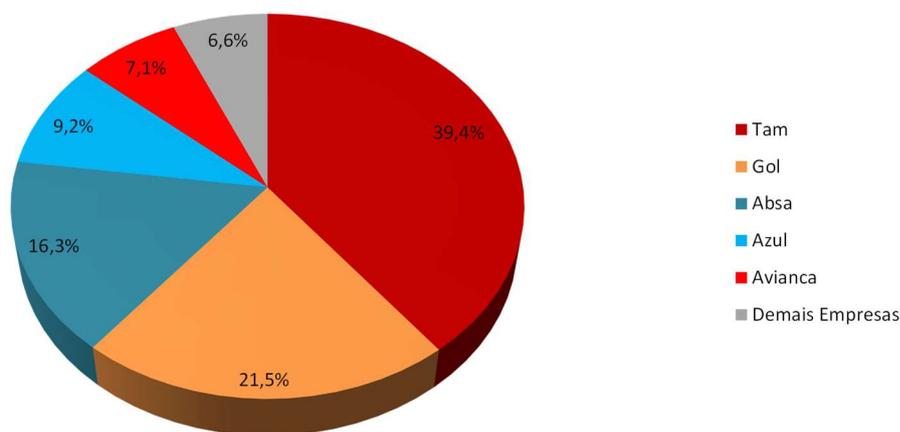


Figura 7: Participação das principais empresas em termos de carga paga transportada – mercado doméstico, 2014

Fonte: ANAC (2015)

A Figura 7 mostra que a Tam, atualmente chamada de Latam, é a empresa líder no segmento de cargas, com 39,4%, seguida pela Gol, com 21,5%, e pela Absa, com 16,3%.

Em termos de mercado doméstico, o anuário apresentado por ANAC (2015) mostra que das dez principais rotas de carga no ano de 2014, oito delas tiveram como origem ou destino o Aeroporto Internacional de Guarulhos. As rotas que se sobressaíram foram de Guarulhos a Manaus e vice-versa, em que foram transportadas quase 82 mil toneladas de carga. A Figura 8 mostra também a presença do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro em rotas representativas para o Nordeste e para o Aeroporto Internacional de Guarulhos.

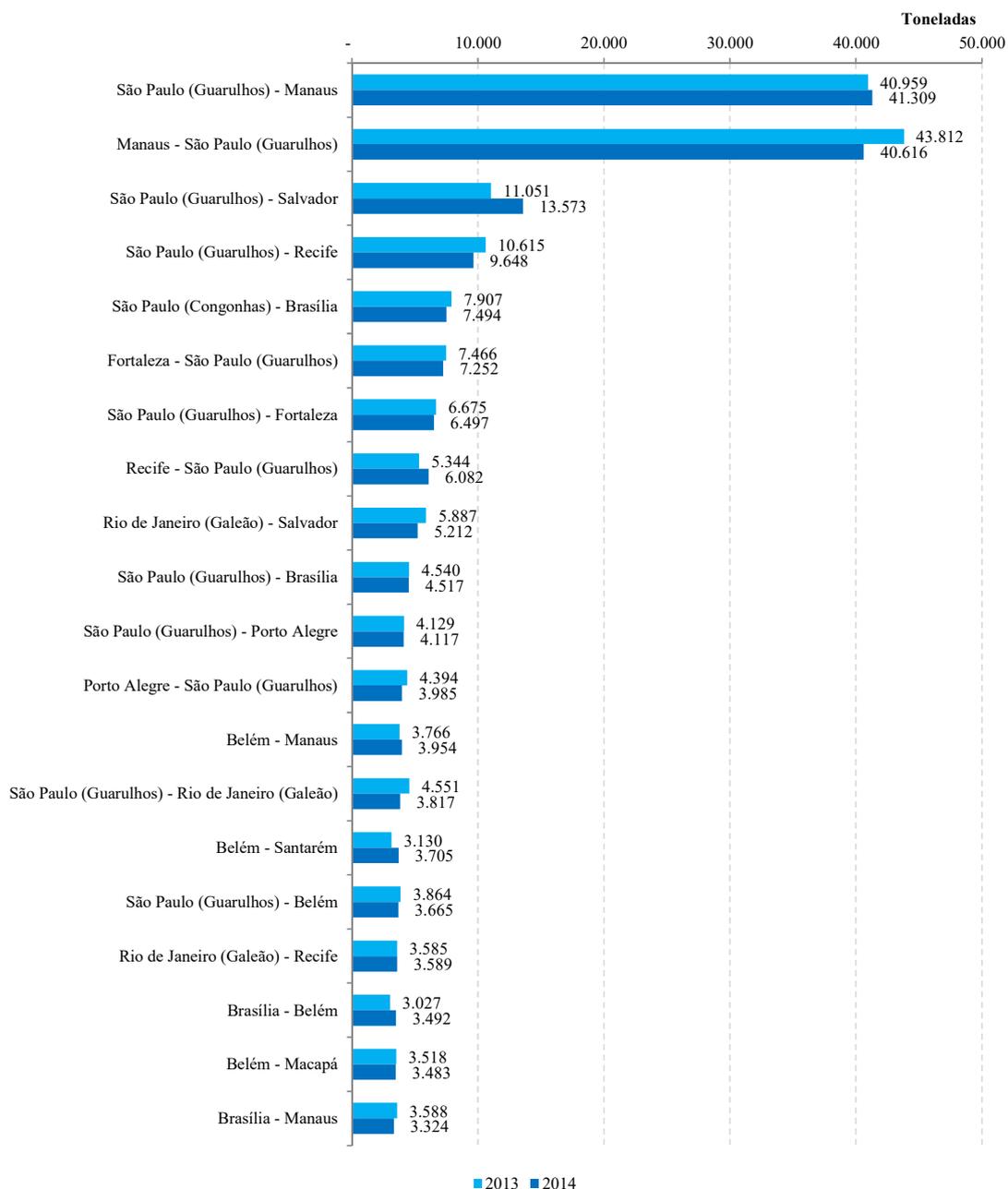


Figura 8: Carga paga transportada nas 20 principais rotas – mercado doméstico, 2013 e 2014

Fonte: ANAC (2015)

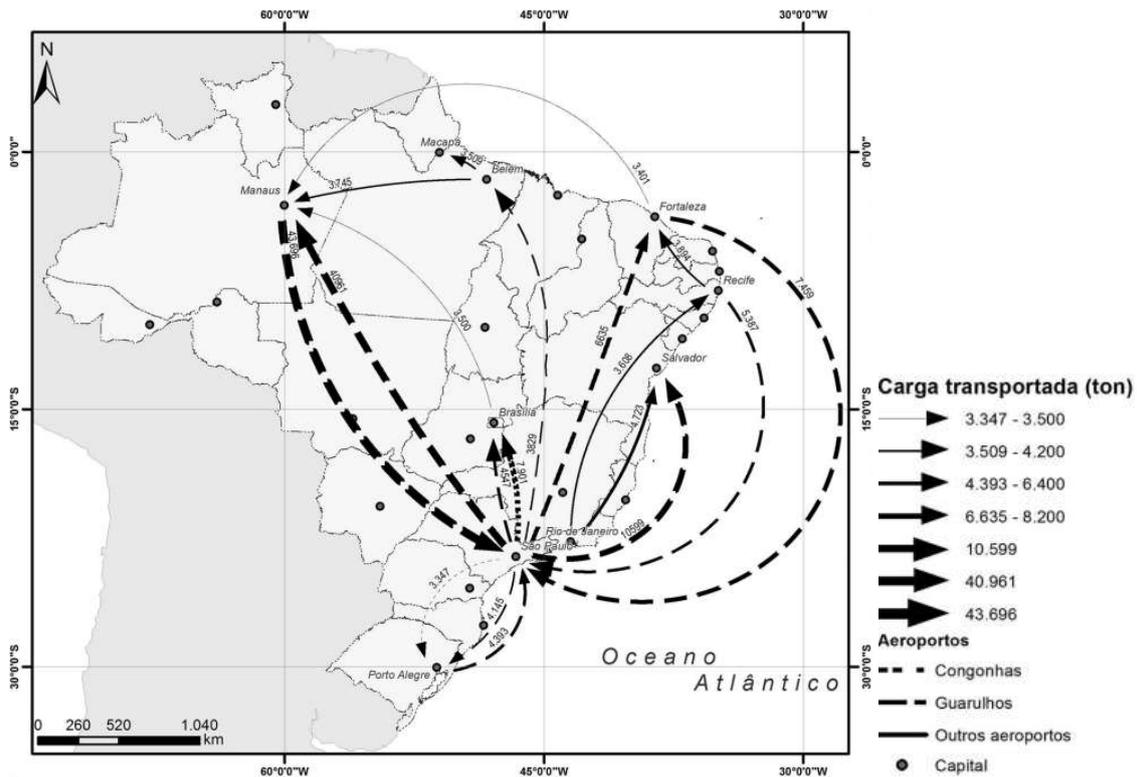


Figura 9: Rotas domésticas de carga aérea
 Fonte: SILVEIRA e QUINTILHANO (2015)

A Figura 9 mostra um fluxo bidirecional grande de mercadorias entre São Paulo e Manaus. Além disso, percebe-se também um forte fluxo entre a região Sudeste e a Região Nordeste, no qual se incluem os transportes de carga que envolvem o Rio de Janeiro. Sobre esse fluxo, SILVEIRA e QUINTILHANO (2015) informam que:

São também os que mais apresentaram crescimento entre 2012 e 2013, tendo em vista a expansão econômica dos últimos doze anos, capitaneada por um conjunto de políticas públicas e de planejamento de médio prazo do governo federal, propiciando o aumento real do consumo que está refletindo no aumento dos fluxos aéreos de cargas nacionais.

Os números apontados na Figura 8 e na Figura 9 não refletem a origem da carga, ou seja, mostram apenas que a carga voou de um lugar a outro. Isso quer dizer que cargas em conexão, por exemplo, são contabilizadas no total. O número de 41.309 toneladas de carga transportadas de Guarulhos a Manaus em 2014, por exemplo, não significa que toda essa quantidade tenha tido como origem o Aeroporto Internacional de Guarulhos.

Sendo assim, para entender o panorama nacional do transporte de carga aérea, é importante observar os dados das cargas que foram despachadas por cada Unidade Federativa, como ilustrado na Figura 10.

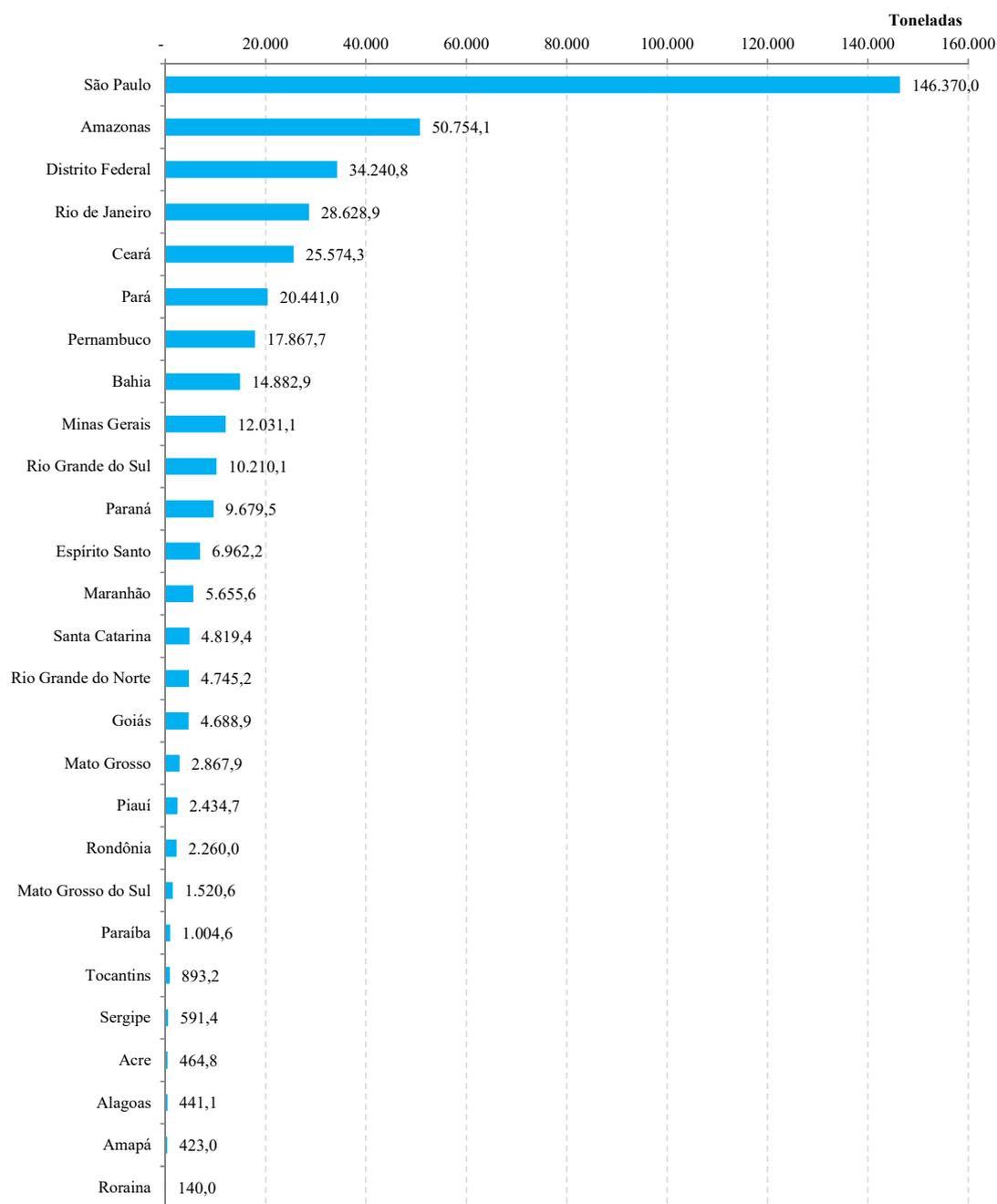


Figura 10: Carga paga despachada por unidade da federação – mercado doméstico, 2014

Fonte: ANAC (2015)

A Figura 10 mostra que São Paulo, Amazonas, Distrito Federal e Rio de Janeiro são as unidades federativas onde há maior despacho de carga. Isso significa dizer que nesses locais há maior aceitação de carga em sua origem.

2.2. Análise do mercado internacional brasileiro

ANAC (2015) informa que as empresas brasileiras foram responsáveis por apenas 22% do mercado de carga internacional de ou para o Brasil. A análise do anuário estatístico de 2014 mostra que no período entre 2013 e 2014 as empresas estrangeiras registraram alta de 60,9% na carga transportada no mercado internacional brasileiro. Já as empresas brasileiras registraram queda de 3,7%.

Apesar dos números anteriores, a empresa que mais movimentou carga internacional no Brasil foi a Tam, com 16,2% de fatia de mercado, conforme mostra a Figura 11.

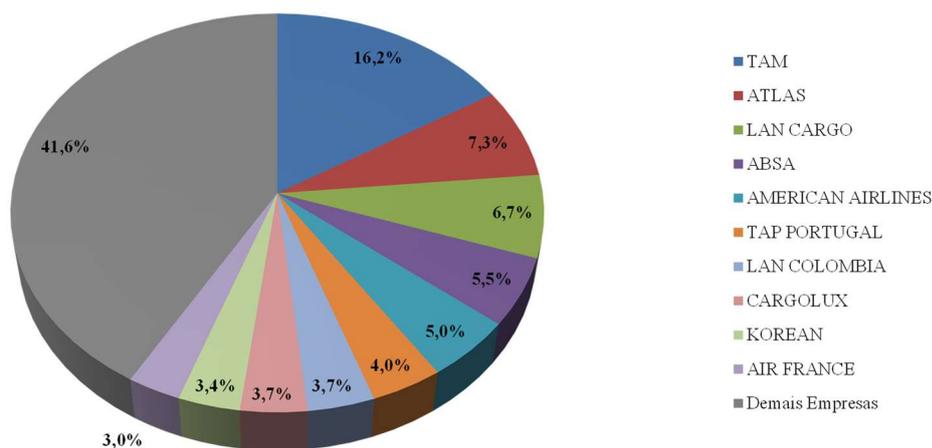


Figura 11: Participação das principais empresas em termos de carga paga transportada – mercado internacional, 2014

Fonte: ANAC (2015)

Quando se pensa em rotas, até mesmo pela quantidade de voos internacionais existentes atualmente, a maior movimentação de cargas ocorre da América do Norte e da Europa para o Brasil. Dados da ANAC (2015), demonstrados na Figura 12, mostram que há maior movimentação de importação nessas rotas, visto que os números de exportação são mais do que a metade daqueles relacionados à importação de cargas.

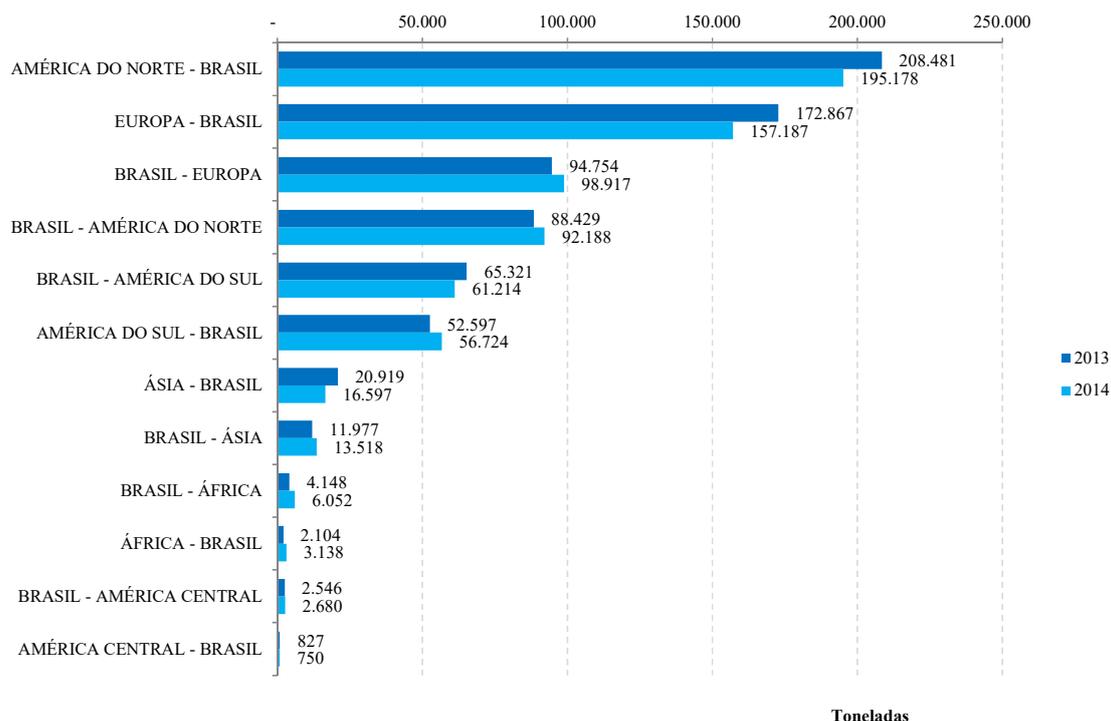


Figura 12: Quantidade de carga paga transportada entre Brasil e demais países por continente – mercado internacional, 2014
Fonte: ANAC (2015)

Segundo ANAC (2015), de acordo com dados representados na Figura 13, dentro dessas regiões, os países que mais enviaram carga para o Brasil foram Estados Unidos, Alemanha e Holanda, com respectivamente 187 mil, 37 mil e 30 mil toneladas de carga. Já no sentido oposto, de acordo com os dados da Figura 14, o Brasil enviou mais carga para Estados Unidos, Alemanha e Portugal, tendo transportado, respectivamente, 82 mil, 24 mil e 16 mil toneladas de carga aérea.

Já a Figura 15 ilustra a consolidação dos dados mostrados anteriormente na Figura 13 e na Figura 14, evidenciando o quão representativo é o transporte de cargas entre Brasil e América do Norte, assim como Europa. Nessa análise, são considerados os aeroportos internacionais que efetivamente possuem voos para outros países. Isso inclui o Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro.

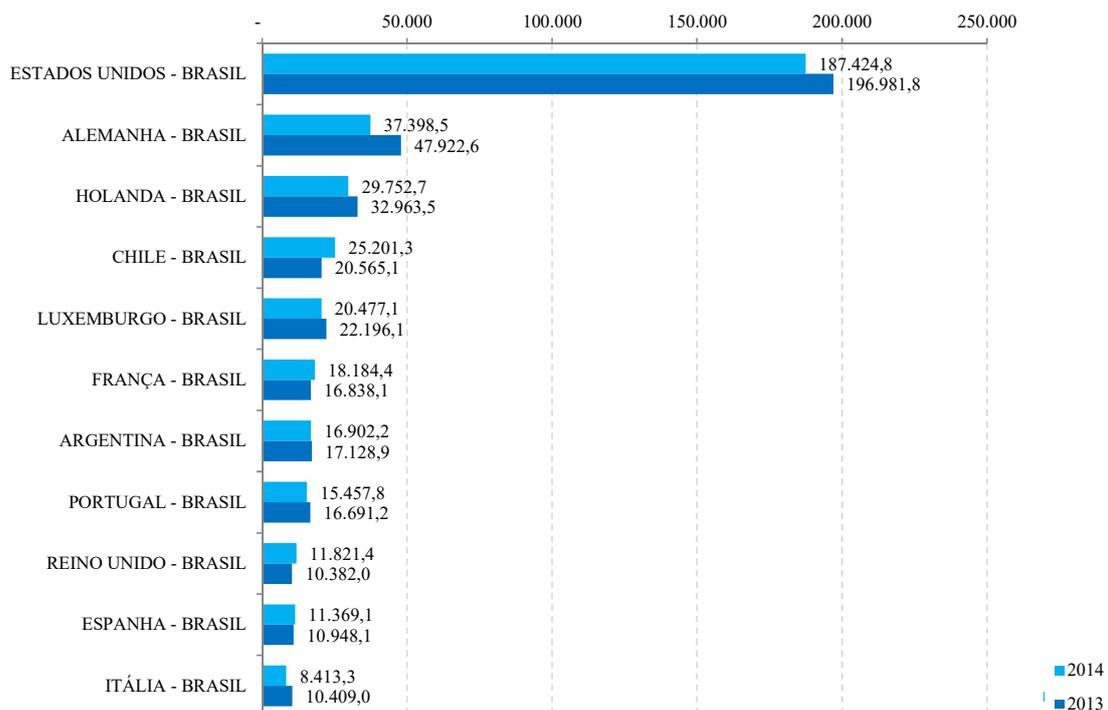


Figura 13: Quantidade de carga paga transportada nas 20 principais rotas internacionais com origem no Brasil, 2014
Fonte: ANAC (2015)

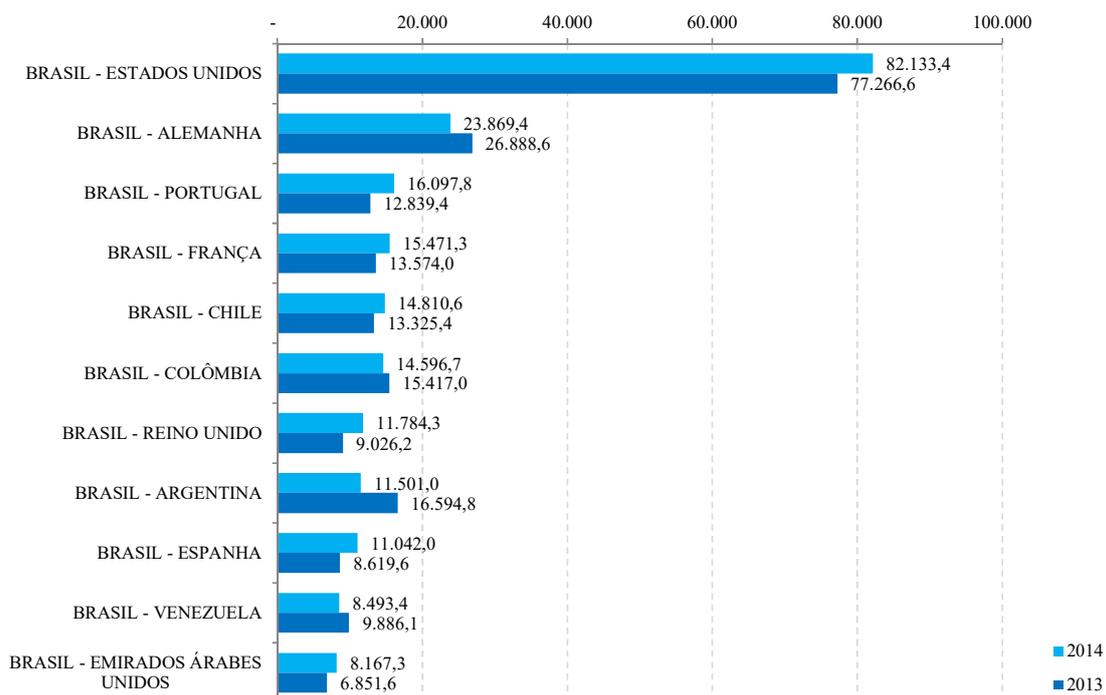


Figura 14: Quantidade de carga paga transportada nas 20 principais rotas internacionais com destino no Brasil, 2014
Fonte: ANAC (2015)

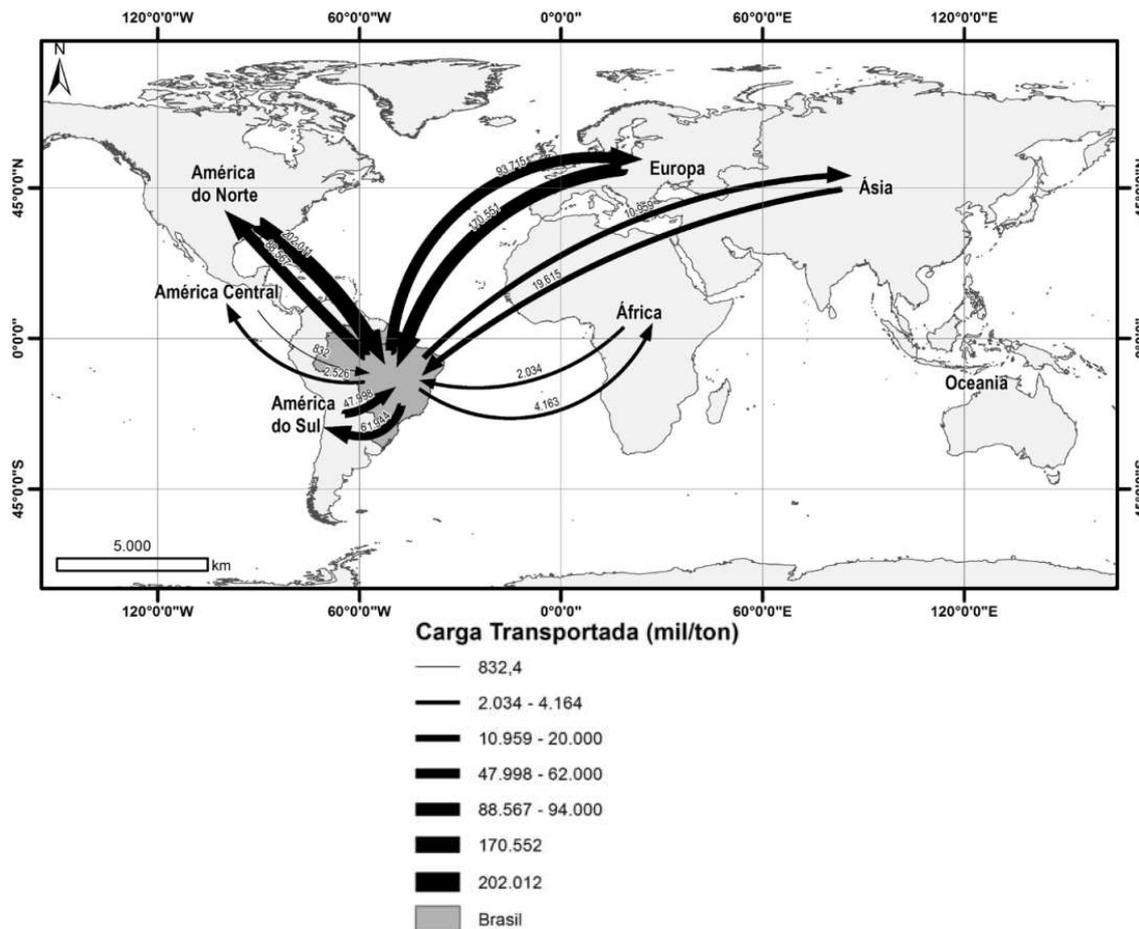


Figura 15: Rotas internacionais de carga aérea de ou para o Brasil
 Fonte: SILVEIRA e QUINTILHANO (2015)

2.3. Perspectivas para o setor

São muitas as variáveis que podem impactar no setor aéreo. Quando se pensa no transporte de carga aérea, ainda há fatores adicionais que podem gerar impactos, tais como os índices de comércio global e os custos com combustível de aviação, que podem influenciar diretamente no preço dos serviços a serem oferecidos. O estudo desenvolvido por EDWARDS (2015), por exemplo, conclui que uma economia de 1% nos gastos de combustível, pode gerar economias de 2 bilhões de dólares em uma empresa aérea de médio a grande porte.

Os estudos das fabricantes de aeronaves feitos por BOEING (2014) e AIRBUS (2015) efetuaram previsões para o setor, levando-se em consideração, respectivamente, um intervalo de datas variando entre os anos de 2014 e 2033 e 2015 a 2034.

Variáveis de conjuntura econômica são muito importantes quando se pensa nos futuros números do setor aéreo. BOEING (2014) menciona que “a dinâmica do mercado faz com que as malhas das companhias aéreas estejam sempre mudando para se adaptar

à conjuntura econômica, às novas capacidades da mais recente geração de aeronaves e à evolução da indústria de transporte aéreo”.

BOEING (2014) ainda informa que há atualmente um excesso de capacidade para o transporte de carga aérea no setor, mas que, apesar disso, a carga aérea ainda é tida como indispensável para os clientes que precisam de um transporte rápido.

Cada vez mais, as companhias aéreas precisarão de um planejamento estratégico proativo que relacione as metas de desenvolvimento das malhas às necessidades de compra de aeronaves para obter vantagem competitiva de longo prazo e atingir o potencial de desenvolvimento de malha ideal (BOEING, 2014).

MOKHTARIAN (2004), em seu trabalho, afirma que a demanda dos consumidores por uma rápida entrega, o que é proveniente do modelo de comércio global adotado atualmente, faz com que seja mais difícil aos provedores gerenciarem de maneira inteligente a entrega de produtos por modo rodoviário. A mesma autora também menciona que isso, aliado com o crescimento do comércio eletrônico, faz com que a demanda pelo transporte aéreo aumente. Portanto, há relação direta entre o crescimento do comércio eletrônico e o transporte da carga aérea.

A Figura 16 mostra a variação do montante movimentado pelo comércio eletrônico no Brasil. Pode-se perceber que, embora as taxas de crescimento tenham desacelerado a partir de 2013, tem havido crescimento desde o primeiro ano mostrado. Sendo assim, observa-se que o comércio eletrônico movimentou mais de dezoito bilhões de reais no primeiro semestre de 2015.



Figura 16: Variação no montante de vendas referente ao comércio eletrônico brasileiro
Fonte: EBIT (2015)

Parte do escoamento dessas vendas é feita pelo modo aéreo, que, de maneira geral, transporta cargas de alto valor agregado, como os eletrônicos.

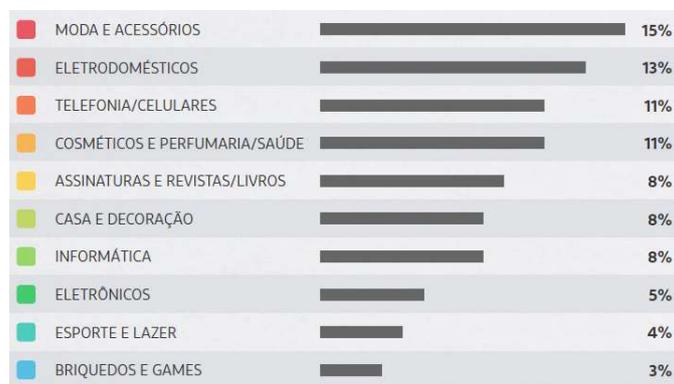


Figura 17: Percentual de vendas por tipo de produto
Fonte: EBIT (2015)

Com base nisso, a Figura 17 mostra que eletrônicos, telefonia/celulares e informática, respondem, juntos, por 24% das vendas do comércio eletrônico no Brasil. Números como os mostrados podem elevar a demanda pelo transporte aéreo (MOKHTARIAN, 2004), o que exige cada vez mais espaço nas aeronaves, sejam elas cargueiras ou de passageiros.

De acordo com a Figura 18, mais da metade da carga aérea transportada do mundo é colocada no compartimento de carga que fica abaixo do piso de uma aeronave de passageiros. Esse número tende a crescer até o ano de 2034. Por esse motivo, AIRBUS (2015) espera forte investimentos em aeronaves de passageiros que tenham capacidade para levar mais carga.

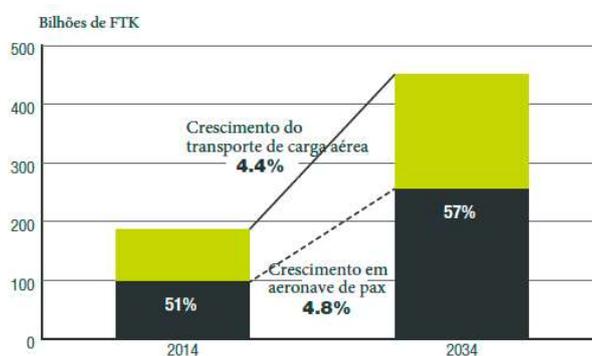


Figura 18: Percentual de carga transportada no porão de aeronaves de passageiros (cinza escuro) e no *deck* principal de aeronaves cargueiras (amarelo).
Fonte: AIRBUS (2015)

SILVEIRA e QUINTILHANO (2015) também referenciam a importância do comércio eletrônico no panorama do transporte de carga aérea no Brasil, conectando o aumento do comércio eletrônico com a demanda pelo transporte aéreo, ao mencionarem que:

Soma-se também o bom desempenho do comércio eletrônico no Brasil, o e-commerce, que faturou R\$ 35,8 bilhões em 2014 e cresceu 24% em relação a 2013 (R\$ 28,8 bilhões). Outro dado importante é o significativo aumento do número de pedidos via internet que, por conseguinte, expandiu o número de mercadorias transportadas. Em 2014, os pedidos foram de 103,4 milhões (17% das cargas aéreas) e, em 2013, foram de 88,3 milhões. Tais demandas contribuíram para o aumento dos fluxos aéreos domésticos.

Grandes jatos como os 777F possuem grandes capacidades de carga, podendo transportar mais de 100 toneladas. BOEING (2014) menciona que:

As operadoras que trabalham exclusivamente com carga oferecem aos embarcadores uma combinação de confiabilidade, previsibilidade e controle sobre o tempo e a rota que as operadoras que transportam carga em aviões de passageiros não conseguem igualar.

Portanto, a expectativa é que cargueiros continuem respondendo por mais da metade do tráfego global de carga aérea e que o equilíbrio na capacidade de mercado seja restaurado em alguns anos, com a recuperação do comércio mundial.

AIRBUS (2015) destaca a recuperação da economia norte-americana e a expansão da economia chinesa, juntamente com outras economias emergentes e a necessidade de tráfego expresso, como sendo fatores importantes para o pico nos volumes globais de transporte de carga aérea no final do ano de 2014.

BOEING (2014) e AIRBUS (2015), esperam que o tráfego de carga aérea, medido por RTKs (receita por tonelada-quilômetro de carga transportada) deve crescer em média 4,7% e 4,4% ao ano até 2033, conforme o crescimento do PIB global e do comércio mundial for acelerando.

BOEING (2014) espera que, até 2033, 1330 aeronaves cargueiras sejam provenientes de conversões a partir de aeronaves de passageiros. Isso quer dizer que as empresas aéreas cada vez mais utilizarão aeronaves antigas remodeladas para o transporte

de carga. Segundo o fabricante de aeronaves, essa demanda será ainda mais forte em mercados emergentes, por se exigir baixo custo de capital. Nesse sentido, de acordo com AIRBUS (2015), o surgimento de rotas dentro da Ásia, da África e da América Latina guiarão o mercado de aeronaves de médio porte.

Espera-se ainda que 600 novas aeronaves cargueiras de grande porte de grande alcance sejam necessárias para suprir a demanda do mercado internacional, em especial, para transportes intercontinentais (BOEING, 2014).

O modelo de transporte de carga expressa, mencionado na introdução do presente trabalho, norteará a fabricação de cargueiros de médio porte. Essas aeronaves normalmente têm baixa eficiência energética, entretanto, são mais baratas e o modelo de negócio da encomenda expressa traz atratividade.

Levando-se em consideração os fatos e previsões ora expostos, BOEING (2014) prevê que a frota de cargueiros aumentará em 50% até 2033, chegando a um número total de 2.730 aeronaves.

O crescimento do volume transportado ora mencionado acaba por gerar um fluxo maior de cargas no sistema aeroportuário. O escoamento da carga se dá por meio dos terminais de carga. Logo, um número maior de volumes sendo transportados tem por consequência o maior uso dos TECA, que, por sua vez, precisam estar preparados para atender a demanda.

2.4. Definições, tipos de Terminais de Carga Aérea e equipamentos

2.4.1. Definição de termos e estrutura de um TECA

Para tratar sobre os TECA, alguns termos precisam estar claramente definidos. A Tabela 2 traz algumas definições presentes na legislação em vigor atualmente. Portanto, um TECA que tenha como objetivo a importação ou a exportação de bens é uma área alfandegada em que se trabalha a facilitação do desembaraço da carga aérea.

Quando algum agente envolvido no processo entrega para o TECA um determinado bem, este passa a se tornar o fiel depositário da mercadoria. Isso ocorre independentemente de o TECA ser considerado como uma área alfandegada ou não. Segundo o artigo 32 de RFB (2011), “as mercadorias que se encontrem armazenadas nos locais ou recintos desalfandegados (...) ou que venham a ser armazenadas neles por força

do disposto (...) ficarão sob a custódia da respectiva empresa administradora do recinto, na condição de fiel depositária.”

Tabela 2: Definições relacionadas ao transporte de carga aérea

Termo	Definição
Área alfandegada	Locais destinados às atividades da RFB (Receita Federal do Brasil) para fins de fiscalização aduaneira, estabelecidos na zona primária pela autoridade aduaneira, após ouvir a administração aeroportuária, onde ocorrem trânsito, permanência, depósito, desembaraço, recebimento e expedição de cargas, malas postais e bagagens, procedentes do exterior ou a ele com destino
Carga	Todo bem transportado em aeronave, com exceção das malas postais, provisões de bordo, bagagens de mão e bagagens despachadas
Conhecimento aéreo	Documento emitido pelo transportador ou agente de carga por meio do qual se estabelece o contrato entre o expedidor de carga e o transportador para a prestação de serviço de transporte aéreo
Expedidor desconhecido	Pessoa física ou jurídica que expede carga ou outras remessas e que não proporciona controle de segurança aprovado pela empresa aérea, com relação à carga, às encomendas por mensageiros e expressos ou por correio
Expedidor reconhecido	Pessoa física ou jurídica que expede carga ou outras remessas e proporciona controle de segurança aprovado pela empresa aérea, com relação à carga, às encomendas por mensageiros e expressos ou por correio
Facilitação do transporte aéreo	Conjunto de medidas destinadas a desembaraçar a aeronave, o tripulante, o passageiro e a carga aérea
Terminal de carga aérea	Instalação aeroportuária dotada de facilidades para armazenagem e processamento de carga, onde ela é transferida da aeronave para o transporte de superfície ou deste para aquela, bem como para outra aeronave

Fonte: BRASIL (2010)

Em resumo, isso quer dizer que a partir do momento que uma carga em qualquer condição é entregue a um TECA, ele passa a responder por ela, sendo responsável por seu recebimento, armazenagem, guarda, controle e entrega, enquanto a mercadoria estiver em sua posse.

Um TECA possui estrutura física similar a qualquer terminal de carga ou armazém de outros modos de transporte. As diferenças são a presença de estruturas de órgãos de fiscalização e controle e a posse de equipamentos e veículos que são exclusivos ao transporte aéreo.

Apesar da estrutura física similar, o processo de um TECA difere bastante de terminais de carga de outros modos de transporte, por envolver outros tipos de agentes envolvidos no processo. Operadores aéreos, expedidores, sejam eles reconhecidos ou desconhecidos, agentes de carga aérea, órgãos reguladores, dentre outros, são considerados agentes envolvidos no processamento da carga em um TECA. O fluxo de informações e de documentos é diferente de outros terminais, principalmente pelas peculiaridades da carga aérea. Segundo FOK e CHUN (2004), a carga aérea difere devido a muitos fatores e atores que podem afetar o carregamento. Isso ocorre desde o processo de vendas, alocando-se os clientes de diferentes formas e aceitando-se mercadorias de clientes que possuem contratos fixos, até o momento em que a carga está no TECA, em que a carga é organizada de modo que obedeça a especificidades do transporte aéreo, como, por exemplo, a unitização em *Unit Load Device* (ULD), que é explicada mais adiante no presente capítulo.

2.4.2. Classificação dos TECA

De acordo com BNDES (2010), os TECA podem ser divididos em importação e exportação. Com base nas visitas ao TECA da RIO Galeão, mencionadas mais adiante neste trabalho, adiciona-se a essa classificação mais um tipo: TECA nacional.

O TECA nacional destina-se ao uso pelas empresas aéreas que operam com a carga doméstica. O objetivo é efetuar recepção, triagem, paletização e despaletização, distribuição e entrega da carga aos clientes. No Brasil, há diversos casos em que os TECA nacionais são geridos pela própria empresa aérea em área específica, sem o envolvimento da administração aeroportuária.

O TECA de exportação recebe as cargas que possuem outros países como destino. Como não há medidas protecionistas para a exportação, o fluxo normalmente é mais simples que o de importação, e, por consequência, os tempos processuais de um TECA de exportação são menores quando comparados ao TECA de importação. O presente trabalho detalha os fluxos de exportação no Capítulo 3.

O TECA de importação recebe e dá o tratamento exigido às cargas cuja origem são outros países. O fluxo de importação normalmente é complexo, demandando a interação entre diversos agentes envolvidos no processo. O presente trabalho também detalha os fluxos de importação no Capítulo 3.

Dentro dos TECA podem haver diversas áreas para armazenar cargas consideradas como especiais. Artigos perigosos, como, por exemplo, material radioativo, líquidos inflamáveis, dentre outros, devem ficar em área específica. Mercadorias perecíveis, como, por exemplo, vacinas, podem exigir uma câmara fria para manter suas propriedades. O transporte de cargas vivas normalmente utiliza áreas especialmente preparadas para o tratamento e a possível quarentena de animais.

2.4.3. Equipamentos utilizados por um TECA

Dentre os equipamentos mais comumente encontrados dentro de um TECA destacam-se o palete aeronáutico, a ULD ou contêiner aeronáutico, o transelevador, o *dolly*, o *loader*, a empilhadeira, a paleteira, o palete do tipo *slave*, as balanças e os equipamentos de segurança.

2.4.3.1. Palete aeronáutico

Normalmente em alumínio, devido ao peso reduzido um palete aeronáutico difere dos paletes em madeira comumente utilizados em outros modos de transporte. O palete aeronáutico possui pontos para a amarração da carga, evitando seu deslocamento durante o carregamento e o transporte.

Segundo MEDAU e BELDERRAIN (2009):

A fim de garantir que os pesos de decolagem, pouso, zero-combustível e respectivos centros de gravidade estejam dentro dos limites da aeronave, é obrigatório verificar o carregamento e sua distribuição. Tal verificação, realizada mediante os cálculos de peso e balanceamento, é essencial à segurança de voo, já que uma aeronave com excesso de peso ou desbalanceada pode tornar-se incontrolável em voo.

Portanto, o deslocamento de cargas durante o transporte oferece risco significativo à segurança de voo, visto que pode desbalancear a aeronave e causar acidentes.

2.4.3.2. Unit Load Device (ULD) ou container aeronáutico

Uma ULD possui função similar à de um palete aeronáutico. A diferença é que ela é fechada e normalmente não permite a visibilidade do conteúdo que se encontra dentro da mesma.

Uma ULD auxilia na facilitação do transporte de carga aérea, visto que consolida as cargas em um número reduzido de unidades de carregamento. Dessa forma, o embarque torna-se mais eficiente do que se o carregamento fosse realizado volume a volume.

Existem diversos tipos de ULD, como, por exemplo, as refrigeradas e aquelas apropriadas para o transporte de animais. Normalmente, a posse tanto das ULD, quanto dos paletes aeronáuticos, é do operador aéreo e não do TECA. Como a paletização e preparação da carga é atividade fundamental para a segurança de voo, tal parte do processo é executada pelo operador aéreo, tomando-se por base as especificações técnicas das aeronaves que compõem sua frota em operação.

2.4.3.3. Transelevador

O sistema de transelevadores, já utilizado em armazéns de outros modos de transporte também é utilizado nos TECA. A definição trazida por MILAN *et al.* (2013), que estudaram os benefícios do uso desse tipo de equipamento em armazéns, menciona que estes “são plataformas eletronicamente controladas que são utilizadas para apanhar e armazenar os materiais e as mercadorias, geralmente paletizadas, a partir de endereços alocados nas estantes, sendo projetados para maximizar o espaço físico e reduzir a necessidade de mão-de-obra”.

Normalmente os sítios aeroportuários possuem áreas limitadas ao crescimento de edificações, justamente pelo fato de que as aeronaves em aproximação e decolagem precisam de espaço para manter a segurança durante as operações. Portanto, a verticalização dos armazéns, embora limitada pela altura máxima permitida dentro de cada aeródromo, é uma importante forma de se maximizar o espaço.

Segundo o estudo de MILAN *et al.* (2013), o uso de transelevadores traz comprovadamente aumento na capacidade de estocagem, a diminuição de estoques intermediários, a acuracidade das informações prestadas, e maior controle de estoques. Tudo isso tem por consequência o aumento na agilidade do atendimento aos pedidos.

2.4.3.4. Dolly

Um *dolly* é uma parte acoplável a um trator que possibilita a movimentação de paletes aeronáuticos e ULD do TECA até a aeronave. Normalmente eles podem ser

acoplados uns aos outros de maneira a transportar mais carga e são formados por rolamentos para facilitar o carregamento e descarregamento.

O *dolly* é transportado até a aeronave, mas não participa do processo de carregamento e descarregamento.

2.4.3.5. Loader

Um *loader* é um veículo cujo objetivo é realizar o carregamento e descarregamento da carga nos porões da aeronave. No fluxo de carregamento, por exemplo, o *dolly* transportaria a carga até o pátio onde se encontra a aeronave e o *loader* teria a função de elevar a carga até a altura do compartimento de carga da aeronave.

Existem dois tipos de *loader*. O primeiro deles é o hidráulico, que é normalmente utilizado para carregar paletes aeronáuticos e ULD. O segundo tipo é o *loader* canguru, que se utiliza de uma esteira para elevar a carga, sendo mais comum para o carregamento e descarregamento de carga a granel.

2.4.3.6. Empilhadeiras e paleteiras

As empilhadeiras e paleteiras são utilizadas dentro dos TECA para a movimentação interna da carga. Os modelos são os mesmos utilizados em qualquer tipo de armazém, não havendo especificidade para o transporte aéreo.

2.4.3.7. Palletes do tipo *slave*

Um palletes do tipo *slave*, mais conhecido como *slave pallet*, é um equipamento fixo com estrutura similar a de um *dolly*, possuindo o mesmo sistema de rolamentos que facilita a movimentação da carga. Esse equipamento fica fixo dentro dos terminais de carga e aumenta a eficiência e segurança no transporte de ULD e paletes aeronáuticos, visto que evita que os mesmos sejam colocados no chão. Há TECA que usam estrutura em *slave pallet* em corredores inteiros, permitindo que a carga se desloque sem grande esforço de um lado a outro do terminal.

2.4.3.8. Balanças

As balanças normalmente localizam-se próximas aos pontos de saída e de entrada de cargas, com objetivo de validar se as informações recebidas dos expedidores, agentes

de carga e operadores aéreos na documentação correspondem à realidade. O peso é uma das variáveis para o cálculo das tarifas aeroportuárias de capatazia. As tarifas aeroportuárias são reguladas pela ANAC, por meio da publicação de Decisões no Diário Oficial da União. Um exemplo disso é a publicação da Decisão nº 45/2015 que define a tarifa de capatazia para cargas internacionais em R\$ 0,037/kg no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro.

2.4.3.9. Equipamentos de segurança

Como o TECA faz parte de área aeroportuária restrita, sempre haverá aparatos ligados a segurança da aviação civil contra atos de interferência ilícita. Dentre esses equipamentos destacam-se os pórticos de detecção de metais para verificar se os funcionários não estão portando itens proibidos, assim como as máquinas de raios-x para detectar substâncias ilícitas no interior dos volumes de carga.

2.5. Considerações finais

Neste capítulo foram apresentados dados acerca do setor de transporte de carga aérea, em especial aqueles relacionados com o transporte com origem ou destino no Brasil, seja esse transporte doméstico ou internacional. Percebeu-se, também, as perspectivas de crescimento do transporte, destacada pelos estudos dos fabricantes de aeronaves BOEING (2014) e AIRBUS (2015). Destaca-se que o Rio de Janeiro, onde insere-se o TECA da RIO Galeão, faz parte do panorama apresentado no presente capítulo.

Por conseguinte, são apresentadas definições sobre os agentes que interagem com a carga aérea e explicações acerca dos equipamentos comumente utilizados dentro de um TECA. Essas informações são necessárias para o desenvolvimento e aplicação de um modelo de simulação e suas aplicações, que são descritos no próximo capítulo.

3. SIMULAÇÃO E APLICAÇÕES

Segundo SALIBY (1989), as origens da simulação remontam aos anos 40, quando os estudiosos von Neumann e Ulam, realizando as pesquisas que resultariam na construção da primeira bomba atômica, se depararam com problemas matemáticos cujo tratamento analítico não se mostrava viável. A saída proposta foi utilizar um método baseado em amostragens aleatórias para a determinação das variáveis de interesse, o qual ficou conhecido por Método de Monte Carlo. No início da década de 50, com o advento dos primeiros computadores, a ideia do método foi estendida para a solução de problemas probabilísticos de caráter mais geral, como os que envolviam filas, e viu-se com isso a possibilidade de simular um processo e estimar seus principais parâmetros de operação

Desde então, com o apoio do computador e das novas tecnologias desenvolvidas, foi possível tornar este tipo de pesquisa cada vez mais aplicável. A principal vantagem da simulação em sistemas complexos consiste na capacidade de detalhar de maneira precisa o comportamento de variáveis, em um ambiente dinâmico e repleto de componentes

Para NAYLOR (1971), em geral, um *software* de simulação busca retratar o comportamento real do sistema, prevendo possíveis consequências e resultados em diferentes cenários de estudo. Por meio de representação matemática e lógica, é possível converter dados de entrada em saídas capazes de caracterizar o modelo proposto.

NAYLOR (1971) ainda menciona que, por meio de técnicas de simulação, pode-se ocupar espaços vazios que a matemática e a lógica deixam quando se estuda a predição do comportamento de determinado sistema, assim como quando se realizam testes empíricos de modelos matemáticos.

No mesmo trabalho, o autor divide os problemas em duas classes. A primeira delas é composta por aqueles em que se pode chegar ao resultado utilizando-se modelos matemáticos com técnicas analíticas. A segunda é composta por problemas em que o uso de uma modelagem ou um conjunto de modelagens matemáticas é tecnicamente inviável ou não faz sentido do ponto de vista econômico

Segundo PRESTON (1998), os primeiros estudos com simulação de aeroportos ocorreram na década de 60, e visavam analisar problemas decorrentes de atrasos e congestionamentos, que ocorriam em consequência do aumento da demanda por este tipo de transporte. Tal autor descreve a *Operation Pathfinder*, nome dado a uma operação do órgão de governo norte-americano *Federal Aviation Administration* (FAA), que consistiu em obrigar as aeronaves que circulavam nas proximidades do Aeroporto Internacional de

Chicago a possuírem sistemas mais modernos, que levaram à redução pela metade do espaçamento entre aeronaves durante os procedimentos de pouso.

3.1. O Conceito de simulação aplicado ao TECA

Ao longo do tempo, a maioria dos estudos publicados possui relação com o tráfego aéreo e com o fluxo de pessoas em terminais de passageiros, devido a esses assuntos terem apresentado grandes gargalos ao longo do desenvolvimento da aviação a partir da década de 1960.

Segundo GUALDA (1978):

A simulação operacional pode ser uma importante ferramenta de apoio para identificar a resposta que o sistema teria sob diferentes cenários de demanda projetados para determinado período de projeto, buscando evitar a existência de componentes descritivos e/ou com folga de capacidade no terminal de passageiros, de modo que todos atuem sob os níveis de serviço previamente estipulados, condição para que haja o balanceamento de capacidade do terminal.

BANKS (2000) ao definir a simulação como a “imitação da operação de um processo ou sistema real ao longo do tempo”, a considera como uma metodologia de solução de problemas indispensável na análise de situações reais. É usada na descrição e análise do comportamento de um sistema em diferentes cenários e no auxílio do projeto de modelos reais. Tanto sistemas existentes quanto conceituais podem ser modelados com uso da simulação.

Essa definição deixa claro como a simulação pode ser utilizada nas mais diversas situações de forma eficiente e precisa. No caso de um TECA, o modelo deve representar o sistema em estudo, considerando os relacionamentos existentes entre recursos e atividades, que deverão ficar o mais próximo possível da operação real, de modo a garantir resultados robustos e confiáveis.

A simulação computacional pode ser utilizada, entre outros fatores, pelo seu reduzido custo em comparação com a mudança física direta, que pode implicar em retrabalhos com perdas grandes. Neste contexto, PIDD (1996) destaca a existência de três tipos básicos de sistemas para os quais a simulação é recomendada:

- **Sistemas Dinâmicos:** São sistemas que tendem a apresentar comportamento variável ao longo do tempo;
- **Sistemas Interativos:** Sistemas que possuem componentes que interagem entre si e que podem afetar o sistema como um todo; e
- **Sistemas Complexos:** Em geral, são sistemas que envolvem um número de complicações tal que não seja trivial sua resolução por técnicas mais diretas.

O terminal de cargas de um aeroporto é um sistema complexo, pois comporta diversos tipos de recursos e atividades e recebe um movimentado e, muitas vezes, imprevisível tráfego de cargas diariamente, disponibilizando toda a infraestrutura e os serviços necessários para o atendimento de aterrissagens e decolagens de aeronaves, assim como o processamento da carga transportada por estas.

No caso dos terminais de cargas em aeroportos, tem-se um sistema que, além de ser complexo, também pode ser classificado como dinâmico, pois apresenta comportamento variável ao longo do tempo, principalmente devido à imprevisibilidade dos voos cargueiros, que normalmente não possuem operações regulares. Pode-se concluir, portanto, que o uso da simulação para a modelagem do funcionamento de TECA é uma técnica adequada para a análise do nível de capacidade e de serviço, além da avaliação de desempenho.

BANKS (2000) propõe uma sequência de 12 passos a serem seguidos durante um estudo de simulação. A Figura 19 ilustra o encadeamento lógico entre estes passos, que serão detalhados a partir de agora:

1. *Formulação do problema:* Todo estudo de simulação começa com a declaração do problema a ser estudado. Exige cuidado com relação ao número de pessoas e aos tempos de cada uma das atividades a serem consideradas.
2. *Definição dos objetivos e planejamento do projeto:* Consiste na preparação da proposta de análise. O objetivo do projeto indica as questões a serem respondidas pelo estudo de simulação. Já o plano de projeto deve incluir os diversos cenários que serão considerados no estudo.
3. *Construção do modelo:* O modelo real em estudo é abstraído por um modelo conceitual, construído por meio de modelos matemáticos e relações lógicas. É recomendado que o modelo inicial comece de forma simples, e que cresça até que adquira o grau de complexidade necessário para ser desenvolvido.

4. *Coleta de dados*: Deve ser feita uma lista de dados necessários ao desenvolvimento da simulação. Esta etapa pode ser desenvolvida de forma simultânea ao passo anterior.
5. *Definição do modelo*: Nesta etapa, o modelo conceitual construído no Passo 3 é codificado em um modelo computacional.
6. *Verificação*: É a etapa que verifica se o modelo operacional está funcionando corretamente.
7. *Validação*: Neste passo, determina-se se o modelo conceitual proposto é válido para representar a realidade. Uma das formas de comparar os dois modelos é avaliar os dados de saída da operação real com o modelo computacional. Na inexistência de uma operação real pode-se comparar os dados de saída com o de outros tipos de modelo, como, por exemplo, modelos matemáticos.
8. *Planejamento do experimento*: Para cada cenário que será simulado, as decisões devem ser feitas levando-se em consideração o tempo da simulação e o número de rodadas (ou replicações).
9. *Execução das rodadas de produção e análise*: As análises geradas com a execução das rodadas são usadas para estimar medidas de desempenho para os cenários que estão sendo considerados.
10. *Mais rodadas?*: Nesta etapa determina-se se serão necessárias mais rodadas e se mais algum cenário necessita ser gerado.
11. *Documentação dos resultados*: A documentação é necessária por inúmeras razões. Se o mesmo modelo for usado novamente, será necessário entender como o modelo de simulação opera. Além disso, se o modelo necessitar de modificações, a correta documentação dos resultados pode facilitar este processo.
12. *Implementação*: Os documentos preparados no passo anterior servirão de suporte para que seja realizada a decisão de implantar ou não o modelo proposto.

Seguindo-se todos os passos anteriores, é provável que sejam maiores as chances de sucesso na implantação do modelo.

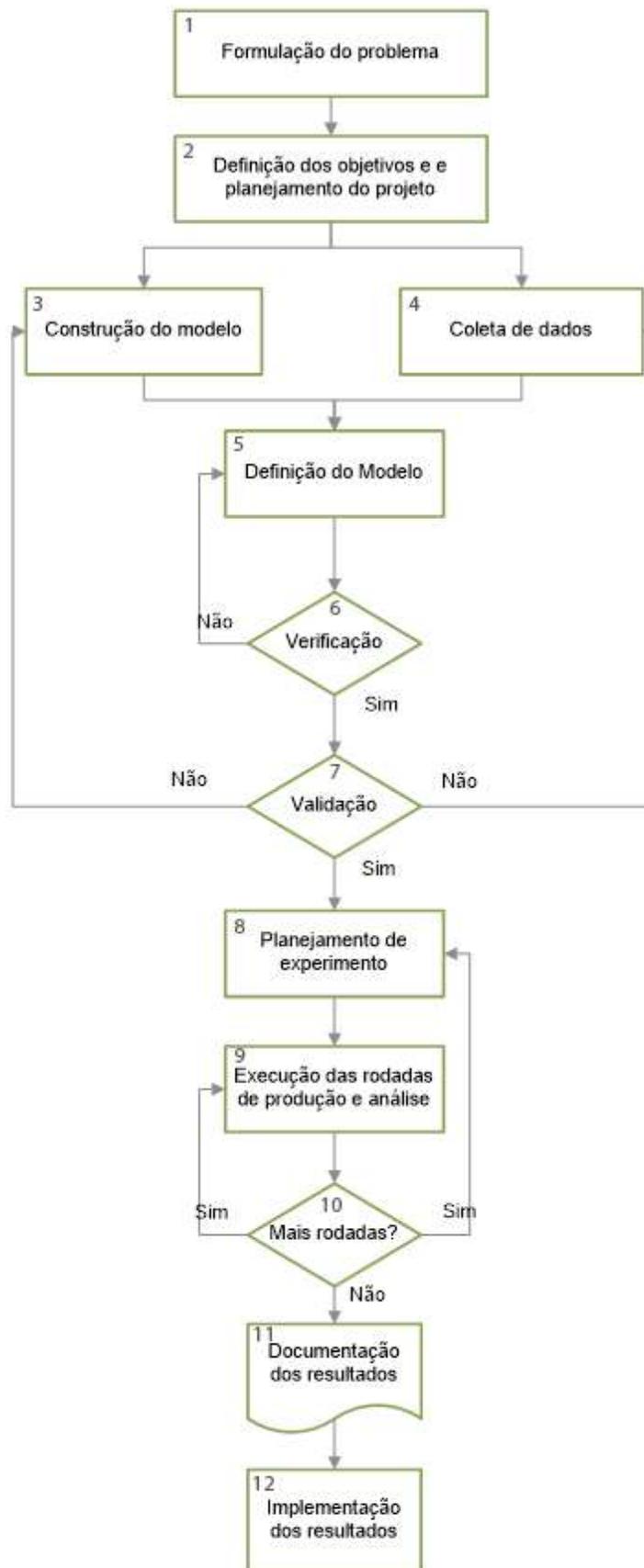


Figura 19: Etapas em um estudo de simulação
 Fonte: BANKS (2000)

3.2. A Escolha do Software de Simulação

Para trabalhar com a simulação do modelo proposto pelo presente trabalho, é necessária a escolha de um *software* que se adequasse o mais próximo possível da realidade do fluxo de cargas em terminais aeroportuários. Foram avaliados, portanto, alguns programas capazes de suportar este tipo de modelo, tais como Arena, PowerSim, Promodel, Simul8 e Anylogic. Todos estes programas poderiam suprir a necessidade do trabalho, contudo, o escolhido foi o Anylogic 7¹, da empresa XJ Tech.

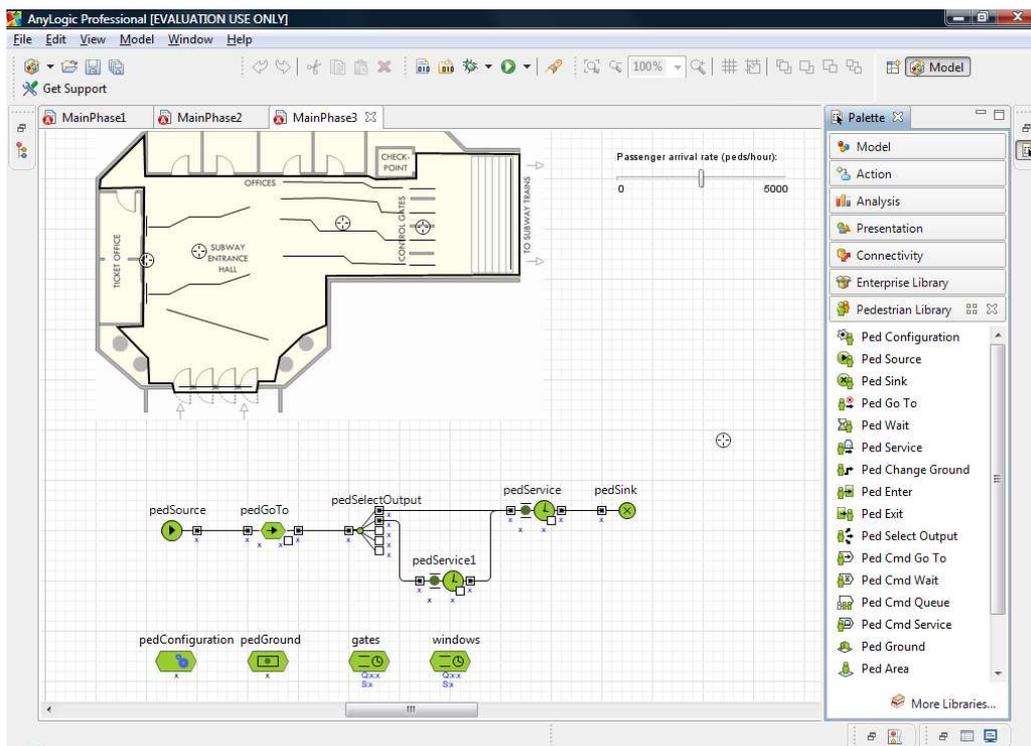


Figura 20: Tela do Anylogic 7: Exemplo do Fluxo de Pessoas em Estação de Metrô

Um dos motivos da escolha desse programa é o fato de possuir uma interface mais visual e mais baseada em animações que a dos demais. Portanto, fica mais fácil compreender o modelo de simulação por meio de animações, ao possibilitar que o modelo de processos seja desenvolvido concomitantemente com o modelo gráfico. Desta forma, por exemplo, quando uma carga passa por uma etapa de processamento, como a pesagem, o modelador deve indicar qual é o processo (pesagem), suas características (tempos e

¹ Foi utilizada a versão Anylogic 7.3.6 – Personal Learning Edition, dado que o presente trabalho não possui fins comerciais e não se trata de atividade de pesquisa com financiamento público ou privado.

disposições) e onde ele ocorre, ou seja, quais são as coordenadas (x , y) de delimitação da fila e da atividade.

Outro motivo foi que a versão utilizada possibilitou o desenvolvimento do modelo sem causar limitações no número de entidades ou objetos que seriam necessários para a simulação do caso escolhido. A Figura 20 ilustra o processo de passagem de pessoas na entrada de uma estação de metrô. Os objetos abaixo da imagem que representa a estação são responsáveis por gerar os passageiros, chamados no modelo de pedestres, e fazer com que eles se desloquem ao longo das catracas., após comprarem seus bilhetes

Outro aspecto positivo localizado é que o *software* já é utilizado em operações relacionadas ao setor aeroportuário, como por exemplo, pela administração do Aeroporto Internacional de Frankfurt para gerenciar o fluxo de passageiros, assim como pelo Aeroporto Billy Bishop de Toronto para gerenciar o tráfego aéreo, apontados no *website* do fabricante do programa.

A partir de um *input* dos dados corretos acerca do sistema aeroportuário brasileiro e, mais especificamente, do aeroporto estudado, poderá ser desenvolvida uma metodologia de simulação voltada para a avaliação das características de operação de um TECA. O *software* também permite a construção de diferentes cenários para que sejam avaliadas diferentes condições de funcionamento do aeroporto.

Um exemplo fictício disso seria, por exemplo, uma situação extrema com uma quantidade bastante acima da suposta capacidade máxima do TECA. Isto seria interessante para avaliar se a capacidade máxima do terminal está além ou aquém do número divulgado, direcionando políticas de expansão ou alteração dos terminais nas suas configurações atuais.

A Figura 21 mostra os principais objetos utilizados para a modelagem no *software* Anylogic. Um objeto do tipo *source* gera entidades na simulação, cujo aparecimento pode ser determinado por um calendário de eventos (*schedule*). Essas entidades podem: sofrer atrasos devido à execução de atividades (*delay*) que duram um tempo definido por parâmetros (*parameter*); podem ter de esperar a ocorrência de algum evento para serem liberadas (*hold*); e podem, ainda, ter de enfrentar alguma fila no sistema (*queue*). Ao final do processo, um objeto do tipo *sink* elimina as entidades que já passaram por todas as etapas da simulação. Ao longo de todo o processo, dados podem ser coletados para possibilitar uma análise do comportamento do modelo.

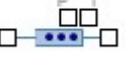
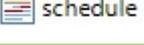
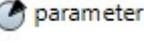
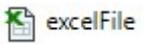
Objeto	Descrição
<p>source</p> 	Gera entidades com determinadas características e com determinada frequência, sendo normalmente o início de um processo.
<p>sink</p> 	Ponto de fim de uma entidade ao longo de um processo. Normalmente indica o final do fluxo.
<p>delay</p> 	Atrasa as entidades por um intervalo de tempo determinado. O intervalo pode ser fixo ou dinâmico. No segundo caso, podem ser incluídos parâmetros estocásticos, que levem cada entidade a receber um tempo de atraso diferente.
<p>selectOutput</p> 	Separa o fluxo de entidades em dois ou mais caminhos de acordo com probabilidades ou condições que podem ser baseadas nos atributos de cada entidade.
<p>hold</p> 	Prende as entidades até que uma determinada condição seja atingida.
<p>moveTo</p> 	Movimenta as entidades de um ponto a outro.
<p>restrictedAreaStart</p> 	Inicia uma área restrita, limitando a quantidade de entidades que podem estar nessa área restrita concomitantemente. Esse objeto é importante para áreas que possuem capacidade limitada de entidades.
<p>restrictedAreaEnd</p> 	Indica o término da área restrita.
<p>split</p> 	Multiplica uma entidade de entrada em n novas entidades que podem ser da mesma população ou de outra diferente.
<p>queue</p> 	Forma uma fila de entidades com base em critérios definidos. Esse objeto é importante quando os objetos posteriores possuem capacidade limitada de processamento de entidades.
<p>resourcePool</p> 	Cria recursos que serão utilizados para atividades ou para mover as entidades. Exemplo: máquinas, veículos etc.
<p>schedule</p> 	Cria um calendário de eventos que irão ocorrer ao longo da execução do modelo.
<p>Agents [..]</p> 	Define os tipos de entidades e as características de sua população
<p>parameter</p> 	Define os parâmetros que serão utilizados pelas entidades e dentro dos demais objetos do modelo.
<p>excelFile</p> 	Cria uma conexão com uma planilha Excel para leitura e/ou gravação de dados.

Figura 21: Principais objetos utilizados no Anylogic 7

3.3. Considerações finais

Neste capítulo, foi feita a introdução à simulação, por meio da apresentação de um histórico sobre o uso da mesma, assim como da definição trazida por BANKS (2000). Foram definidos os diferentes tipos de sistemas nos quais simulações são recomendadas (dinâmicos, interativos e complexos), assim como foram mostradas as etapas de um estudo de simulação.

Por fim, foi descrito o software Anylogic, programa usado no presente trabalho para a elaboração do modelo de simulação do TECA de importação da RIO Galeão, que será explicado a partir dos próximos capítulos. Os principais objetos utilizados nesse programa foram descritos. O entendimento desses objetos é importante para a compreensão das explicações contidas no Capítulo 5, em que os mesmos são usados para a criação do modelo escolhido para o estudo de caso.

4. O TECA DA RIO GALEÃO

O TECA da RIO Galeão pode ser dividido em duas grandes áreas: exportação e importação. Embora o presente trabalho possua como foco o estudo dos fluxos de importação, é importante conhecer a exportação para que se possa entender que os processos para tratamento da carga em ambos os fluxos são distintos, possuindo níveis de complexidade diferentes.

4.1. Histórico do movimento da carga no TECA estudado

O movimento de carga de importação no TECA da RIO Galeão tem variado bastante ao longo da série histórica de análise. A Figura 22 ilustra as variações no transporte de carga no TECA estudado.

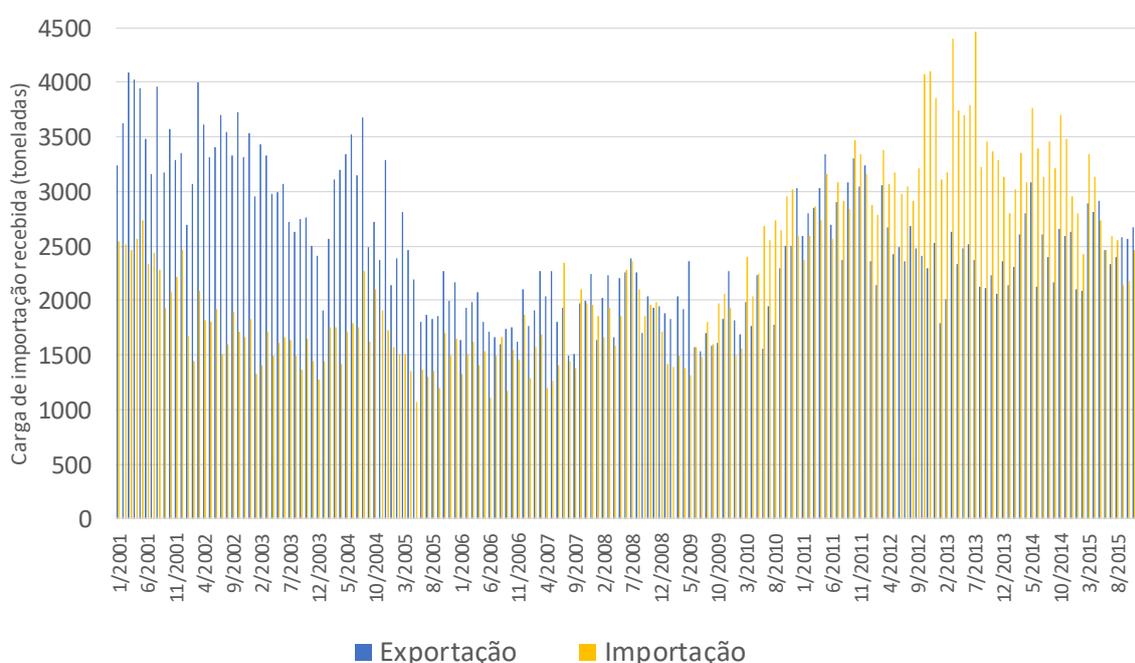


Figura 22: Evolução do transporte de carga aérea de importação no TECA estudado

Fonte: Dados extraídos da base pública da ANAC

Percebe-se que, em 2000, o movimento de importação foi pouco superior a 2.500 toneladas, valor esse que somente foi ultrapassado em 2011. Para a exportação, o valor ultrapassava as 3.200 toneladas. A partir de 2010 houve uma forte tendência de crescimento no transporte de carga de importação, que chegou a alcançar valor superior a 4.400 toneladas em julho de 2013. A exportação também teve uma tendência de crescimento no período, entretanto passou a perder força a partir de 2012.

A partir de meados de 2014, período em que se iniciou a coleta de dados para o presente trabalho, houve uma forte tendência de queda e esvaziamento do terminal de importação, chegando-se a um valor de 1.898.607 kg de carga transportada em fevereiro de 2016, ou seja, uma queda de mais de 57%. A crise político-econômica que se instaurou no país, as concessões de outros aeroportos antes do aeroporto estudado, aumentando a concorrência, e a valorização cambial são fatores que podem ter influenciado nessa queda. Entretanto, não se pode afirmar sobre a maior parte dessas correlações, dado que se encontrou apenas um estudo (CNT, 2016) que relacionou um desses fatores às importações de carga aérea. Segundo o relatório de CNT (2016), a crise teve forte impacto no transporte aéreo.

Ao observar a Figura 22, percebe-se que no início do período analisado, as exportações eram mais representativas do que as importações. Essa situação se inverte no final do período analisado, em que as importações, embora tenham sofrido queda, se mostraram mais representativas do que a exportação. Esse é um dos motivos pelos quais escolheu-se dar foco à importação no presente trabalho.

4.2. Processos para recepção e tratamento da carga no TECA estudado

No decorrer da elaboração do presente trabalho, foram realizadas diversas visitas às instalações da RIO Galeão, objetivando conhecer os fluxos mencionados e suas respectivas especificidades, as quais são descritas a seguir.

4.2.1. Exportação

Durante as visitas realizadas, verificou-se que o Rio de Janeiro exporta muitos produtos perecíveis e calçados. Portanto, o terminal de exportação é voltado para esse tipo de exportação, possuindo uma área de 8.000 m² e ambientes refrigerados para manter os produtos em temperaturas controladas.

O processo de exportação inicia-se quando o cliente, exportador ou agente de carga, entra em contato com um operador aéreo para contratação do serviço de transporte aéreo. Nesse momento, são emitidos o documento de exportação e o *Air Waybill* (AWB) ou conhecimento aéreo.

A carga é então levada ao TECA de exportação da RIO Galeão, onde a concessionária realiza uma verificação documental e física, de modo a conferir etiquetagem, tipo de embalagem, peso/cubagem e se há algum tipo de avaria. Nesse

momento, diversas cargas começam a ser agrupadas em paletes, que também são pesados para controle do terminal de cargas.

A partir desse ponto, as cargas podem sofrer inspeções do Ministério da Agricultura, do Ministério da Saúde, do IBAMA, da Comissão Nacional de Energia Nuclear, da Agência Nacional de Aviação Civil, entre outros, antes do desembarço pela Receita Federal.

Após o aceite da carga pelo TECA, todas as informações sobre a mesma são inseridas no sistema TECA Plus, que emite uma etiqueta, contendo um código de barras. O objetivo é permitir a rastreabilidade de volumes durante o armazenamento nas dependências do TECA.

O próximo passo é realizar o registro de presença da carga no sistema da Receita Federal, o MANTRA/SISCOMEX. Feito isso, o cliente deverá buscar a Receita Federal para o desembarço da carga. Enquanto o desembarço é providenciado, a carga é armazenada de acordo com critérios de peso, cubagem e natureza. Nesse momento, a carga pode sofrer inspeções da Receita Federal.

A Receita Federal parametriza a carga de acordo com os critérios de sua legislação. A carga pode ser considerada como canal verde, laranja ou vermelho. O canal verde dispensa qualquer tipo de conferência. O canal laranja exige apenas a conferência documental. Já o canal vermelho, além da conferência documental, exige que ocorra uma conferência física.

Após o desembarço, a carga continua armazenada no TECA até que o operador aéreo solicite o seu “puxe”, isto é, solicite a sua movimentação para o pátio, em preparação para o voo.

Nesse momento, o TECA providencia a liberação da carga no sistema MANTRA/SISCOMEX, verifica se as tarifas de armazenagem foram pagas e disponibiliza a carga para o operador aéreo, que a recebe e providencia a sua paletização.

A paletização normalmente é feita na presença dos funcionários do operador aéreo, pois é nesse momento que é realizada a pesagem final, importante atividade para o balanceamento da aeronave e, conseqüentemente, sua segurança e de seus ocupantes.

A partir desse momento, o operador aéreo providencia a movimentação da carga até sua aeronave. Usualmente, esse tipo de serviço é prestado por meio de contratos com empresas de serviços auxiliares de rampa. Essas empresas possuem veículos especializados para transportar a carga desde o TECA até a aeronave.

4.2.2. Importação

O fluxo de importação, embora à primeira vista possa parecer que seria o inverso do fluxo de exportação, é bastante diferente e peculiar. Tal processo é mais longo e possui mais etapas.

A característica do TECA de importação da RIO Galeão tem relação com a indústria do Estado do Rio de Janeiro e da Região Sudeste. Durante as visitas técnicas, o corpo gerencial da RIO Galeão destacou que o terminal é umas das principais portas de entrada de cargas relacionadas às indústrias farmacêutica, química de óleo e gás. Por esse motivo é importante a existência das áreas para armazenamento de tais mercadorias, respectivamente, as câmaras frias, a área de artigos perigosos e a área de grandes volumes. A Figura 23 ilustra o fluxo da importação de maneira resumida, contendo alguns tempos na execução de atividades no TECA da RIO Galeão.

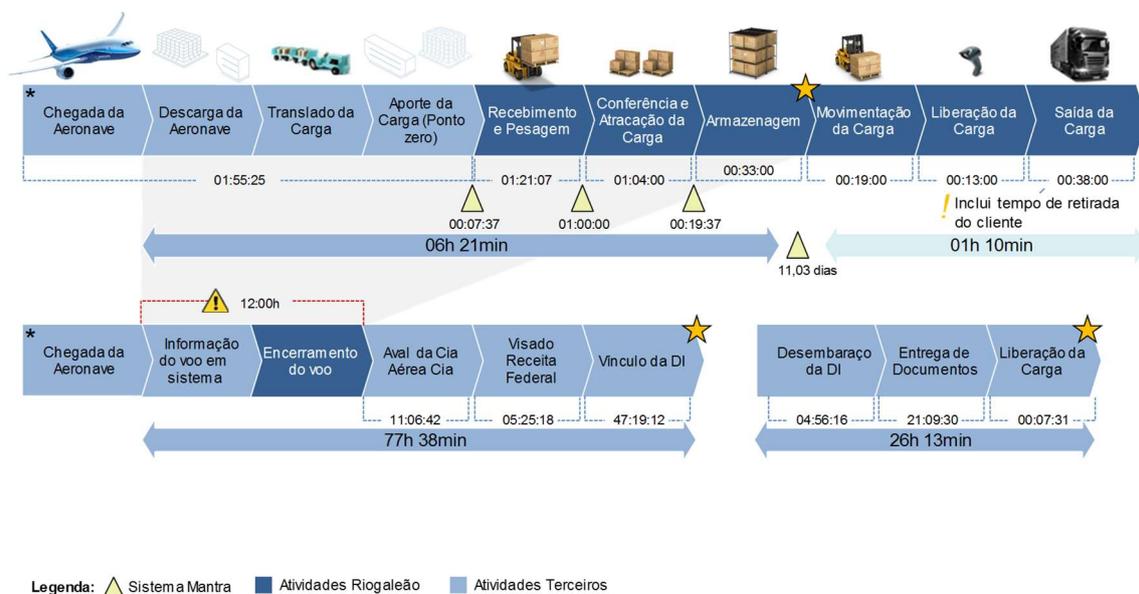


Figura 23: Resumo do fluxo de importação

Fonte: Apresentação interna RIO Galeão, com dados de medições de campo efetuadas em julho de 2014 e fornecidas durante a visita técnica.

Os itens a seguir descrevem o processo de importação seguido por terminais de carga aérea no Brasil. As etapas em que há interação com a Receita Federal são descritas levando-se em consideração os requisitos dispostos por RFB (2002).

4.2.2.1. Preparação antes do pouso da aeronave

Normalmente o TECA exige que o operador aéreo informe, com antecedência ao pouso, a quantidade de equipamentos aeronáuticos (paletes ou ULD), a quantidade e o peso da carga transportada e outras informações como, por exemplo, a existência de artigos perigosos ou produtos perecíveis a bordo.

4.2.2.2. Pouso da aeronave e manifesto de carga

Assim que a aeronave realiza o pouso no aeroporto, o operador aéreo disponibiliza o manifesto de carga e seus conhecimentos aéreos. O manifesto de carga é o documento que consolida todas as remessas trazidas por uma aeronave. Esse documento também lista todos os conhecimentos aéreos que estão sendo transportados naquela aeronave. Toda essa informação é inserida pelo operador aéreo no sistema MANTRA/SISCOMEX.

4.2.2.3. Emissão do Termo de Entrada

Cabe à Alfândega receber a documentação e confirmar os dados no sistema MANTRA/SISCOMEX. O resultado dessa validação é a assinatura do Termo de Entrada. A partir desse momento, é possível dar entrada com a carga no TECA.

4.2.2.4. Movimentação da carga a partir da rampa

Concomitantemente ao processo de documentação, o operador aéreo providencia a movimentação da carga desde sua aeronave até o TECA. A área onde a aeronave fica estacionada também é chamada de rampa. O serviço de rampa é normalmente prestado por meio de contratos com empresas de serviços auxiliares. Essas empresas possuem veículos especializados, do tipo *dolly* e *loader* conforme definidos anteriormente no presente trabalho, para transportar a carga entre o TECA e a aeronave.

4.2.2.5. Chegada da carga ao “ponto zero”

A carga é então trazida para o “ponto zero”. O “ponto zero” é o local onde ocorre o primeiro contato com o TECA. A partir desse momento o TECA passa ser considerado o fiel depositário da carga. Isto quer dizer que o mesmo assume a guarda dos bens recebidos.

4.2.2.6. Despaletização

O sistema TECA Plus recebe a informação da chegada das cargas e, a partir disso, são geradas etiquetas contendo códigos de barras. A carga é, então, transferida para a linha de espera de armazenamento e fica parada aguardando sua despaletização.

Nesse momento, forma-se uma fila dependendo da chegada da aeronave e da prioridade de determinados tipos de carga. Cargas vivas, artigos perigosos e produtos perecíveis, por exemplo, recebem prioridade na fila de despaletização.

O processo de despaletização é simples e envolve a desmontagem dos paletes aeronáuticos.

4.2.2.7. Atracação

Logo em seguida é realizado o processo de atracação, que nada mais é que o recebimento de cargas. Isso envolve a verificação das informações disponíveis nos sistemas SISCOMEX e TECA Plus. São confirmadas informações como, por exemplo, quantidade de volumes, respectivos pesos, natureza em conjunto com os conhecimentos aéreos de referência. Quando há muitos volumes a serem coletados por um mesmo cliente, o TECA pode efetuar a envelopagem dos mesmos com filme plástico transparente.

Normalmente, esse processo ocorre na presença de um representante do operador aéreo, pois podem ser localizadas divergências de peso, cubagem ou outras informações. O TECA verifica essas informações pois elas são geradoras de tarifas de armazenamento.

Ao longo dessa etapa, o MANTRA/SISCOMEX mostra os *status* “registrado, quando o registro é inserido no sistema e “encerrado”, quando a RIO Galeão finaliza suas atividades de atracação. A carga recebe, então, uma etiqueta do TECA da RIO Galeão e a próxima etapa é a avalização.

4.2.2.8. Avalização

Nas etapas anteriores, houve o cadastro de informações referente a peso, cubagem, danos na carga etc., no sistema MANTRA/SISCOMEX. A avalização é uma etapa realizada pelo operador aéreo que consiste em confirmar ou acrescentar ressalvas às informações acrescentadas previamente pelo fiel depositário.

Dessa forma, caso o operador aéreo discorde das informações prestadas pelo TECA, poderá se manifestar durante a avaliação. Ao final da etapa, o *status* da carga no MANTRA/SISCOMEX muda para “avaliado”.

4.2.2.9. Visado

Assim como na etapa anterior, há verificação das informações prestadas pelo fiel depositário por parte do operador aéreo e também há verificação por parte da Receita Federal. O visado trata-se da emissão de vistos por parte de auditores da Receita Federal (RFB). A informação também é lançada no sistema MANTRA/SISCOMEX.

Ao final da etapa, o *status* da carga no MANTRA/SISCOMEX muda para “visado”.

4.2.2.10. Armazenagem

Levando-se em consideração as características da carga que foram cadastradas durante a etapa de atracação, a carga segue para o local de armazenagem mais adequado.

Durante o período em que estiver armazenada, a carga sempre fica à disposição dos órgãos anuentes. É nesse momento que ocorre o início do despacho aduaneiro, que inclui os procedimentos a serem executados pela RFB de maneira a liberar a importação da carga, para que esta, por fim, seja entregue ao destinatário final, normalmente o importador ou representante legal.

4.2.2.11. Vistoria aduaneira

A etapa de vistoria aduaneira inicia-se com uma pré-vistoria. Nesse momento, o importador ou seu representante legal pode solicitar ao fiel depositário para verificar o real estado da carga que esteja marcada no sistema MANTRA/SISCOMEX como avariada. Em casos de avarias que comprometam a carga, o importador ou representante legal pode solicitar a dispensa da vistoria aduaneira, pelo fato de a carga não ter mais a utilidade que deveria possuir.

A vistoria aduaneira é uma atividade regulamentada pela RFB por meio do Decreto nº 6.759, de 5 de fevereiro de 2009, que regulamenta a administração das atividades aduaneiras, e a fiscalização, o controle e a tributação das operações de comércio exterior. Essa etapa é importante para avaliar a extensão de danos e buscar a

apuração de responsabilidades pelas avarias, assim como para verificar que valores devem ser ressarcidos devido a danos nas cargas.

Essa atividade, portanto, ocorre na presença de diversos agentes envolvidos no processo, como as autoridades aduaneiras, o fiel depositário, o importador e o representante da companhia seguradora.

4.2.2.12. Licenciamento de importação

Nem todas as cargas necessitam de licença de importação. Portanto, essa etapa somente ocorre para cargas cuja natureza está sujeita ao controle de outros órgãos governamentais, como, por exemplo, a ANVISA.

Antes do embarque no exterior, o expedidor da mercadoria deve possuir toda a documentação necessária para o embarque, incluindo as licenças de importação, se necessárias. Durante o processo de importação no terminal da RIO Galeão, o órgão emissor da licença deve alocar a mesma, analisá-la e emitir um parecer final sobre o assunto.

4.2.2.13. Liberação da carga

A próxima etapa é a liberação da carga que ocorre após todas as verificações e inserções dos dados mencionados nas etapas anteriores. É emitido um documento liberatório, que pode ser uma declaração de importação ou uma declaração de trânsito, declarando a carga como liberada. Dizer que uma carga está liberada não significa que a mesma está livre para ser entregue ao seu destinatário, pois ainda há etapas a serem cumpridas.

4.2.2.14. Parametrização Nacional

Essa etapa inclui a análise fiscal por parte da Receita Federal. Parâmetros internos no sistema da RFB classificam a carga, com base em diversas informações como valor, peso, tipo de carga, dentre outras.

Dessa forma a carga pode ser classificada em canal verde, em que não é necessária a conferência documental nem a física; canal laranja, em que é necessária apenas a conferência documental; canal vermelho, em que é necessária a conferência documental e física; ou canal cinza, em que, além das conferências documental e física, ocorre valoração aduaneira, ou seja, deve haver cálculo de imposto aduaneiro, pois ou o imposto

não foi pago, ou o imposto foi pago com valor julgado pela RFB como incorreto, de acordo com suas normativas, em especial a Instrução Normativa SRF N° 327, de 09 de maio de 2003. Ao final dessa etapa, finaliza-se o desembaraço da carga, ou seja, a carga pode ser considerada como nacionalizada.

4.2.2.15. Entrega da carga nacionalizada

Nessa etapa ocorre interação entre o TECA e o importador. O importador, após tomar conhecimento de que sua carga foi nacionalizada deve proceder ao Terminal de carga para solicitar a posse da carga. Entretanto, para isso ele deve entregar documentação ao TECA que comprove não apenas que a RFB desembarçou a carga, mas também que todos os impostos estaduais foram pagos, incluindo o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS).

Muitas vezes o importador é representado pela figura do despachante aduaneiro. Segundo TOZI *et al.* (2010):

No âmbito das importações, um importante elo da cadeia logística é o despachante aduaneiro. Este é uma pessoa física ou jurídica, devidamente registrada e capaz de oferecer a prestação de serviços aduaneiros. Cabe ao despachante providenciar os documentos necessários para que a carga seja liberada. Neste processo, pode haver a incidência de erros que acarretam perdas do desempenho esperado pelo cliente. As perdas podem ser financeiras e temporais. Uma vez verificada a ocorrência de erro, surge a necessidade de retificar a Declaração de Importação.

Os mesmos autores, em seu estudo, mostraram que apenas 2% da documentação entregue possui necessidade de retificação, entretanto, quando isso ocorre as perdas são consideráveis em termos de tempo despendido.

Os funcionários do TECA de importação verificam a liberação e desembaraço da carga no sistema MANTRA/SISCOMEX da RFB de forma a verificar se a carga realmente está nacionalizada e pronta para ser entregue.

Caso todas as informações sejam consideradas corretas, procede-se à retirada da carga do armazém e sua entrega ao importador. Dá-se a este procedimento o nome de “puxe da carga”. Em diversos casos os importadores podem agendar previamente esse procedimento, o que torna o procedimento mais rápido, pois o terminal já efetua previamente todas as verificações e disponibiliza a carga em um local onde seu “puxe” ocorre de maneira mais veloz.

4.2.2.16. Perdimento

O perdimento ocorre se o importador não se manifestar dentro dos prazos previstos, que pode variar entre dois a três meses. Em muitos casos, o importador não tem interesse na carga, pois a mesma foi danificada durante o transporte ou foi taxada pela RFB em um valor que gera desinteresse.

Perdimento não é somente sinônimo de carga abandonada. Contrabando ou identificação de ilegalidade também pode classificar uma carga como em perdimento. A carga é apreendida e pode sofrer diversos fins, como, por exemplo, leilões, doações e até mesmo destruições realizadas pela RFB.

4.3. Descrição dos principais componentes do TECA da RIO Galeão

O TECA da RIO Galeão dispõem dos equipamentos comuns a terminais de cargas, como os já descritos no presente trabalho. Além disso, dispõem de áreas separadas para diversos tipos de cargas.

4.3.1. Empilhadeiras e paleteiras

O TECA de importação possui 26 equipamentos para realizar a movimentação da carga. Desses equipamentos, sete são empilhadeiras a combustão com limite de carga a 2,5 toneladas, quatro são empilhadeiras elétricas comuns, 12 são transpaleteiras elétricas e três são paleteiras elétricas com torre. Normalmente, dois equipamentos são reservas, de modo a garantir a disponibilidade.

4.3.2. Área para animais vivos

O TECA de importação da RIO Galeão possui áreas específicas para a acomodação de animais vivos seja no processo de importação ou de exportação. Os terminais comportam animais de grande porte possuindo área total superior a 500 m² com esse fim. Existe estrutura para comportar também os acompanhantes ou cuidadores dos animais. Uma parte da área é climatizada para receber animais de pequeno porte.

4.3.3. Área para artigos perigosos

O transporte de artigos perigosos exige cuidados especiais. O mesmo ocorre durante seu armazenamento. A regulamentação de artigos perigosos é editada pela OACI (Anexo 18 à Convenção de Chicago e DOC 9284 AN/905 – *Technical Instructions for the safe transport of dangerous goods by air*) e todos os países signatários da Convenção de Chicago a seguem. Conforme a regulamentação internacional e nacional (Regulamento Brasileiro de Aviação Civil 175 e Instrução Suplementar 175-002), os funcionários que trabalham no TECA devem possuir treinamento em artigos perigosos justamente para empregar um manuseio adequado de tais artigos. No TECA de importação da RIO Galeão, 900 m² são dedicados à armazenagem de artigos perigosos.

4.3.4. Câmaras frias

Para as cargas que necessitam estar em temperatura controlada, há uma área de 17.000 m². Dentro dessa área, há espaços com diferentes temperaturas para que cada carga seja armazenada na temperatura necessária para mantê-la. A câmara fria é composta por um conjunto de transelevadores com 1380 posições de armazenagem.

4.3.5. Outras áreas de armazenagem

As cargas de grande tamanho, tipicamente aqueles que possuem volume superior a 3,5 m³, não são armazenadas nas áreas de transelevadores, mas sim nas áreas destinadas a cargas de grande volume. O TECA de importação da RIO Galeão, possui um total de 10.000 posições de palete de carga geral.

4.3.6. Área administrativa

A área administrativa do TECA, além das salas da própria concessionária, possui escritórios dos órgãos anuentes e das empresas ligadas ao TECA, tais como os operadores aéreos, os transportadores rodoviários, os despachantes aduaneiros e os agentes de carga.

4.3.7. Pátios de aeronaves

Na frente dos TECA de importação e exportação da RIO Galeão está o pátio de aeronaves cargueiras. Isso facilita a movimentação das grandes quantidades de carga

entre aeronaves cargueiras e o TECA, diminuindo as distâncias e conseqüentemente, os tempos e os custos.

O pátio de aeronaves cargueiras possui nove posições, entretanto, não é comum ter todas elas ocupadas devido ao baixo tempo de *turnaround* das aeronaves em solo, ou seja, devido ao baixo tempo em que as aeronaves permanecem em solo para seu atendimento de carregamento e descarregamento, assim como atividades auxiliares como abastecimento e limpeza. Embora incomum, segundo informações coletadas durante as visitas técnicas, caso ocorra de as nove posições estarem ocupadas, o aeroporto pode redirecionar as aeronaves para outras posições de estacionamento localizadas em outras áreas do sítio aeroportuário.

Nem todas as aeronaves que transportam as cargas são cargueiras. Há também grande operação de aeronaves mistas, que também transportam passageiros. Essas aeronaves são atendidas nos terminais de passageiros, que ficam do lado oposto do sítio aeroportuário.



Figura 24: Sítio aeroportuário do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro

Para chegar ao terminal de passageiros, as empresas que fazem o manuseio da carga precisam se deslocar pela via de acesso auxiliar. A distância até o Terminal 1, hoje não mais em funcionamento, era de 4,7 km. Com o Terminal 2 operando com o novo píer sul,

é considerada uma distância superior a 7 km. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** ilustra as localizações dos pátios de aeronaves perante os terminais de carga e de passageiros dentro do sítio aeroportuário.

4.3.8. Transelevadores

Parte do TECA é atendida por transelevador. Cinco robôs compõem os transelevadores dos TECA da RIO Galeão, totalizando 2.600 posições para carga.

4.4. Considerações finais

O presente capítulo mostrou alguns dados específicos da importação de cargas no TECA da RIO Galeão, objeto de estudo do presente trabalho. Além disso, descreveu as principais etapas dos processos de importação e exportação de cargas no terminal estudado, explicando quais os seus principais componentes. O entendimento das etapas e dos componentes é necessário para o entendimento da construção do modelo de simulação do TECA de importação da RIO Galeão, que será explicado no próximo capítulo.

5. ESCOPO E MODELAGEM POR SIMULAÇÃO

Este capítulo define a construção do modelo de simulação do TECA de importação da RIO Galeão. Foram utilizadas as definições e etapas descritas na Seção 3.1.

5.1. Premissas adotadas

Conforme previamente definido neste trabalho, um modelo é uma representação da realidade. Portanto, não se consegue chegar a uma representação de todos os fatores que envolvem a realidade. Dessa forma, são adotadas premissas que visam aproximar o modelo do sistema real.

São dedicadas nove opções de estacionamento para as aeronaves cargueiras conforme o modelo de operação real. Para as aeronaves de passageiros, são dedicadas apenas cinco posições, dado que, embora o aeroporto possua uma quantidade bastante superior a esse número, não mais do que cinco aeronaves de passageiros descarregam carga de importação simultaneamente.

O descarregamento ocorre na área de rampa, ou seja, adjacente à área de estacionamento da aeronave. A carga é deixada na rampa por um tempo até que os equipamentos terceirizados de rampa chegam para efetuar seu transporte ao TECA de importação. A carga é então levada ao ponto zero, quando passa à responsabilidade do TECA da RIO Galeão, que se torna seu fiel depositário. As velocidades utilizadas pelos veículos obedecem aos limites estabelecidos dentro do sítio aeroportuário.

São desconsideradas, para efeito da simulação, as cargas em trânsito, ou seja, que seguirão para efetuar o desembarço aduaneiro em outros locais, incluindo outros aeroportos. Não é considerado o transporte de artigos perigosos, pois tal tipo de carga é importada em outro terminal de cargas, possuindo um fluxo de armazenagem diferente ao definido neste trabalho. Também não é considerado o desembarque de animais vivos devido não só à quantidade não significativa, mas também ao diferente processo de tratamento da carga, que necessita de maiores espaços e cuidados especiais que podem variar de acordo com o porte e com o tipo de animal transportado.

São consideradas três áreas de armazenamento. A primeira delas é a câmara frigorífica que armazena as cargas que necessitam de temperatura controlada. A segunda é o setor verde, composto por um conjunto de transelevadores que armazenam cargas de pequeno e médio porte. A última área considerada, chamada de setor preto, armazena as

cargas de grande porte e tem capacidade de absorver cargas do setor verde, caso o mesmo esteja sem posições de armazenamento. A Figura 25 ilustra as diferentes áreas do terminal de cargas estudado assim como o fluxo da carga ao longo do TECA.

A parametrização da Receita Federal desconsidera o nível cinza, ou seja, um nível de inspeção ainda mais detalhado que o nível vermelho. Há baixa ocorrência nesse tipo de parametrização.

O processo de *push* da carga, ou seja, quando um representante do importador realiza a solicitação de sua retirada e o TECA processa a sua entrega, embora representado nas animações, não é o objetivo deste trabalho. O importador e seus representantes são os principais interessados no processo do transporte de carga, portanto qualquer atraso causado por eles, normalmente por demora no início da solicitação ou erros de documentação, aumentam o tempo total da carga dentro do TECA. Esse aumento é gerado por atividades externas àquelas executadas pelos órgãos que trabalham no processo de importação da carga.

O abandono de cargas e seu posterior perdimento, conforme definido nesse trabalho, não são considerados. Caso uma carga em perdimento fosse levada em consideração, o tempo final seria o tempo em que a RFB demora para processar um leilão ou a destruição da carga, que pode ser longo e impactar negativamente nos resultados do modelo.

O modelo elaborado é configurado para 16 replicações, conforme identificado como ideal pelo próprio *software* de simulação. O *seed number* (semente), ou seja, o número que será responsável pela geração de todas as informações aleatórias do modelo é aleatoriamente definido pelo aplicativo. Para as simulações utilizou-se de computador com Sistema Operacional Windows 10 (x64), Processador AMD FX 8350 Eight-Core 4.01 GHz e Memória RAM de 8 GB.

5.2. Modelo Proposto

O modelo foi dividido em vários módulos, de forma a facilitar sua compreensão. Nesta seção, primeiramente, é mostrada uma visão geral do processo a ser simulado, por meio da Figura 26 da Figura 27. Após, são descritos cada um dos módulos, suas principais funções e seus principais objetos e parâmetros.

A notação utilizada para a elaboração dos fluxogramas representados em ambas as figuras foi a *Business Process Modeling Notation* (BPMN), a qual é padrão para a modelagem de processos. Essa metodologia é explicada no trabalho de CAMPOS (2014).

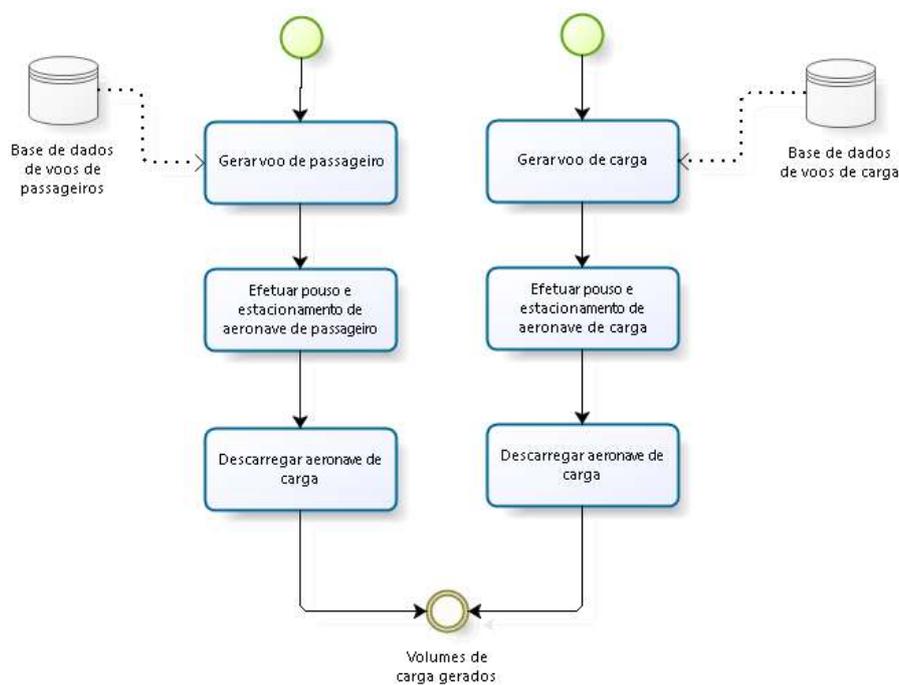


Figura 26: Processo de chegada e descarregamento de aeronaves

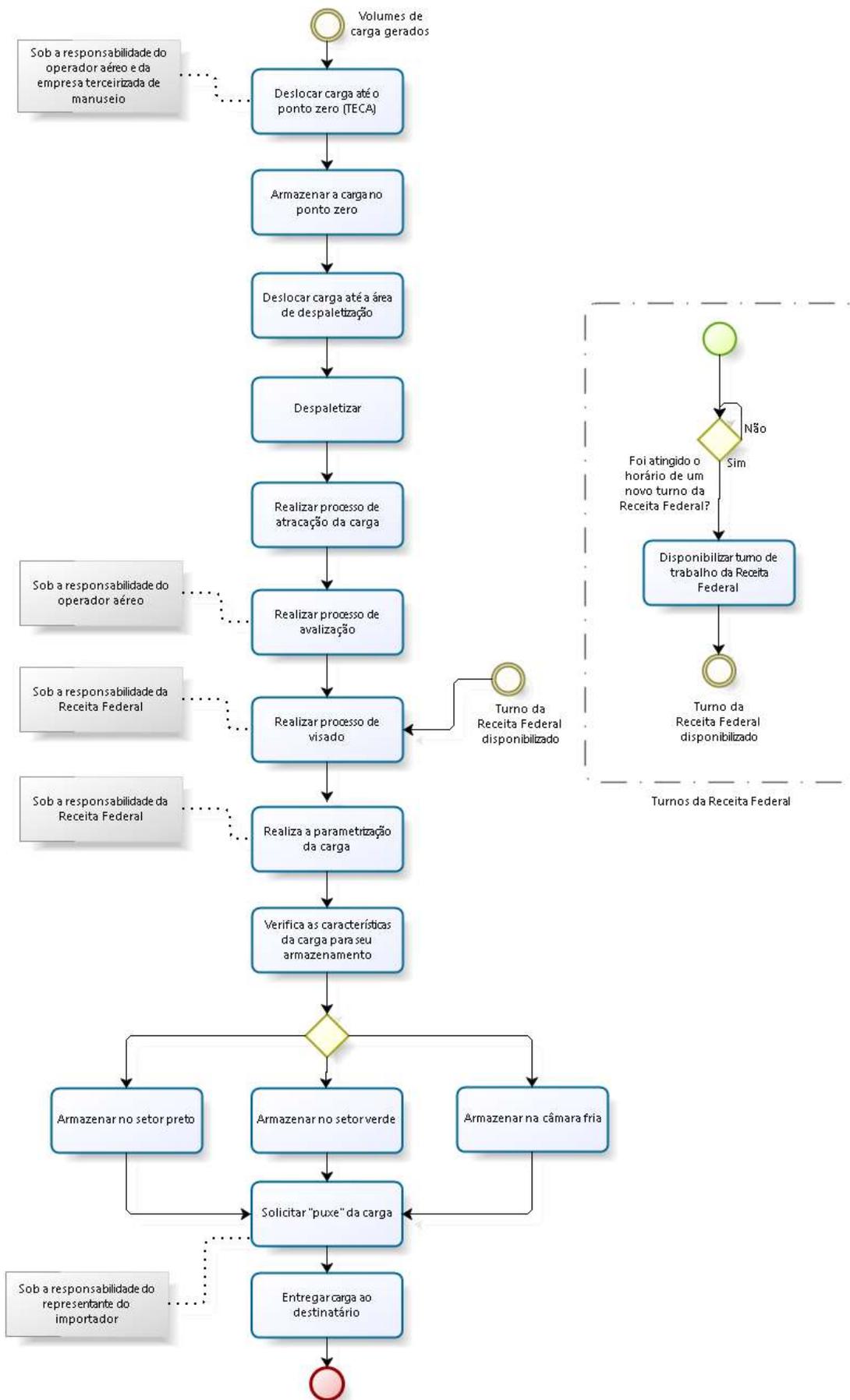


Figura 27: Recepção e tratamento da carga no TECA de importação da RIO Galeão

5.2.1. Visão geral do processo de simulação do TECA da Galeão

O processo de importação da carga no TECA da RIO Galeão pode ser dividido em duas partes. A primeira parte, representada pela Figura 28, refere-se a chegada dos voos cargueiros e de passageiros, cuja entidade gerada são as aeronaves. A segunda parte, representada pela Figura 27, refere-se ao fluxo da carga propriamente dita, sendo os volumes de carga considerada entidade gerada.

Os processos representados por ambas as figuras foram traduzidos de modo que pudessem ser utilizados na interface do Anylogic 7, simulador escolhido pelo presente trabalho. A modelagem utilizada no Anylogic 7 para o TECA de importação da RIO Galeão é explicada nos próximos itens desta seção.

5.2.2. Módulo Gerador de Voos



Figura 28: Módulo Gerador de Voos

Os módulos de geração de voos (aeronaves de passageiros e aeronaves de cargas), ilustrados pela Figura 28, são artificios utilizado para que os voos sejam injetados no sistema. Esse módulo é representado na Figura 26, na atividade de gerar voo de passageiro ou de carga.

Uma entidade é gerada ao início na simulação e passa por um processo de *delayPousoPax*. O tempo desse *delay* é definido pela planilha de horários dos voos do aeroporto. Assim que chega a hora de pouso de determinado voo no aeroporto, a entidade é liberada, dirigindo-se ao processo *finalPousoPax*. Nesse local, é disparado o módulo de chegada de uma aeronave no modelo.

São utilizados os parâmetros *parProximoVooPax*, que identifica o tempo em que o próximo voo chegará e *parLinhaVooPax* que se trata de um identificador (ID) para cada voo que passa pelo simulador.

5.2.3. Módulo Chegada e Descarregamento

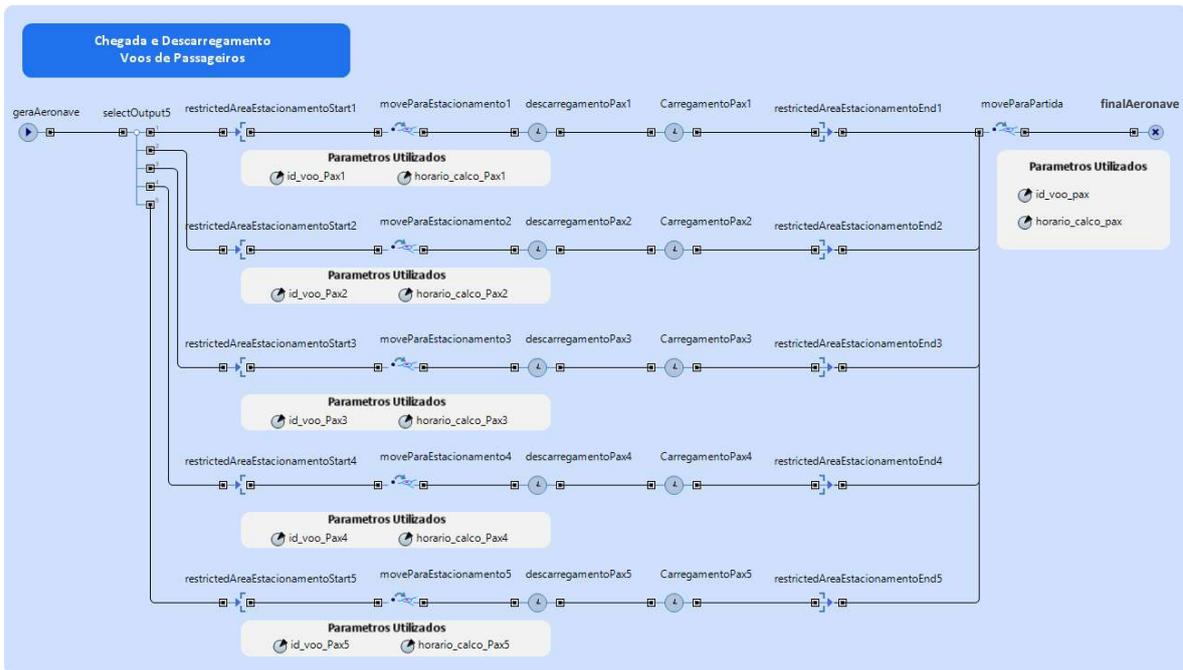


Figura 29: Módulo Chegada e Descarregamento

A Figura 28 ilustra o módulo de chegada e descarregamento. O voo é gerado e uma nova entidade é criada. Essa entidade do tipo *Aeronave* desloca-se a uma das posições de estacionamento, observando sempre uma opção que não esteja em uso. O deslocamento é feito por meio dos processos *moveParaEstacionamento* em velocidade de taxiamento pré-definida.

Na sequência, ocorre o descarregamento da aeronave, por meio do *delayDescarregamento*. O tempo usado é o tempo comumente utilizado para descarregamento de aeronaves de passageiros e aeronaves cargueiras, conforme será descrito mais adiante neste trabalho.

Após o tempo de descarregamento, novas entidades são injetadas em um novo módulo no sistema. Tratam-se das cargas unitizadas. A quantidade de volumes de um voo depende dos dados levantados pelo aeroporto para cada operador aéreo.

5.2.4. Módulo Translado da Carga – Rampa ao Ponto Zero

A Figura 30 ilustra o módulo de translado da carga da rampa, desde sua geração, até o ponto zero, localizado dentro do TECA da RIO Galeão. Esse módulo também é representado na Figura 27 nas suas duas primeiras atividades relacionadas ao ponto zero.

A carga injetada no sistema gera entidades do tipo *Volumes*, que são submetidas aos processos *delayPax* e *delayCargo*, de acordo com o tipo de carga. Esse tempo refere-se à espera contabilizada e relatada antes do início do processo de transporte da carga até o TECA. A carga normalmente fica parada na área de rampa, aguardando a movimentação das empresas terceirizadas de manuseio ou *handling*.

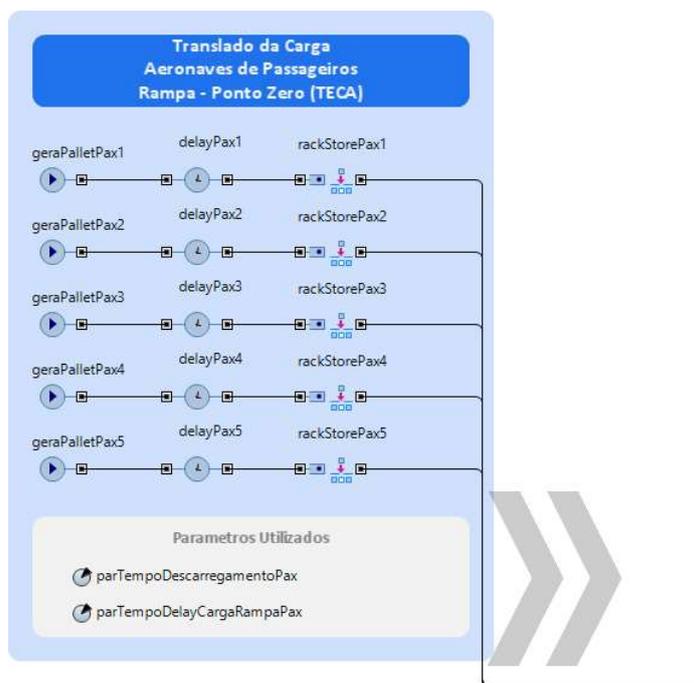


Figura 30: Módulo Translado da Carga

Em observação da operação realizada ao longo do desenvolvimento desse trabalho, verificou-se que o contrato dos operadores aéreos com essas empresas engloba atividades de cargas e de passageiros. Normalmente, a prioridade é dada para a movimentação de todas as bagagens dos passageiros. Em se tratando de voos internacionais com aeronaves maiores, o tempo despendido com isso é longo. Nesse período, a carga não sofre qualquer tipo de tratamento, ficando na área de rampa ou estacionamento. O tempo de espera é dado pelos parâmetros *parTempoDelayCargaRampaPax* ou *parTempoDelayCargaRampaCargo*.

A carga é então transportada para o TECA de acordo com as distâncias reais da operação. Cargas provenientes de aeronaves cargueiras possuem tempo de transporte inferior, devido à localização das posições de estacionamento dessas aeronaves em frente ao TECA. As cargas provenientes de voos internacionais em aeronaves de passageiros

despendem um tempo consideravelmente maior, por terem de deslocar-se por cerca de sete km pelas vias auxiliares de acesso do aeródromo.

5.2.5. Módulo Armazenamento Temporário Ponto Zero

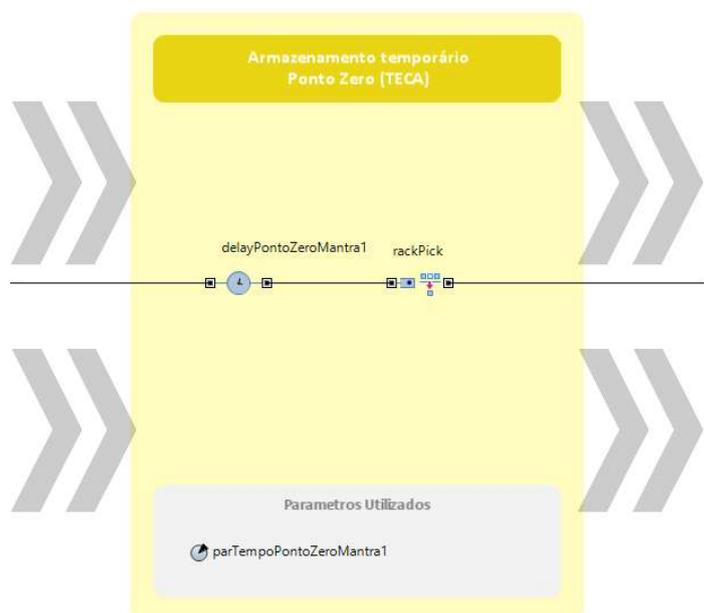


Figura 31: Módulo Armazenamento Temporário Ponto Zero

O próximo módulo, ilustrado pela Figura 31, corresponde ao armazenamento temporário da carga no ponto zero. A carga entra no TECA por meio dos veículos das empresas terceirizadas e é deixada no pátio em um local denominado ponto zero aguardando a ação do terminal de carga. Parte dessa ação está relacionada a algumas verificações da documentação no sistema Mantra. O tempo é identificado pelo parâmetro *parTempoPontoZeroMantra1*.

5.2.6. Módulo Processo de Despaletização

A carga unitizada segue então para o processo de despaletização, mostrado na Figura 32, no qual aguarda um tempo na área de atracação, definido pelo parâmetro *parTempoDespaletizacao*, até que um funcionário do TECA desmonte o palete aeronáutico ou ULD. Nesse momento, ela passa pelo objeto *splitDespaletiza*, em que uma entidade é replicada em diversas outras, contendo as mesmas características e atributos.

Os volumes são pesados, verificados e todas as informações são lançadas nos sistemas utilizados MANTRA/SISCOMEX e TECA Plus. O primeiro conjunto de

sistemas é gerido pela RFB e o segundo pelo próprio TECA. O tempo despendido nessa operação é dado pelo parâmetro *parTempoMantra2*.

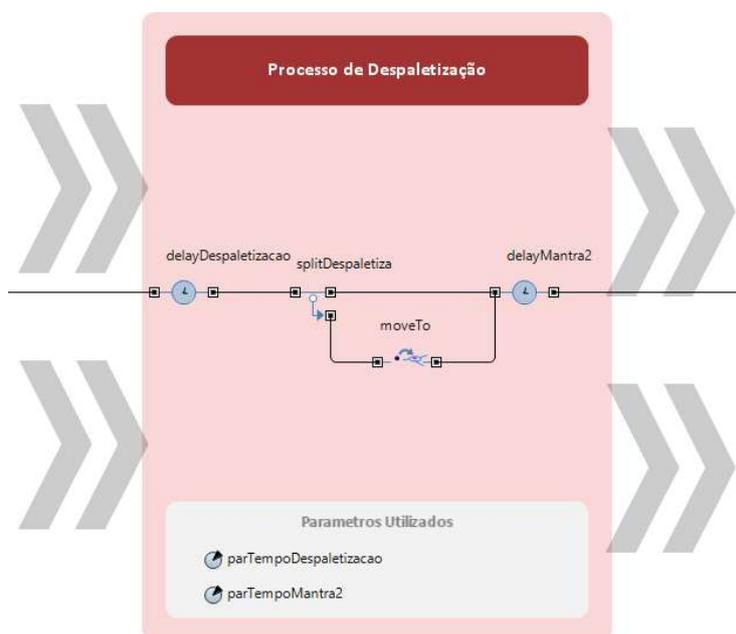


Figura 32: Módulo Processo de Despaletização

5.2.7. Módulo Processo de Atracação

Na sequência, ocorre o processo de atracação da carga, ilustrado na Figura 33. Nessa etapa, a carga, após despaletizada, segue para uma das cinco estações de atracação, onde ocorre a pesagem e a conferência dos volumes. O deslocamento da carga para as estações dá-se por meio dos objetos *moveToAreaAtracacaoIda* e *moveToAreaAtracacaoVolta*.

Na estação, o tempo de processamento é mostrado por *delayAtracacao*. O processo finaliza após o lançamento de todas as informações nos sistemas MANTRA/SISCOMEX e TECA Plus. As informações são aquelas que serão visualizadas futuramente pelo operador aéreo e pela Receita Federal, cabendo ao funcionário do TECA verificar as informações previamente lançadas no sistema em etapas anteriores. Caso haja alguma discrepância de informações, como pesos e avarias, o funcionário do TECA lança tais discrepâncias no sistema. O tempo de todas essas atividades está contabilizado no parâmetro *delayMantra3*.

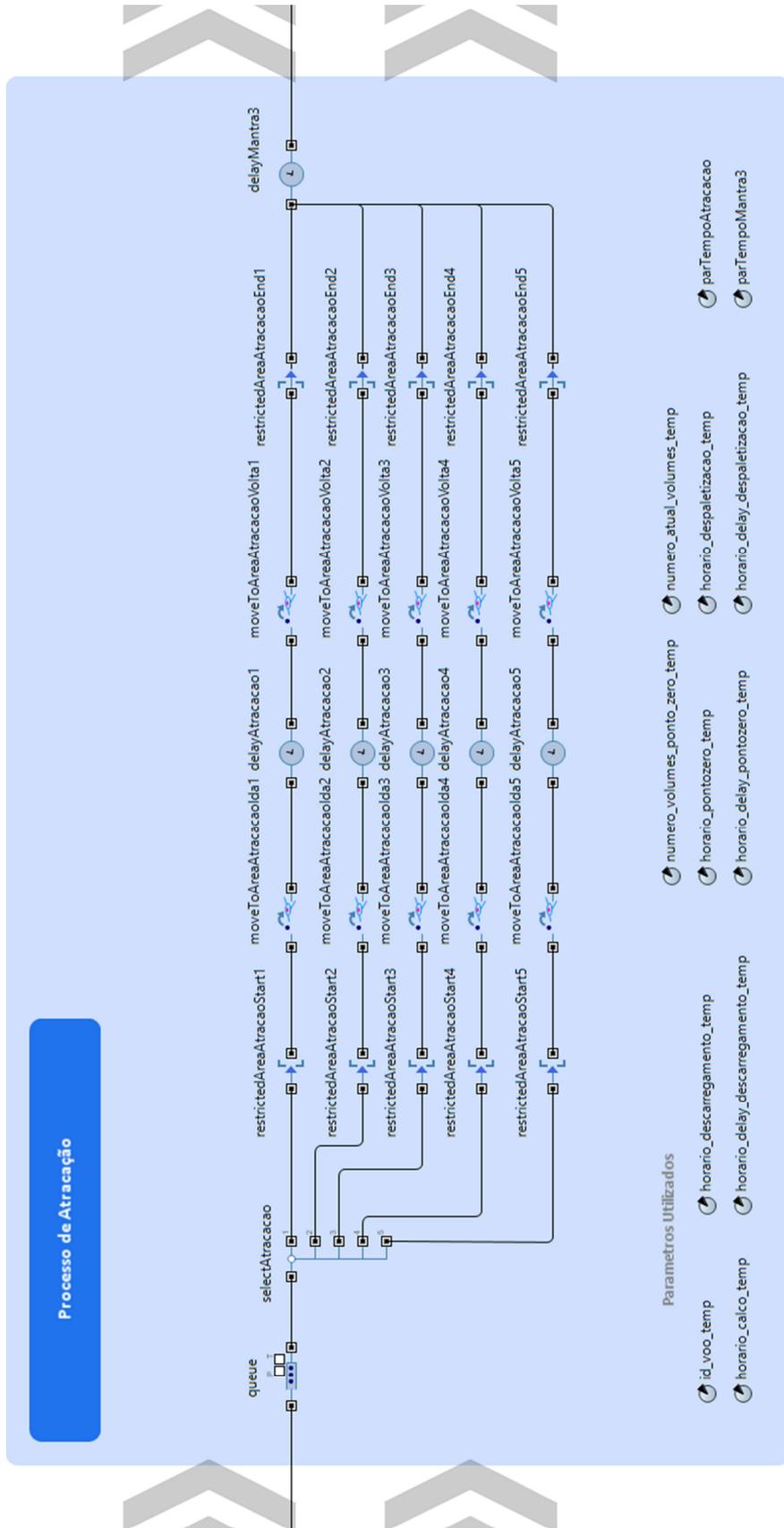


Figura 33: Módulo Processo de Atracação

5.2.8. Módulo Processo de Avaliação

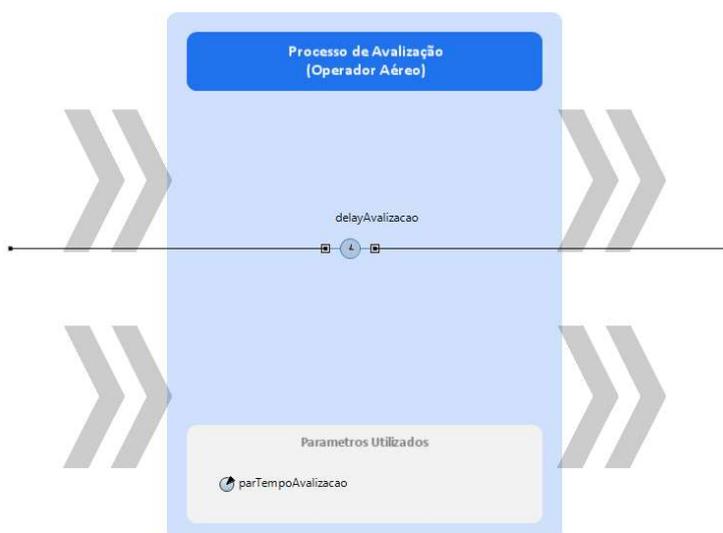


Figura 34: Módulo Processo de Avaliação

A avaliação, ilustrada na Figura 34, consiste em um processo realizado pelo operador aéreo em que é realizada a verificação das informações presentes no sistema MANTRA/SISCOMEX. Normalmente, os operadores aéreos buscam as informações que foram consideradas como discrepantes pelo TECA. Em alguns casos, o funcionário do operador aéreo se desloca ao TECA para confirmar tais discrepâncias. Normalmente, segundo a equipe do TECA, a avaliação ocorre para todos os volumes de um voo, mas isso não necessariamente precisa ocorrer dessa maneira. O tempo despendido nessa atividade é dado pelo parâmetro *parTempoAvalizacao* em conjunto com a espera dada por *delayAvalizacao*.

5.2.9. Módulo Processo de Visado

A etapa de visado, ilustrada na Figura 35, ocorre com o auxílio de dois módulos. O primeiro deles, chamado de “Turnos da Receita Federal”, cria e aciona os turnos da RFB. Esse módulo também é representado na Figura 27 no grupo referente às atividades da RFB. Uma entidade é gerada em *VerificaTurnoRF* e é retida no fluxo até o momento do início de um novo turno da Receita Federal. Ao ser liberada da espera, a entidade segue para o objeto de *finalTurnoRF*. Nesse momento, é dada ordem de um turno da Receita Federal no módulo seguinte, chamado de “Processo de Visado”.

No modelo, todas as entidades do tipo *Volumes* que chegam até o objeto *delayVisado* são retidas até que um novo turno da Receita Federal seja ativado. Nesse

momento, todas as entidades são liberadas simultaneamente para os módulos posteriores. As entidades que chegam ao módulo de Processo de Visado após essa liberação aguardam pela próxima janela de trabalho.

Embora no sistema real a atividade de parametrização ocorra em momento posterior, no modelo construído por este trabalho a atribuição do parâmetro da Receita Federal é previamente feita neste módulo. Ao passar pelo objeto *selectParametrizacao*, a entidade recebe a informação do canal da Receita Federal (verde, amarelo ou vermelho). No sistema real, essa seleção é feita automaticamente pelos sistemas da RFB.

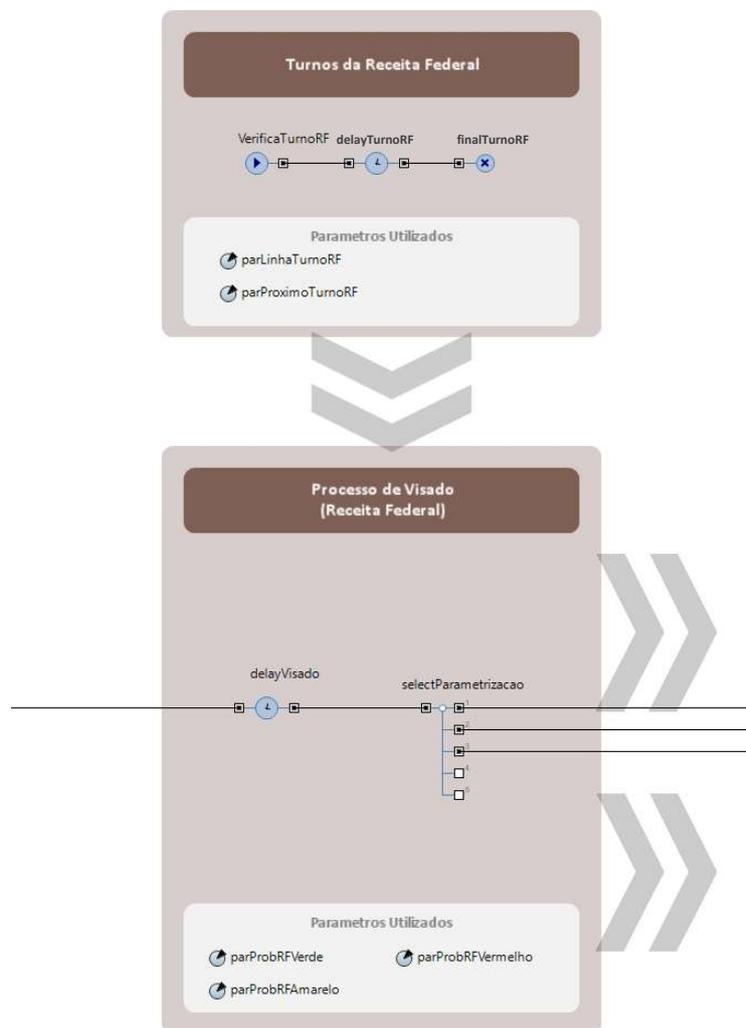


Figura 35: Módulo Processo de Visado

5.2.10. Módulo Prepara Armazenamento

O próximo módulo, ilustrado na Figura 36, dá tratamento para o momento anterior ao armazenamento nas dependências do TECA de importação da RIO Galeão. As

entidades são divididas pelo tipo de armazenagem no objeto *selectTipoArmacenagem*. Nessa etapa, elas podem receber atribuição de armazenagem nos setores, preto, verde ou câmara fria. As probabilidades disso ocorrer seguem os valores dos parâmetros *parProbPreto*, *parProbVerde* e *parProbIce*.

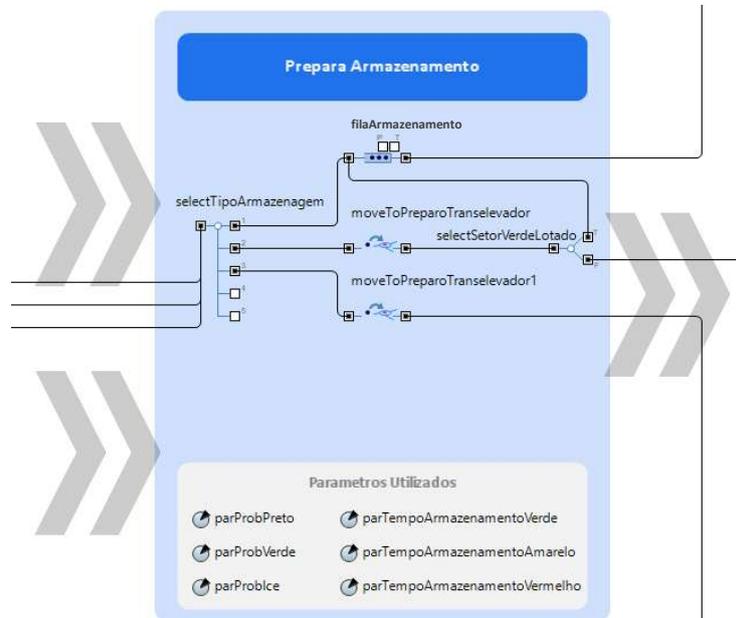


Figura 36: Módulo Prepara Armazenamento

As entidades também recebem o tempo de armazenagem de acordo com os dados da RIO Galeão. Os parâmetros *parTempoArmacenamentoVerde*, *parTempoArmacenamentoAmarelo* e *parTempoArmacenamentoVermelho* indicam os tempos médios de armazenagem dos volumes de acordo com a parametrização da Receita Federal.

As entidades alocadas ao setor verde e à câmara fria são movidas para a entrada dos transelevadores em local específico do terminal. Isso se dá por meio do objeto *moveToPreparoTranselevador*. As entidades alocadas ao setor preto são dispostas em fila para o preparo do armazenagem nesse setor.

O objeto *selectSetorVerdeLotado*, realiza uma verificação em todas as entidades do tipo *Volumes* que são alocadas ao setor verde. Antes das entidades serem armazenadas, o sistema analisa se há espaço suficiente para sua armazenagem nos transelevadores. Caso não haja, os volumes são redirecionados para o setor preto, de armazenagem manual.

5.2.11. Módulo Armazenamento Setor Preto

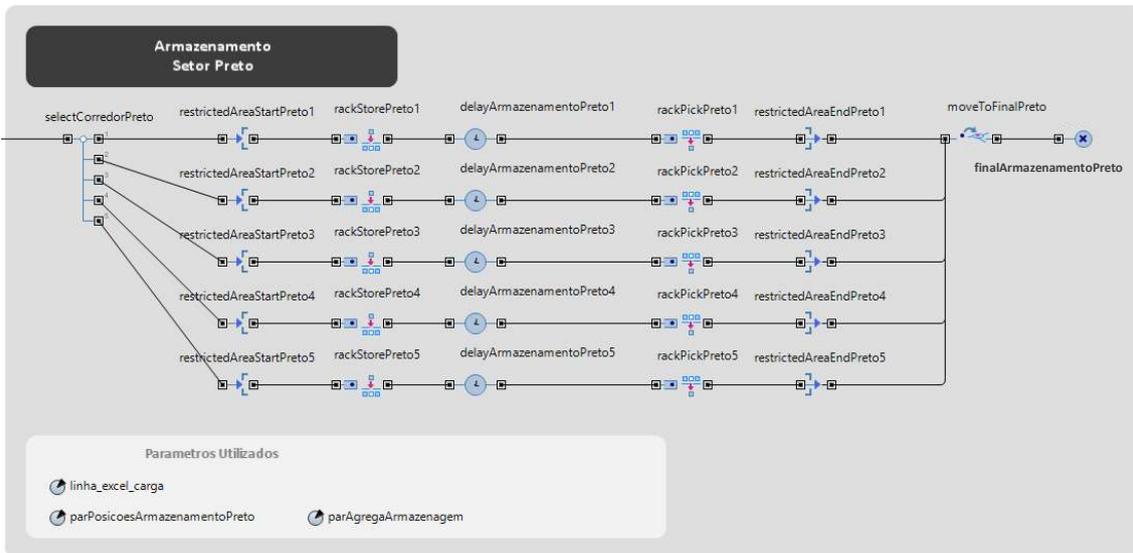


Figura 37: Módulo Armazenamento Setor Preto

O módulo apresentado pela Figura 37 inicia-se com a alocação do objeto em um dos corredores do terminal. Os objetos do tipo *rackStorePreto* deslocam os volumes da área de atracação para a área de armazenagem. Os volumes são agregados na hora de serem inseridos em uma posição do setor.

O objeto *rackPickPreto* indica o início da atividade de *push*. A carga é retirada e movida para as docas por meio do objeto *moveToFinalPreto*.

5.2.12. Módulo Armazenamento Setor Verde

Conforme a representação da Figura 38, o módulo relacionado ao setor verde possui estrutura muito similar àquela apresentada para o módulo relacionado ao setor preto. A única diferença, embora não aparente, é que os objetos do tipo *rackStoreVerde* e *rackPickVerde* efetuam o deslocamento dos volumes por meio de esteiras. Essa foi a forma escolhida para representar os transelevadores.



Figura 38: Módulo Armazenamento Setor Verde

5.2.13. Módulo Armazenamento Câmara Fria

Conforme a representação da Figura 39, o módulo relacionado à câmara fria é exatamente igual ao do setor verde. Porém, a doca relacionada à câmara fria é diferente da doca relacionada ao setor verde.

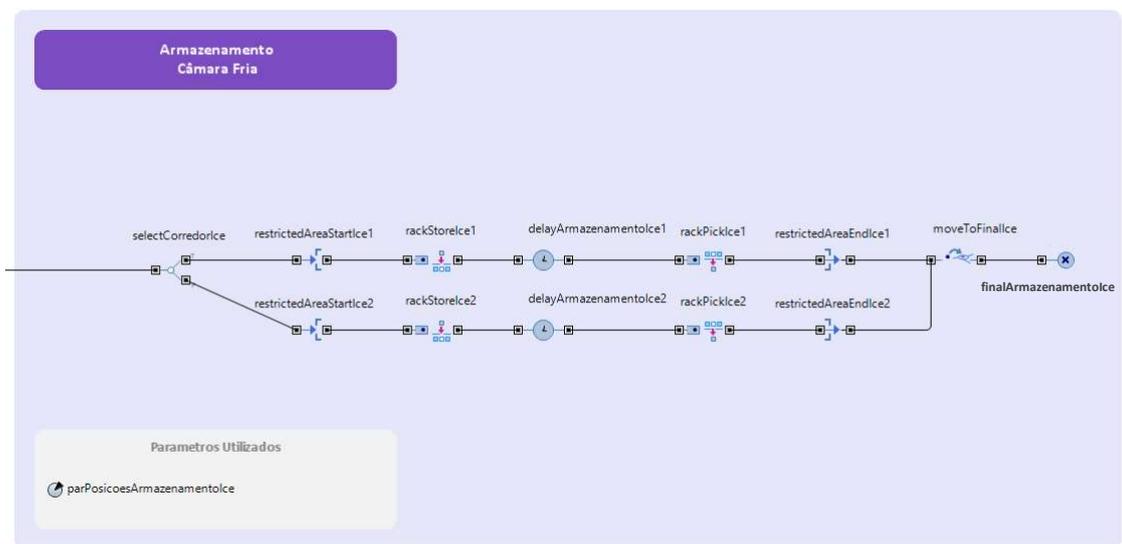


Figura 39: Módulo Armazenamento Câmara Fria

5.3. Obtenção dos dados

Os dados utilizados pelo modelo são provenientes, em maior parte, de medições efetuadas tanto pela RIO Galeão quanto pela Infraero, na época em que era

administradora do terminal. Alguns dados são provenientes de extrações do sistema TECA Plus, outros são provenientes de medições efetuadas *in loco* por pessoas autorizadas e, ainda, há dados provenientes de estudos e manuais técnicos. Dados sobre carregamento e descarregamento de aeronaves foram retirados de BOEING (2015).

O presente trabalho encontrou dificuldades em extrair dados de um mesmo período, visto que as medições dos diferentes tipos de elementos foram realizadas em períodos distintos, embora próximos. Dessa forma, os dados que alimentam os parâmetros e variáveis do modelo são datados de um intervalo entre abril de 2014 e abril de 2015.

Os dados e parâmetros inseridos no modelo encontram-se disponíveis na Tabela 3. Algumas das informações apresentadas possuem variação representada por uma distribuição normal, cuja média e desvio padrão são apresentados junto ao parâmetro ou variável a ser utilizado.

Tabela 3: Parâmetros e dados do modelo de simulação

Descrição	Tipo de objeto	Nome / Parâmetro	Valor	Origem
Velocidade da empilhadeira	<i>Resource Pool</i>	<i>Empilhadeira</i>	10 km/h	Dado coletado durante visitas técnicas
Número de empilhadeiras	<i>Resource Pool</i>	<i>Empilhadeira</i>	24 unidades	Dado fornecido por RIO Galeão
Velocidade veículos de handling	<i>Resource Pool</i>	<i>Handling</i>	20 km/h	Dado coletado durante visitas técnicas
Número de veículos de <i>handling</i>	<i>Resource Pool</i>	<i>Handling</i>	40 unidades	Dado coletado durante visitas técnicas
Velocidade de taxiamento das aeronaves	Agente	<i>AeronavePax</i>	30 km/h	Dado coletado durante visitas técnicas
Capacidade de cada área de rampa	Parâmetro	<i>restrictedAreaEstacionamento</i>	1 aeronave	Parâmetro global
Velocidade de movimentação da carga no transelevador	Agente	<i>Volumes</i>	3 km/h	Dado coletado durante visitas técnicas
Horários de pousos	Parâmetro	<i>horario_pouso</i>	Variável	Tabela pública de HOTRAN – Site: ANAC
Quantidade de volumes de carga em cada voo	Parâmetro	<i>quantidade_carga</i>	Variável Unitizado por 10	Dado fornecido por RIO Galeão
Tempo de descarregamento de aeronaves de passageiros	Parâmetro	<i>parTempoDescarregamentoPax</i>	(45 min + normal (0, 4) / 2)	BOEING (2015)

Tabela 3: Parâmetros e dados do modelo de simulação (continuação)

Descrição	Tipo de objeto	Nome / Parâmetro	Valor	Origem
Tempo de descarregamento de aeronaves de carga	Parâmetro	<i>parTempoDescarregamentoCargo</i>	(80 min + normal (0, 4)) / 2	BOEING (2015)
Tempo de espera da carga na rampa do terminal de passageiros	Parâmetro	<i>parTempoDelayCargaRampaPassageiros</i>	Variável + normal (0, 4)	Dado fornecido por RIO Galeão
Tempo de espera da carga na rampa do terminal de carga	Parâmetro	<i>parTempoDelayCargaRampaCarga</i>	Variável + normal (0, 4)	Dado fornecido por RIO Galeão
Tempo de espera da carga no ponto zero	Parâmetro	<i>parTempoPontoZeroMantra1</i>	Média 7,6 min	Dado fornecido por RIO Galeão
Tempo despendido durante a despaletização da carga (incluindo espera)	Parâmetro	<i>parTempoDespaletizacao</i>	81 min + normal (0, 4)	Dado fornecido por RIO Galeão
Tempo despendido para extração e lançamento de informações no sistemas MANTRA/SISCO MEX e TECA Plus (antes da atracação)	Parâmetro	<i>parTempoMantra2</i>	60 min + normal (0, 3)	Dado fornecido por RIO Galeão
Tempo gasto na atividades de atracação	Parâmetro	<i>parTempoAtracao</i>	64 min + normal (0, 4)	Dado fornecido por RIO Galeão
Tempo despendido para extração e lançamento de informações nos sistemas MANTRA/SISCO MEX e TECA Plus (após atracação)	Parâmetro	<i>parTempoMantra3</i>	19,6 min + normal (0, 3)	Dado fornecido por RIO Galeão
Tempo gasto na atividades de avaliação	Parâmetro	<i>parTempoAvalizacao</i>	650 min + normal (0, 4)	Dado fornecido por RIO Galeão
Probabilidade de uma carga ser parametrizada no canal verde	Parâmetro	<i>parProbRFVerde</i>	94%	TOZI (2010)
Probabilidade de uma carga ser parametrizada no canal amarelo	Parâmetro	<i>parProbRFAmarelo</i>	5%	TOZI (2010)
Probabilidade de uma carga ser parametrizada no canal vermelho	Parâmetro	<i>parProbRFVermelho</i>	1%	TOZI (2010)

Tabela 3: Parâmetros e dados do modelo de simulação (continuação)

Descrição	Tipo de objeto	Nome / Parâmetro	Valor	Origem
Probabilidade de uma carga ser armazenada no setor preto	Parâmetro	<i>parProbPreto</i>	25%	Dado fornecido por RIO Galeão
Probabilidade de uma carga ser armazenada no setor verde	Parâmetro	<i>parProbVerde</i>	45%	Dado fornecido por RIO Galeão
Probabilidade de uma carga ser armazenada na câmara fria	Parâmetro	<i>parProbIce</i>	30%	Dado fornecido por RIO Galeão
Tempo médio de armazenamento de uma carga parametrizada como canal verde	Parâmetro	<i>parTempoArmazenamentoVerde</i>	2930 min	Dado fornecido por RIO Galeão
Tempo médio de armazenamento de uma carga parametrizada como canal amarelo	Parâmetro	<i>parTempoArmazenamentoAmar</i> <i>elo</i>	7620 min	Dado fornecido por RIO Galeão
Tempo médio de armazenamento de uma carga parametrizada como canal vermelho	Parâmetro	<i>parTempoArmazenamentoVerm</i> <i>elho</i>	100040 min	Dado fornecido por RIO Galeão
Número de posições de armazenamento no setor preto	Parâmetro	<i>parPosicoesArmazenamentoPre</i> <i>to</i>	10000	Dado fornecido por RIO Galeão
Número de posições de armazenamento no setor verde	Parâmetro	<i>parPosicoesArmazenamentoVer</i> <i>de</i>	2600	Dado fornecido por RIO Galeão
Número de posições de armazenamento na câmara fria	Parâmetro	<i>parPosicoesArmazenamentoIce</i>	1380	Dado fornecido por RIO Galeão

5.4. Validação do modelo

Após a inserção dos dados mencionados, o modelo de simulação computacional precisa ser validado. Dessa forma, o modelo foi executado, gerando resultados preliminares. Optou-se pela exportação dos dados em planilha para que se pudesse manuseá-los com maior flexibilidade. Os resultados dessa execução preliminar são usados para validar o modelo, ou seja, para verificar se o mesmo se encontra adequado à situação real do TECA da RIO Galeão.

Foram extraídos dados como tempos despendidos em cada uma das etapas e quantidade de volumes no sistema, os quais são descritos a seguir:

5.4.1. Tempos das diferentes etapas

Foram extraídas as durações de cada uma das etapas. A Tabela 4 exibe cada um dos tempos a que se chegou nos resultados da execução do modelo. As linhas em cor cinza representam somatórios de tempos, por exemplo, o tempo de encerramento, que compreende o somatório de todos os tempos computados nas atividades realizadas até então, foi de 6,5 horas. As demais linhas da tabela representam as durações efetivamente registradas na etapa.

A análise dos dados destaca dois tempos importantes. O primeiro deles é o encerramento de voo, que significa o tempo gasto desde o calço da aeronave, ou seja, o momento em que esta chega à posição de estacionamento e possui seu conjunto de pneus imobilizado, até o processamento da última atividade sob a responsabilidade do terminal de cargas, no início do armazenamento. Sendo assim, o encerramento de voo foi de aproximadamente 6,5 horas.

Destaca-se que a norma da Receita Federal (RFB, 1994) obriga que o encerramento ocorra em tempo inferior a 12 horas, que podem em casos extraordinários serem estendidas por mais 12 horas.

O segundo tempo é o de liberação da carga, ou seja, o tempo em que a carga passa por todo o fluxo operacional e é liberada por todos os órgãos envolvidos em seu processamento. Após esse momento, a responsabilidade seria do representante do importador em solicitar a movimentação dessa carga para sua retirada, ou seja, o *push*. Verifica-se que o tempo de liberação foi de aproximadamente 77,3 horas.

A Figura 40 mostra a representatividade dos tempos no processo de importação da carga. Observa-se que o tempo de armazenagem é o mais longo, sendo responsável por mais de 52 horas do processo.

Durante as visitas técnicas, os responsáveis do terminal de cargas informaram que a maior parte desse tempo é consumida pelas atividades de relacionadas ao registro da Declaração de Importação (DI) e sua respectiva vinculação. A DI, é um documento preenchido pelo representante legal do importador, que informa as características da importação, tais como os nomes dos importadores, as transportadoras utilizadas, os impostos devidos e suas alíquotas, dentre outros dados solicitados pela Instrução Normativa SRF nº 680, de 02 de outubro de 2006. A atividade de vinculação da DI é a alocação da mesma a uma determina carga, evitando que um mesmo documento seja alocado a mais de uma carga.

Tabela 4: Resultados – modelo inicial

Atividade	Minutos	Horas	Responsável
Descarregamento da aeronave	24,3	0,4	HANDLING
Atraso do <i>handling</i>	58,3	1,0	HANDLING
Deslocamento ao ponto zero	31,7	0,5	HANDLING
Tempo total <i>handling</i>	114,3	1,9	HANDLING
Aguardo no ponto zero	7,6	0,1	TECA
Deslocamento para atracação	34,9	0,6	TECA
Tempo total até atracação	156,8	2,6	TECA
Despaletização	81,0	1,4	TECA
Inserção de dados e verificação de sistemas 1	60,0	1,0	TECA
Atracação	71,6	1,2	TECA
Inserção de dados e verificação de sistemas 2	19,6	0,3	TECA
Encerramento	389,1	6,5	MISTO
Avalização	649,6	10,8	OPERADOR AÉREO
Espera turno da Receita Federal	415,9	6,9	RECEITA FEDERAL
Tempo total até armazenamento	1454,5	24,2	MISTO
Deslocamento para armazenamento	16,1	0,3	TECA
Armazenagem	3168,3	52,8	MISTO
Liberação	4635,9	77,3	MISTO

O problema relatado refere-se em parte a erros de preenchimento e documentação incompleta entregue pelos representantes dos importadores. Nesse caso, são realizadas várias iterações de entrega de informações até a liberação da carga, o que consome tempo.

Ao observar os resultados, nota-se ainda que é despendida mais de 1 hora com inserções de dados em sistemas. Isso corresponde a 20% do tempo de encerramento de voo.

TCU (2006) realizou auditoria com foco na área de sistemas na empresa que administrava o TECA da RIO Galeão. O relatório da auditoria destacou problemas de integração entre o sistema MANTRA/SISCOMEX e o TECA Plus. Segundo o documento, havia a necessidade de digitar no TECA Plus, muitas informações que já estavam presentes nos sistemas da RFB. Além do tempo despendido com essa atividade, por a mesma ser manual, está suscetível a erros que acabam por gerar maior tempo de liberação de cargas.

O relatório ainda apontou que os gestores do sistema TECA Plus afirmaram que havia integração insuficiente com o MANTRA/SISCOMEX. As transferências de informações entre os dois sistemas ocorrem em maior parte no processo de recebimento

da carga. Isso acontece por meio de um arquivo de entrada que é gerado nos sistemas da RFB e importado no sistema do TECA. Destaca-se que esse método não ocorre automaticamente. Isso faz com que os tempos de uso e de processamento por parte dos sistemas seja elevado. Um sistema integrado seria capaz de efetuar as trocas de informação maneira mais eficiente, com menos interface humana.

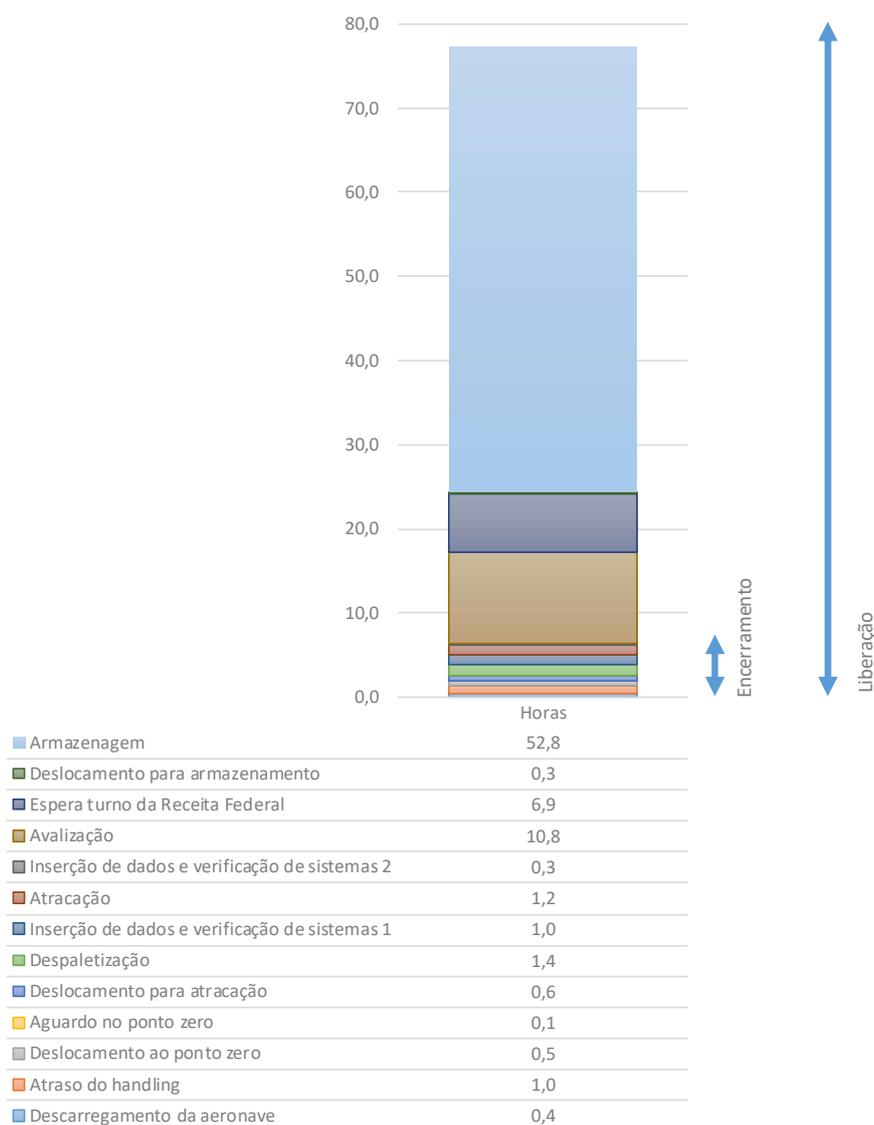


Figura 40: Distribuição de tempos – modelo inicial

Outros aeroportos concedidos à iniciativa privada, como, por exemplo, o Aeroporto Internacional de Guarulhos, já realizaram a migração para sistemas mais modernos. No caso do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro, optou-se por manter o mesmo sistema com a justificativa de que não seria prudente realizar uma migração em período de preparação para as Olimpíadas de 2016.

Por fim, outro dado que chama atenção é o tempo utilizado pelas empresas terceirizadas de manuseio da carga para entregá-la no ponto zero. O resultado mostra que o tempo entre o final do descarregamento da aeronave e chegada no ponto zero foi de 1 hora e meia, o que corresponde a aproximadamente 23% do tempo de encerramento de voo.

Isso ocorre por dois motivos. O primeiro deles é a distância de 7 km entre o terminal de passageiros e o de cargas, em que os veículos somente podem trafegar no máximo a 20 km/h. O segundo é a prioridade dada ao desembarque das bagagens dos passageiros, que acaba deixando a carga em solo por mais tempo.

5.4.2. Parametrização e turnos da Receita Federal

Após análise dos resultados do modelo, foi identificada uma situação referente ao processamento das entidades nos módulos relacionados à Receita Federal. A atividade de visado é a primeira realizada por aquele órgão. Ela apenas ocorre em turnos pré-determinados. Os turnos utilizados na simulação foram apenas dois: o de início às 10h 30min e o de início às 16h 30min.

Forma-se uma espera de volumes de carga até que horário do turno seja aberto. Caso um volume não seja capaz de chegar a essa etapa antes do horário de início do turno, ele será processado apenas no próximo turno. Ou seja, aguardará 6 horas, caso ainda haja turno no mesmo dia, ou esperará 18 horas, caso não haja mais turnos no mesmo dia. Dessa forma, quanto mais rápido for o processamento da carga no momento inicial, mais rápido ela chegará à etapa de visado e mais chances ela possui de ser processada no mesmo turno.

Uma possível solução para a problemática apontada seria o fim dos turnos da Receita Federal e o trabalho em escala de 24 horas. Entretanto, o presente trabalho possui foco nas atividades executadas pelo TECA da Rio Galeão e pelas empresas terceirizadas de *handling*.

Os resultados apontados na Figura 41 mostram que a maior parte das cargas não chega a ser processada nem no mesmo turno (valor zero) nem no turno seguinte (valor um), mas sim dois turnos após (valor dois). A diferença entre turnos é calculada subtraindo-se o turno em que o volume foi descarregado da aeronave e o turno em que ele é efetivamente processado. Uma diferença de valor zero, por exemplo, indica que o volume chegou, foi rapidamente trazido para o TECA e processado dentro do turno da

RFB que já estava em andamento, não precisando aguardar muito tempo para ser armazenado.

Em visita técnica nas dependências do terminal, o problema foi levantado e os responsáveis mencionaram que o aeroporto trabalha visando encerrar os voos da madrugada o quanto antes, para que seja possível que os volumes recebidos sejam atendidos no primeiro turno do dia. Entretanto, nem sempre há tempo hábil para isso.

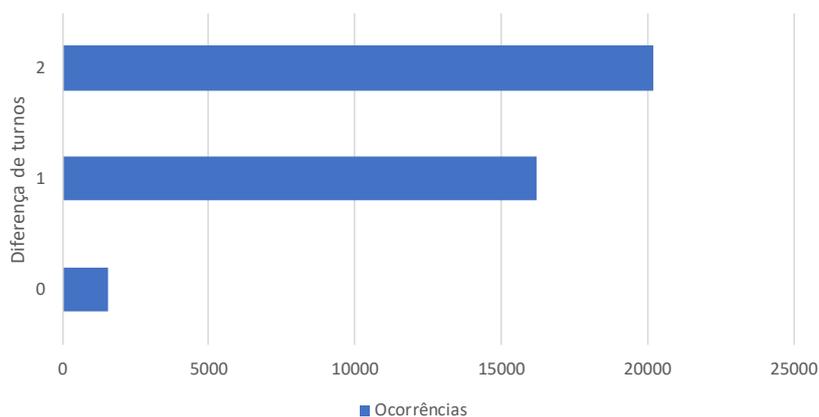


Figura 41: Diferença de turnos entre a chegada do volume o atendimento pela Receita Federal – modelo inicial

5.4.3. Quantidade de volumes no sistema

Os dados do modelo mostraram a subutilização dos armazéns. Diferentemente de outros terminais de carga de importação, o TECA de importação da RIO Galeão possui capacidade para processar toda carga que for recebida.

O modelo mostrou uma média de 4.962 volumes circulando simultaneamente na operação durante o período da simulação. Essa média foi calculada eliminando-se os três primeiros dias da execução do modelo (período de aquecimento), dado que o mesmo se inicia com todos os armazéns vazios, somente atingindo a normalidade no quarto dia. A variação da quantidade de volumes circulando pelo sistema pode ser vista na Figura 42.

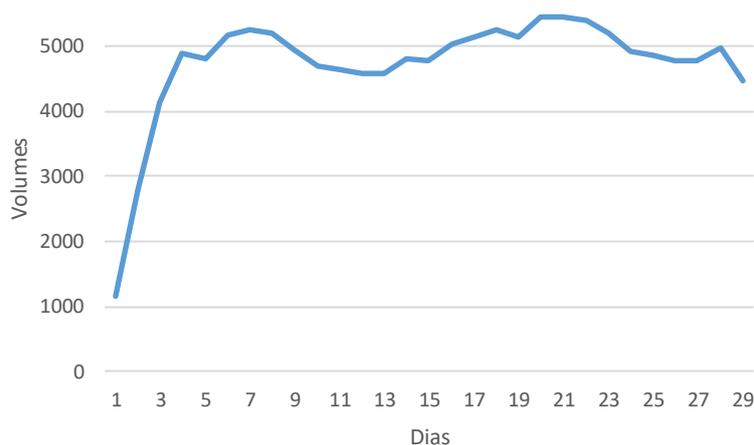


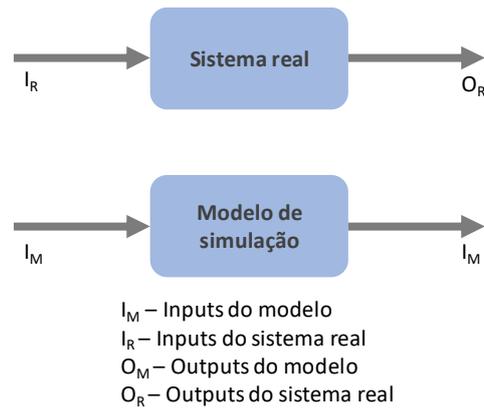
Figura 42: Quantidade de volumes simultaneamente no sistema – modelo inicial

Deve-se destacar que o movimento de carga nos aeroportos brasileiros teve redução no período em que foi realizado o presente trabalho. Segundo o relatório CNT (2016), 75% dos operadores consultados perceberam redução considerável no transporte de carga aérea devido à crise. Por fim, os resultados do modelo proposto apontaram que no período de um mês circularam pelo terminal 42.740 volumes de carga.

5.4.4. Conclusão da validação

ROBINSON (1997), em seu trabalho sobre a verificação e validação de modelos de simulação, utilizou a metodologia que chamou de “V & V” (verificação e validação), comprovando que não existe validação absoluta de um modelo de simulação. Nessa metodologia, não se busca comprovar se um modelo está correto, mas sim se o mesmo está incorreto. Caso não se consiga comprovar os erros do modelo, então supõe-se que o mesmo está validado.

O mesmo autor descreve vários diferentes métodos de validação de modelos de simulação. O presente trabalho utilizou-se do método em “caixa preta”, representado na Figura 43. Nesse tipo de validação, é levado em consideração o comportamento geral do modelo. ROBINSON (1997), em seu artigo, afirma que se um modelo é executado com as mesmas condições (entradas) do sistema do mundo real, as saídas devem ser suficientemente similares.



H_0 : Se $I_M = I_R$, então $O_M = O_R$

Figura 43: Validação em caixa preta

Fonte: ROBINSON (1997, tradução nossa)

Dessa forma, a validação proposta nesse trabalho utiliza-se dos valores dos indicadores coletados com a administração do terminal de carga, comparando-se com os resultados obtidos pelos modelos. A Tabela 5 mostra essa comparação.

Tabela 5: Validação do modelo

	Sistema real	Modelo	Variação	
Tempo médio de encerramento de voo	6,4 horas	6,5 horas	+ 1,56%	+ 6 minutos
Tempo médio de liberação da carga	76,7 horas	77,3 horas	+ 0,78%	+ 36 minutos
Quantidade de volumes importados	42.458 volumes	42.740 volumes	+ 0,66%	+ 282 volumes

Nota-se, então, a semelhança dos dados de saída do modelo com os do sistema real, o que conclui com sucesso a validação do modelo em método “V & V por caixa preta”.

5.5. Considerações finais

O presente capítulo descreveu a elaboração do modelo de simulação do TECA de importação da RIO Galeão. Foram mostradas as premissas utilizadas dentro do modelo a ser executado pelo *software* Anylogic 7. As etapas do modelo foram descritas, mostrando como é o fluxo das entidades (aeronaves e volumes de carga) ao longo do processo estudado. Foram mostrados ainda os dados e parâmetros inseridos para simular a situação real.

Após a elaboração do modelo, o mesmo foi validado pelo método “V & V por caixa preta”, ou seja, foi feita uma comparação entre as entradas e saídas da situação real

e aquela simulada para mostrar se há compatibilidade. A conclusão é que o modelo está adequado para simular o tipo de operação realizada no TECA de importação da RIO Galeão.

Ao longo da execução preliminar do modelo, percebeu-se possíveis pontos de melhoria no traslado da carga entre o terminal de passageiros e o ponto zero, na interface dos sistemas MANTRA/SISCOMEX e TECA Plus e nas atividades de parametrização da RFB. Sendo assim, o próximo capítulo avalia diferentes cenários para verificar o impacto de mudanças na operação e a situação da operação frente ao crescimento da demanda no futuro.

6. CENÁRIOS PROPOSTOS

A análise dos resultados da simulação preliminar descrita no Capítulo 5, mostrou alguns problemas na importação do TECA de importação da RIO Galeão. Este capítulo objetiva a criação de três cenários para verificar o comportamento do modelo e a reação do terminal de cargas perante uma situação diferente da atual.

6.1. Cenário 1: Situação atual da importação de carga com melhorias implementadas

O Cenário 1 aplica algumas mudanças à operação atual. A primeira delas é o uso de um novo sistema de gerenciamento das cargas. A estimativa de melhoria com o uso desse sistema seria a redução em 70% nos tempos despendidos para o preenchimento de dados. Esse dado foi obtido por meio de entrevistas com os responsáveis pelo TECA do Aeroporto Internacional de Guarulhos, que verificaram redução similar na migração para um novo sistema.

A outra melhoria seria em relação ao transporte das cargas desde o terminal de passageiros até o TECA de importação da RIO Galeão. Nessa situação, seria construída uma nova via de acesso, que passaria pelo lado oposto à atual via dentro do sítio aeroportuário. Atualmente, os veículos das empresas terceirizadas de manuseio da carga devem circular por uma via de acesso que circunda grande parte do aeródromo. É possível construir uma nova via pelo outro lado do aeródromo. A nova via de acesso contornaria a cabeceira de pousos e decolagens pelo lado oposto. Isso encurtaria o transporte de uma distância de 7,5 km para uma distância de aproximadamente 3,5 km, ou seja, haveria uma redução de aproximadamente 50% da distância percorrida. A Figura 44 ilustra a via antiga e a nova proposta de rota.

Grande parte dessa via encontra-se construída, incluindo o trecho que cruza a cabeceira da pista de pousos e decolagens (cabeceira 33). Um aspecto importante avaliado no momento da proposta desse cenário foi o impacto da passagem de veículos tanto na cabeceira quanto nas áreas adjacentes a ela. Nesse sentido, ANAC (2012) define a Área de Segurança de Fim de Pista (*Runway End Safety Area - RESA*). Como sendo a “área simétrica ao longo do prolongamento do eixo da pista de pouso e decolagem e adjacente ao fim da faixa de pista”. O objetivo de uma RESA é garantir a segurança das operações. As distâncias de RESA da via utilizada atualmente pelos veículos ultrapassam os 200 metros, valor superior ao mínimo de 90m definido por ANAC (2012). Na nova proposta

de via de acesso, essa distância permanece idêntica no cruzamento com a cabeceira, garantindo que não haverá impacto operacional. A distância lateral, tanto das pistas de pouso e decolagem com das pistas de taxiamento mantêm-se dentro da regulamentação definida por ANAC (2012).

É importante ressaltar que essa rota mais curta passa nas proximidades de uma área militar. Para que seja posta em prática, a medida careceria de aprovação da Aeronáutica. Além disso, seriam firmados novos acordos de níveis de serviço com as empresas terceirizadas de rampa, de modo a reduzir em 60% o tempo da espera da carga na rampa de passageiros, atividade que não agrega valor ao fluxo da mesma. Esse dado foi obtido por meio de entrevistas com os responsáveis pelo TECA do Aeroporto Internacional de Viracopos, que estudam maneiras de reduzir o tempo de espera da carga sob a gestão das empresas terceirizadas.



Figura 44: Vias auxiliares de circulação do aeródromo

6.1.1. Resultados

Os resultados da execução do Cenário 1 mostraram-se positivos. Foram processados 42.857 volumes de carga no período de um mês. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra que a média foi de 3.570 volumes simultaneamente

no sistema ao longo do período, desconsiderando-se os 3 primeiros dias do modelo (tempo de aquecimento). Isso representa uma diminuição de 28% em relação à operação atual. Essa redução melhora a gestão do TECA, visto que há menor número de volumes sendo gerenciados simultaneamente. Adicionalmente, também mostra que os volumes estão circulando de forma mais rápida, sendo armazenados por menos tempo.

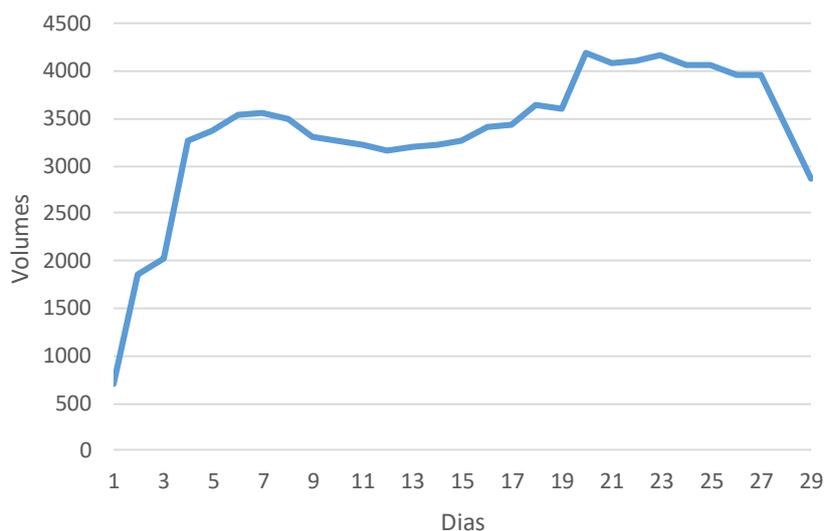


Figura 45: Quantidade de volumes simultaneamente no sistema – Cenário 1

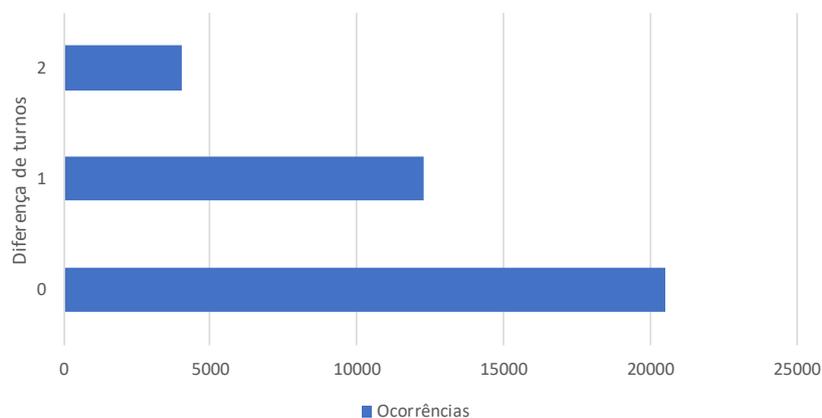


Figura 46: Diferença de turnos entre a chegada do volume o atendimento pela Receita Federal – Cenário 1

Outro dado extraído veio do processo de visado da Receita Federal. Comparando-se com a operação atual do TECA da RIO Galeão, nota-se uma concentração das diferenças de turno em zero e um, conforme pode ser visto na **Erro! Fonte de referência não encontrada..** Anteriormente, havia maior quantidade de volumes sendo processados

com um ou dois turnos de diferença. Isso significa que a maior parte das cargas estão sendo processadas em até um turno.

Uma análise mais aprofundada, contando inclusive com o auxílio visual da animação da simulação, mostra que os tempos anteriores ao encerramento foram reduzidos. Isso faz com que a carga chegue mais rapidamente ao TECA de importação da RIO Galeão, abrindo maiores chances de ocorrer processamento no turno atual ou no próximo turno de trabalho da RFB.

A Tabela 6 mostra as reduções no tempo relacionado ao preenchimento e verificação de dados em sistemas e também no tempo total de *handling*, que se tornou menor após a construção de nova via para encurtar as distâncias e após o acordo de nível de serviço com as empresas terceirizadas.

Tabela 6: Resultados – Cenário 1

Atividade	Horas	Responsável
Descarregamento da aeronave	0,4	HANDLING
Atraso do <i>handling</i>	0,3	HANDLING
Deslocamento ao ponto zero	0,3	HANDLING
Tempo total <i>handling</i>	1,0	HANDLING
Aguardo no ponto zero	0,1	TECA
Deslocamento para atracação	0,7	TECA
Tempo total até atracação	1,8	TECA
Despaletização	1,4	TECA
Inserção de dados e verificação de sistemas 1	0,3	TECA
Atracação	1,0	TECA
Inserção de dados e verificação de sistemas 2	0,1	TECA
Encerramento	4,8	MISTO
Avalização	10,6	OPERADOR AÉREO
Espera turno da Receita Federal	4,1	RECEITA FEDERAL
Tempo total até armazenamento	19,3	MISTO
Deslocamento para armazenamento	0,3	TECA
Armazenagem	51,7	MISTO
Liberação	71,6	MISTO

6.2. Cenário 2: Situação futura da importação de carga (ano base 2024) sem melhorias implementadas

O segundo cenário de execução baseia-se em BOEING (2014) que prevê um crescimento de 4,1% a.a. até 2033. Dessa forma, optou-se por executar uma simulação do

TECA no ano de 2024, ou seja, 10 anos após o modelo real. Isso implica no recebimento de 49% a mais no número de volumes de carga. Essa simulação levou em consideração os voos já existentes. Sendo assim, tais voos chegariam portando mais carga. No mundo real, isso pode ocorrer, por exemplo, por meio da troca da aeronave por outra que permita o transporte de maior quantidade de carga.

Todos os outros parâmetros permanecem inalterados no modelo, ou seja, o cenário prevê a falta de investimentos que visem o aumento da capacidade no setor, dado que o modelo inicial apontou baixa utilização do terminal.

6.2.1. Resultados

Ao longo da execução do Cenário 2, a animação do modelo mostrou claramente que, conforme a carga chegava ao TECA, ela se acumulava no processo de atracação, que não teve capacidade suficiente de processar os volumes que chegavam com apenas cinco postos de atendimento. Isso ocorreu não somente pela quantidade baixa de postos de serviço, mas também porque os volumes chegam em maior número simultaneamente, causando filas.

Os resultados da execução mostraram ainda que a quantidade de volumes simultaneamente no sistema ultrapassou 10.000 em dado instante de tempo ao longo da execução. Ressalta-se que a capacidade de armazenamento do terminal é de 13.780 posições individuais. Portanto, o terminal foi capaz de suportar um acréscimo de 49% no número de volumes importados. Verificou-se que isso ocorreu de forma individualizada nos setores preto, verde e na câmara fria, não tendo em nenhum desses ultrapassado a capacidade ao longo do período simulado. A Figura 47 ilustra a quantidade de volumes circulando pela operação ao longo do tempo.

Os resultados da simulação mostram que 63.450 volumes circularam pelo cenário em um período de um mês de simulação. Comparando-se a situação da operação atual com o Cenário 2, com relação às atividades da Receita Federal, tem-se que, devido à formação de filas nas etapas anteriores, grande parte das cargas não conseguiu chegar à etapa de visado no mesmo turno em que chegaram ao aeroporto. A diferença na quantidade de turnos foi, inclusive, bastante alta, o que deixou grande quantidade de cargas em espera na área de atracação.

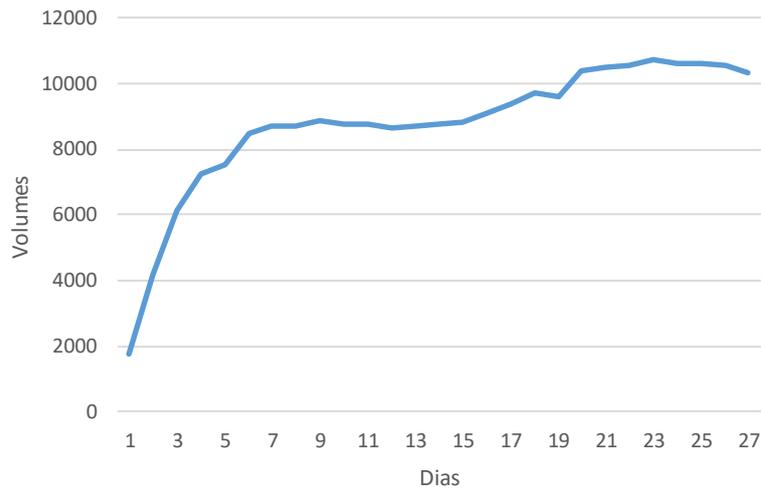


Figura 47: Quantidade de volumes simultaneamente no sistema – Cenário 2

A Figura 48 mostra as diferenças de turnos entre a chegada da carga ao aeroporto e o início de seu respectivo tratamento pela Receita Federal. Em uma situação ideal a carga seria tratada com diferença de turnos igual a zero, ou seja, chegaria ao aeroporto e seria rapidamente processada, de forma a ser incluída no próximo turno da Receita Federal.

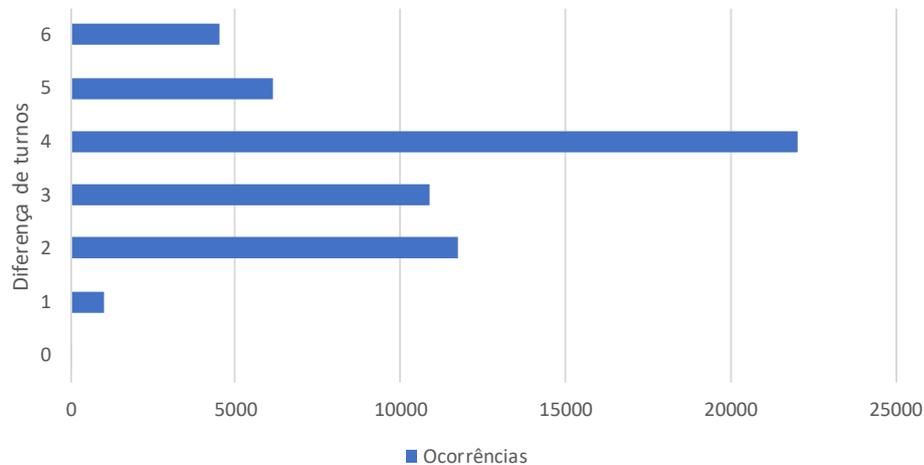


Figura 48: Diferença de turnos entre a chegada do volume o atendimento pela Receita Federal – Cenário 2

Por fim, são mostrados os resultados referentes aos tempos de processamento em cada uma das etapas de operação. Destaca-se que, conforme mostra a Tabela 7, o tempo de encerramento subiu de 6,5 horas no modelo inicial para 25,6 horas no Cenário 2. RFB (1994) preconiza o seguinte em sua Instrução Normativa:

Art. 14. O armazenamento de carga e o seu correspondente registro no Sistema deverão estar concluídos no prazo de doze horas após a chegada do veículo transportador.

§ 1º O prazo a que se refere este artigo poderá ser alterado, em casos excepcionais, a critério do Chefe da unidade local da SRF, não podendo exceder a vinte e quatro horas.

Sendo assim, caso a situação simulada viesse a se concretizar, o terminal de cargas estaria cometendo uma infração. De acordo com a Tabela 7, o tempo final de liberação da carga subiu para quase 96 horas. Isso faz com que a importação se torne ainda mais demorada. TOZI et al. (2010) conclui em seu trabalho que o fator mais importante notado na prestação de serviços de um terminal de carga no Brasil é o tempo, antes mesmo dos custos de armazenagem. Os autores verificaram que os clientes preferem pagar mais caro para ter uma liberação mais rápida.

Tabela 7: Resultados – Cenário 2

Atividade	Horas	Responsável
Descarregamento da aeronave	0,4	HANDLING
Atraso do <i>handling</i>	1,0	HANDLING
Deslocamento ao ponto zero	0,6	HANDLING
Tempo total <i>handling</i>	1,9	HANDLING
Aguardo no ponto zero	0,1	TECA
Deslocamento para atracação	0,7	TECA
Tempo total até atracação	2,8	TECA
Despaletização	1,4	TECA
Inserção de dados e verificação de sistemas 1	1,0	TECA
Atracação	20,1	TECA
Inserção de dados e verificação de sistemas 2	0,3	TECA
Encerramento	25,6	MISTO
Avalização	10,8	OPERADOR AÉREO
Espera turno da Receita Federal	7,4	RECEITA FEDERAL
Tempo total até armazenamento	43,8	MISTO
Deslocamento para armazenamento	0,3	TECA
Armazenagem	51,8	MISTO
Liberação	95,9	MISTO

Portanto, conclui-se que no Cenário 2 houve formação de gargalo na atividade de atracação da carga. Esse caso torna-se uma situação inaceitável, tanto do ponto de vista do não atendimento à regulamentação, quanto em relação à qualidade do serviço prestado.

Isso garante que são necessárias mudanças para suportar a variação de demanda no TECA de importação da RIO Galeão.

6.3. Cenário 3: Situação futura da importação de carga (ano base 2024) com melhorias implementadas

O Cenário 3 aplica as mesmas mudanças já testadas no Cenário 1, executando-se uma simulação para o ano de 2024, conforme ocorreu para o Cenário 2. Adicionalmente, na execução do Cenário 2, ficou clara a formação de um gargalo nas atividades relacionadas à atracação da carga. Portanto, no Cenário 3, propõe-se, também, adicionar mais dois postos de trabalho nesta atividade, de maneira a entender o comportamento do sistema. O número de dois postos corresponde à possibilidade de utilizar a mesma área física já existente sem que haja a mudança de *layout* da área de atracação. Durante as visitas técnicas, foi possível averiguar a possibilidade do acréscimo de mais dois postos de trabalho.

6.3.1. Resultados

Os resultados da execução do Cenário 3 mostraram-se positivos. Foram processados 63.780 volumes de carga no período de um mês. A Figura 49 mostra que a média foi de 7.496 volumes simultaneamente no sistema ao longo do período, desconsiderando-se os 3 primeiros dias do modelo (tempo de aquecimento). Isso representa uma diminuição de 27,6% em relação ao Cenário 2. Essa redução melhora a gestão do TECA, visto que há menos volumes a serem gerenciados simultaneamente. Além disso, também mostra que os volumes estão circulando de forma mais rápida, sendo armazenados por menos tempo.

Outro dado importante veio do processo de visado da Receita Federal. Comparando-se com o Cenário 2, em que chegou a haver diferença de seis turnos entre a chegada de um volume no aeroporto e o início de seu processamento pela RFB, no Cenário 3, essa diferença teve considerável queda. Mais do que isso, nota-se uma concentração das diferenças de turno em zero e um. Isso significa que a maior parte das cargas estão sendo processadas em até um turno após a chegada.

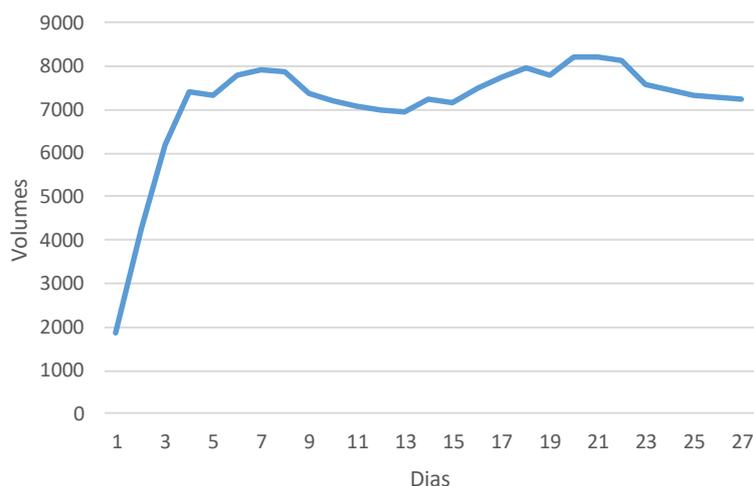


Figura 49: Quantidade de volumes simultaneamente no sistema – Cenário 3

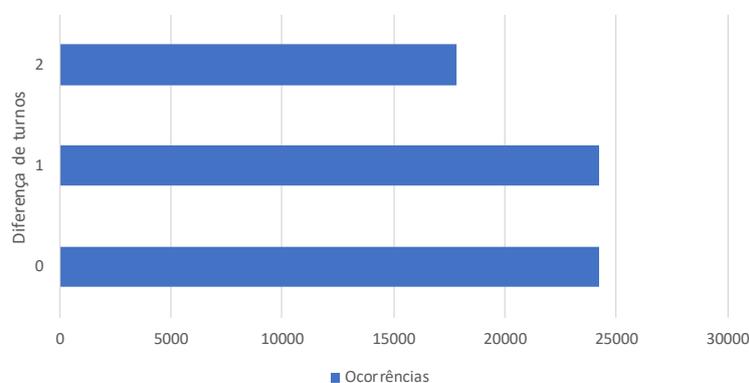


Figura 50: Diferença de turnos entre a chegada do volume o atendimento pela Receita Federal – Cenário 3

Uma análise mais aprofundada, contando inclusive com o auxílio visual da animação da simulação, mostra que os tempos anteriores ao encerramento foram reduzidos. Isso faz com que a carga chegue mais rapidamente ao TECA de importação da RIO Galeão, abrindo maiores chances de ocorrer processamento no turno atual ou no próximo turno de trabalho da RFB.

A Tabela 8 mostra as reduções consideráveis no tempo relacionado ao preenchimento e verificação de dados em sistemas e também no tempo total de *handling*, que se tornou menor após a construção de nova via para encurtar as distâncias e após o acordo de nível de serviço com as empresas terceirizadas.

Tabela 8: Resultados – Cenário 3

Atividade	Horas	Responsável
Descarregamento da aeronave	0,4	HANDLING
Atraso do <i>handling</i>	0,3	HANDLING
Deslocamento ao ponto zero	0,3	HANDLING
Tempo total <i>handling</i>	1,1	HANDLING
Aguardo no ponto zero	0,1	TECA
Deslocamento para atracação	0,7	TECA
Tempo total até atracação	2,1	TECA
Despaletização	0,6	TECA
Inserção de dados e verificação de sistemas 1	0,3	TECA
Atracação	1,0	TECA
Inserção de dados e verificação de sistemas 2	0,1	TECA
Encerramento	3,8	MISTO
Avalização	10,8	OPERADOR AÉREO
Espera turno da Receita Federal	4,3	RECEITA FEDERAL
Tempo total até armazenamento	19,0	MISTO
Deslocamento para armazenamento	0,4	TECA
Armazenagem	52,0	MISTO
Liberação	71,4	MISTO

6.4. Comparação entre os resultados dos cenários

A Figura 51 e a Tabela 9 mostram a variação nos tempos das atividades operacionais realizadas até a primeira inserção de dados nos sistemas. Percebe-se que houve redução superior a 50% nos tempos de atraso do *handling* e superior a 40% nos tempos de deslocamento ao ponto zero. Além disso, devido à maior quantidade de volumes desembarcados, o deslocamento interno para a área de atracação, nos Cenários 2 e 3 teve seu tempo ligeiramente aumentado em relação à operação atual do TECA da RIO Galeão. A mudança no sistema de gerenciamento das cargas no terminal foi capaz de causar redução de 30% nos tempos em que havia interação com os sistemas.

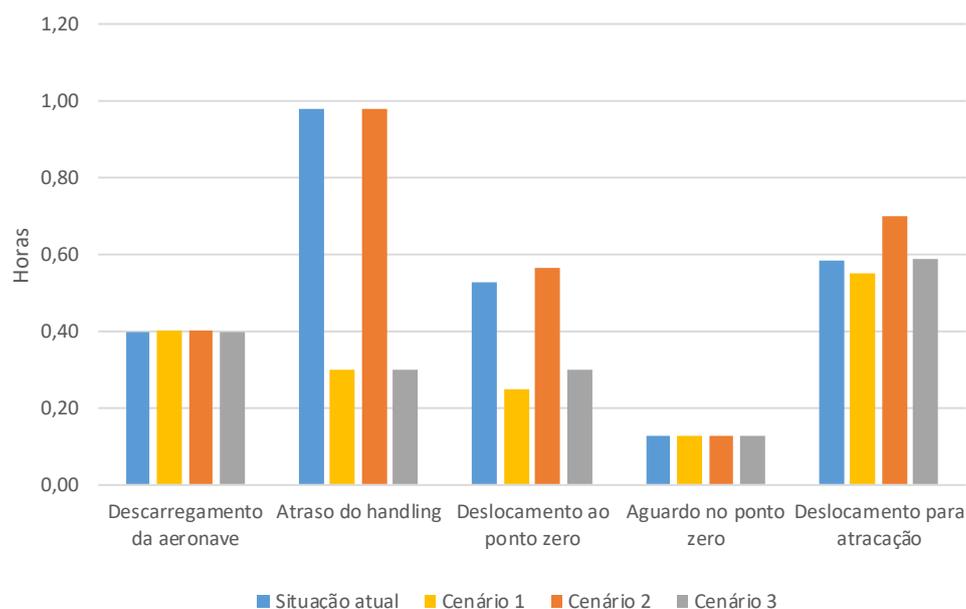


Figura 51: Comparativo de cenários – Parte 1

Com a adição dos dois postos de trabalho no Cenário 3, o tempo da atividade de atracação caiu para 1 hora. Ao longo da execução do modelo, não foi possível notar a presença de formação de filas nem de outros gargalos até o encerramento de voo.

Com isso, o tempo de encerramento caiu de 25,58 horas para apenas 3,70 horas no Cenário 3. Ressalta-se que esse tempo é inclusive menor que aquele a que se chegou no modelo inicial, que possuía 49% a menos de cargas circulando.

Tabela 9: Comparativo de cenários (valores em horas)

Atividade	Situação atual	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Descarregamento da aeronave	0,40	0,40	0,40	0,40
Atraso do handling	0,98	0,30	0,98	0,30
Deslocamento ao ponto zero	0,53	0,25	0,57	0,30
Aguardo no ponto zero	0,13	0,13	0,13	0,13
Deslocamento para atracação	0,58	0,55	0,70	0,59
Despaletização	1,35	1,35	1,35	0,58
Inserção de dados e verificação de sistemas 1	1,00	0,30	1,00	0,30
Atracação	1,18	1,00	20,13	1,00
Inserção de dados e verificação de sistemas 2	0,33	0,12	0,33	0,10
Encerramento	6,48	4,50	25,58	3,70
Avalização	10,83	10,84	10,84	10,83
Espera turno da Receita Federal	6,89	4,10	7,42	4,30
Deslocamento para armazenamento	0,26	0,3	0,32	0,40
Armazenagem	52,80	51,7	51,78	52,02
Liberação	77,27	71,5	95,94	71,30

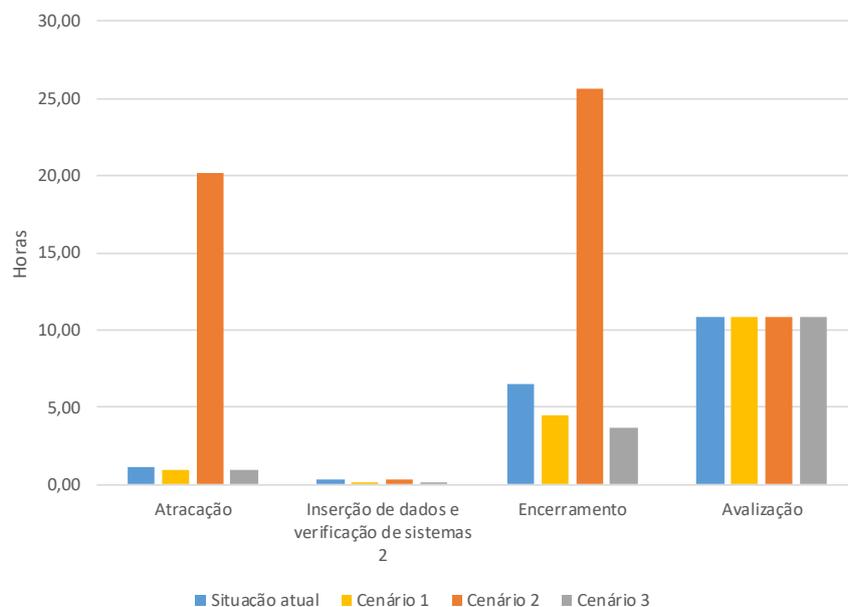


Figura 52: Comparativo de cenários – Parte 2

Os resultados mencionados podem ser verificados na Figura 52 e na Figura 53. O tempo de liberação da carga também sofreu redução no Cenário 3. O número de horas caiu de 95,94 para 71,30, valor também menor que o do modelo inicial. Portanto, comprova-se a efetividade das medidas adotadas no Cenário 3. É importante destacar que a única mudança que possui relação direta com a capacidade de processamento do TECA foi a adição de dois postos de trabalho. Não foi necessário, alterar o processo ou o *layout* do terminal para que se pudesse chegar aos resultados obtidos.

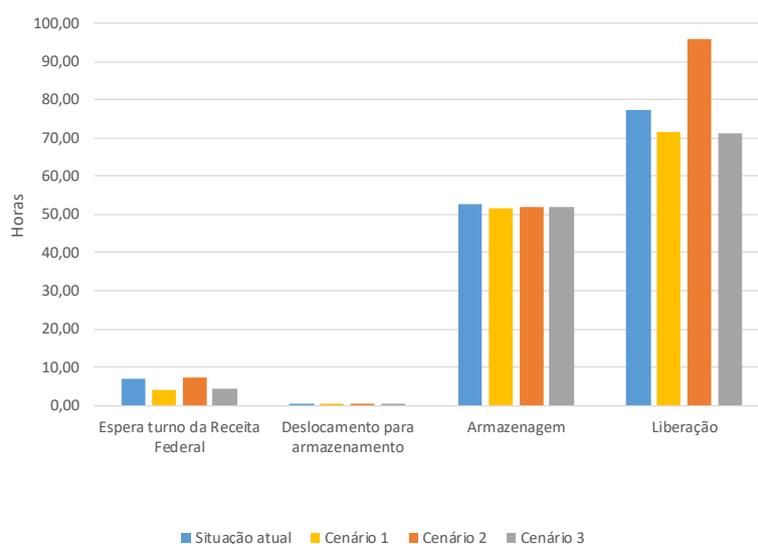


Figura 53: Comparativo de cenários – Parte 3

7. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base no exposto nesta dissertação, pode-se concluir que a pesquisa alcançou os objetivos iniciais de analisar o processo de transporte de cargas no terminal de carga aérea de importação do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro sob o ponto de vista da melhoria de processos, visando avaliar possíveis soluções aos problemas encontrados.

O processo operacional da carga foi mapeado e discutido. A partir disso, um modelo de simulação foi construído e validado. Descobriu-se um possível gargalo em operações futuras, que ocorreu na etapa de atracação da carga. Três cenários foram avaliados, sendo que o primeiro trouxe melhorias à operação atual do TECA da RIO Galeão, o segundo simulou a operação no ano de 2024, com projeções de crescimento, e o terceiro simulou a operação no ano de 2024, incluindo melhorias na operação.

Verificou-se que o terminal opera sob baixa capacidade de armazenamento e espera-se que essa capacidade não seja atingida, caso as previsões dos fabricantes de aeronaves no aumento do transporte de carga aérea estejam corretas.

Foram propostas medidas de melhoria no terminal de cargas e fora dele, como, por exemplo, a construção de uma nova via auxiliar para o deslocamento da carga do terminal de passageiros até o TECA de importação da RIO Galeão.

Com isso, a técnica de simulação mostrou-se capaz de auxiliar na avaliação dos problemas do terminal de carga aérea e de situações que possam vir a ocorrer no futuro. Isso é importante no momento da tomada de decisão, visto que um estudo com números e previsões é capaz de suportar novos investimentos alinhados com a real necessidade da operação e de sua melhoria.

Ao longo do trabalho, respondeu-se às perguntas do problema de pesquisa. Foram levantadas melhorias a serem implementadas no terminal de carga aérea de importação estudado, assim como os ganhos esperados em termos de tempos de encerramento de voo e de liberação da carga, aspectos considerados de maior importância pelos clientes do TECA de importação da RIO Galeão.

Portanto, aplicando-se tais avanços ao modelo de simulação, vê-se um cenário de melhoria da eficiência operacional por meio da eliminação dos gargalos encontrados e da redução de tempos que não agrega valor ao fluxo operacional do recebimento e da importação da carga, seja ela proveniente de voos cargueiros ou de voos em aeronaves mistas. Dessa forma, conclui-se que o presente estudo agrega valor ao transporte de carga aérea internacional no Brasil.

Uma das limitações do trabalho apresentado é que os dados foram extraídos de um período em que a concessionária RIO Galeão estava assumindo o Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro. Após a entrada da nova gestão, mudanças foram implantadas e, embora as visitas técnicas tenham ocorrido dentro do período após a concessão, o cenário de negócios do aeroporto mudou. Criou-se um ambiente competitivo em relação aos demais aeroportos concedidos, visto que tais aeroportos não eram mais geridos pela mesma empresa. Isso pode impactar, de certa forma, nos cenários de projeções futuras. Para tentar contornar tal situação o trabalho utilizou projeções baseadas em estudos mais recentes, como, por exemplo, aquelas feitas por IATA (2016).

Devido às discussões que ocorreram durante as visitas técnicas, o presente trabalho acabou por focar nas melhorias que poderiam ocorrer até o encerramento do voo. Decidiu-se deixar a análise do tempo de armazenamento fora do escopo desse estudo. Os tempos de armazenamento são complexos, pois envolvem inúmeras atividades dos órgãos anuentes e dos próprios representantes do importador, que podem cometer erros e atrasar o processo. Isso envolveria um estudo detalhado e focado nessa questão. Portanto, a ausência dos dados acerca dos tempos que compõem o período total de armazenamento torna-se uma limitação do presente trabalho.

Esse trabalho deixa, dessa forma, como sugestão de aprofundamento futuro da pesquisa até aqui realizada o estudo das atividades que causam tempo elevado de armazenamento no terminal, aumentando o tempo de liberação da carga. Recomenda-se que o estudo objetive a redução desse tempo por meio da proposição de cenários. Destaca-se que atualmente, há poucos dados para embasar o estudo sugerido. Portanto a sugestão é que esse trabalho dê continuidade à presente dissertação, por meio do mapeamento da representatividade de cada atividade dentro do tempo total de armazenamento da carga no TECA de importação da RIO Galeão.

Outra sugestão seria com relação às atividades da Receita Federal, que, atualmente, estão relacionadas a apenas dois turnos de trabalho. Caso mais turnos sejam inseridos ou até mesmo uma escala de 24h seja implantada, espera-se um ganho operacional no fluxo de liberação da carga importada. Portanto, esta dissertação também deixa como sugestão a análise das atividades daquele órgão como parte de um estudo que vise melhorar o tempo total de liberação da carga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIRBUS. *Global Market forecast, flying by numbers, 2015-2034*. 2015. Disponível em: <<http://www.airbus.com/company/market/forecast/>>. Acesso em: 16/06/2016.
- ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil. *Governo assina contratos de concessão de aeroportos*. 2012. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/Noticia.aspx?ttCD_CHAVE=591 &sICD_ORIGEM=>. Acesso em 28/04/2015.
- ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil. *Contrato de concessão para ampliação, manutenção e exploração dos Aeroportos Internacionais Do Rio De Janeiro/Galeão - Antônio Carlos Jobim, no município do Rio De Janeiro/RJ, e Tancredo Neves/Confins, nos municípios de Confins/MG e de Lagoa Santa/MG*. Brasília, 2013. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/Concessoes/arquivos/contrato.zip>>. Acesso em 30/03/2015.
- ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil. *Anuário do transporte aéreo – 2014*. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/anuario/anuario-2014>>. Acesso em 30/05/2016.
- ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil RBAC nº 154 Emenda nº 01. Brasília, 2012. Disponível em : <http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-154-emd-01/@/@display-file/arquivo_norma/RBAC154EMD01.pdf>. Acesso em: 10/04/2017.
- BANKS, J. “Introduction to simulation”. In: *Proceedings of the Winter Simulation Conference*. Atlanta, 2000.
- BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. *Estudo do Setor Aéreo do Brasil*. BNDES, 2010. Disponível em <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/empresa/pesquisa/chamada3/capitulo3.pdf>. Acesso em: 28/03/2014.
- BOEING. *777-200LR / -300ER / -Freighter - Airplane Characteristics for Airport Planning*. Boeing Commercial Airplanes, 2015. Disponível em: <http://www.boeing.com/assets/pdf/commercial/airports/acaps/777_2lr3er.pdf>. Acesso em: 01/05/2015.
- BOEING. “World Air Cargo Forecast”. In: *Boeing WACF Report, 2014*. Disponível em: <<http://www.boeing.com/assets/pdf/commercial/cargo/wacf.pdf>>. Acesso em: 20/12/2016.
- BRASIL. *Decreto nº 7168, de 5 de maio de 2010*. Dispõe sobre o Programa Nacional de Segurança da Aviação Civil Contra Atos de Interferência Ilícita (PNAVSEC). D.O.U. DE 06/05/2010, P. 4. Disponível em : <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7168.htm>. Acesso em: 02/08/2016.
- BULLIET, R. W. *The Columbia History of the 20th Century*. Columbia University Press, 1998.
- CAMPOS, André LN. *Modelagem de Processos com BPMN*. 2ª edição. Brasport, 2014.
- CAPPA, J. “A função do Aeroporto Internacional de Viracopos na economia contemporânea”. Pesquisa & Debate. In: *Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Economia Política*. ISSN 1806-9029, v. 22, n. 1 (39), 2011.
- CARRARA, B. A., RIBEIRO, G. M., LEAL JR, I. C. *et al*. Definição da matriz de compatibilidade entre pares de aeroportos para o transporte de órgãos. *Transportes*, 23(3), 100-108, 2015. Disponível em: <<https://revistatransportes.org.br/anpet/article/view/917>>. Acesso em: 20/02/2017 .
- CHAN, J.; WOODROW, J. “E-AWB: a step forward in the journey to e-freight”. *Air cargo focus*, 2011. Disponível em: <<https://trid.trb.org/view.aspx?id=1126167>>. Acesso em: 19/01/2017.
- CNT – Confederação Nacional do Transporte. *Sondagem: expectativas econômicas do transportador 2016*. Brasília: CNT, 2016. 78 p.: il. Disponível em: <<http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Sondagem%20Expectativas%20Econ%203%B4micas%20do%20Transportador/2016%20Sondagem%20Economic.pdf>>. Acesso em: 12/01/2017.
- CONFAZ – Conselho Nacional de Política Fazendária. *Ajuste SINIEF nº 09, 25 de outubro de 2007*. Disponível em: <http://www1.fazenda.gov.br/confaz/confaz/ajustes/2007/AJ_009_07.htm>. Acesso em: 10/02/2015.

- FIRJAN. *Brasil mais competitivo: ganhos com o funcionamento 24 horas dos órgãos anuentes nos aeroportos*. Nota Técnica nº 2. Abril, 2013. Disponível em: <<http://www.firjan.org.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=2C908CEC3D856048013DCB55B1063371>>. Acesso em 01/06/2014.
- DAMALA, Y.; LACERTE, K.; GAMACHE, M. *et al.* “Impacts de nouveaux processus sur les opérations d’Air Canada Cargo”. In: *Congrès International De Génie Industriel*, 2013, Larochele, France. Eletronic Proceedings... Larochele, France: École d’Ingénieurs généraliste La Rochelle, 2013. Disponível em: <http://cigi13.eigsi.fr/Documents/Articles/JI1/cigi2013_submission_50.pdf>. Acesso em: 03/04/2014.
- DAMALA, Y. *Conception d’un outil d’aide à la décision pour l’entrepôt montréalais d’Air Canada Cargo a partir d’un modèle de simulation*. 2012. 139p. Mémoire de Maîtrise (Maîtrise en Sciences Appliquées – Génie industriel) – Département de Mathématique et de Génie Industriel, École Polytechnique de Montréal, Université de Montréal, Montréal, Canada, 2012. Disponível em: <http://publications.polymtl.ca/1045/1/2012_Yessirath-LaiDamala.pdf>. Acesso em 25/05/2014.
- EBIT. *Relatório webshoppers*. 2015. Disponível em: <<http://www.ebit.com.br/webshoppers>>. Acesso em:03/05/2016.
- EDWARDS, Holly Alice. *Optimisation of the Aircraft Cost Index for Air Travel Emissions Reduction*. 2015. Tese de Doutorado. University of Leeds. Disponível em: <<http://eprints.whiterose.ac.uk/91133/>>. Acesso em 20/06/2016.
- FERNANDES, E.; PACHECO, R. R. *Transporte Aéreo no Brasil: uma visão de mercado*. 2016. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.
- FOK, K.; CHUN, A. “Optimizing air cargo load planning and analysis”. In: *Proceedings of the international conference on computing, communications and control technologies*. 2004. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.555.6257&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 02/09/2016.
- GATERSLEBEN, M. R.; VAN DER WEIJ, S. W. “Analysis and simulation of passenger flows in an airport terminal”. In: *Winter Simulation Conference Proceedings*, 1999. Disponível em: <<http://www.informs-sim.org/wsc99papers/178.PDF>>. Acesso em: 17/04/2015.
- GONÇALVES, T. J. M.; BEZERRA, R. M. M.; JUNIOR, A. G. M.; *et al.* “Ponderação exponencial e decomposição em séries temporais aplicadas à previsão do volume de movimentação de carga no Aeroporto Internacional de São Paulo”. In: *INGEPRO: Inovação, Gestão e Produção*, v. 2, p. 75-85, 2010.
- GRUAIROPORT. *Relatório da Administração 2013*. São Paulo, 19/03/2014. Disponível em: <<http://www.gru.com.br/Content/Media/A247C8EA-1D74-44EA-A356-E8D827C89766.pdf>>. Acesso em 25/03/2015.
- GUALDA, N. D. F. *Modeling the airport terminal buildings for capacity evaluation under level-of-service criteria*. Tese de Pós Doutorado, Universidade do Texas, Austin, 1978. Disponível em: <<http://www.trb.org/Publications/Blurbs/1622521.aspx>>. Acesso em 05/07/2016.
- IATA. *Air Freight Market Analysis – March 2016*. Disponível em: <<http://www.iata.org/whatwedo/Documents/economics/freight-analysis-mar-2016.pdf>>. Acesso em 25/05/2016.
- IATA. “IATA e-Freight: Taking the Paper Out of Air Cargo”. In: *The Global Enabling Trade Report 2009*, 2009 World Economic Forum. Disponível em: <http://www.weforum.org/pdf/getr09_dev/1.4_IATA%20e-Freight.pdf>. Acesso em 12/03/2015.
- IBGE. *Série histórica: Produto Interno Bruto brasileiro*. Diretoria de Pesquisas.Coordenação de Contas Nacionais, 2016. Disponível em: <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?no=1&op=2&vcodigo=ST18&t=produto-interno-brutobrvalores-constantes-1995>>. Acesso em 26/05/2016.
- IPEA. *Infraestrutura Econômica no Brasil - Panorama e Perspectivas para o Transporte Aéreo no Brasil e no Mundo*. IPEA, 2010. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/100531_comunicaipea_54_apresentacao03.pdf>. Acesso em 20/05/2016.
- MARQUES, W.; JUNIOR, A. S.; JR, W. A. F.; KAUFMANN, G. O. “Transporte aéreo de carga: análise da crise econômica de 2007-2009”. In: *Anais do XXXI Encontro Nacional de Engenharia de*

- Produção*. 4 de outubro de 2011. Disponível em : <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_sto_135_861_18699.pdf>. Acesso em 10/01/2016
- MEDAU, J. C.; BELDERRAIN, M. C. R. “Emissão informatizada de loadsheets a partir de um serviço de software acessível via internet”. In: *Anais VII SITRAER / II RIDITA*. São Paulo, 3 a 6 de novembro de 2009. Disponível em: <http://simpleloadsheets.com/images/SITRAER2009_InfoLS_final.pdf>. Acesso em: 01/09/2016.
- MENDES, D. S.; CORREIA, A. R., TOZI, L. A. “Análise de alternativas para aumento da produtividade e qualidade operacional de terminais de cargas em aeroportos por meio de simulação computacional”. In: *Journal of Transport Literature*. Vol. 6, n. 2, pp. 124-143, Apr 2012. Disponível em <http://www.pesquisaemtransportes.net.br/relit/index.php/relit/article/view/jv6n2p6/pdf_100>. Acesso em: 28/03/2014.
- MENESES, L. O. *Um estudo sobre as áreas operacionais de terminais de carga aérea*. Tese apresentadas à Divisão de Pós-graduação do Instituto Tecnológico de Aeronáutica como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciência no Curso de Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica. São José dos Campos, 2001. Disponível em <www.bd.bibl.ita.br/tesesdigitais/000463838.pdf>. Acesso em: 12/07/2014.
- MOKHTARIAN, P. L. “A conceptual analysis of the transportation impacts of B2C e-commerce”. *Transportation*, 31(3), 257 - 284. UC Davis, 2004. Disponível em: <<http://escholarship.org/uc/item/74m9x4sh>>. Acesso em 10/06/2016.
- NAYLOR, Thomas H. *Computer simulation experiments with models of economic systems*. New York: John Wiley & Sons, 1971. 502p.
- PEREIRA, B. D.; SILVA, C. M.; GUEDES, E. P. *et al.* “Análise de Capacidade da Área de Movimento do Aeroporto Santos Dumont via Modelo de Simulação por Computador”. In: *Anais do XIV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, 2000, Gramado – RS – Brasil, v. 1, p. 31-39.
- PIDD, M. *Modelagem Empresarial: ferramentas para tomada de decisão*. Bookman Companhia Editora, Porto Alegre, 1996.
- PRESTON E. *FAA historical chronology civil aviation and the federal government 1926–1996*. Washington DC: Department of Transportation Federal Aviation Administration Office of Public Affairs, 1998.
- RFB. Instrução Normativa SRF Nº 102, de 20 de dezembro de 1994. Disciplina os procedimentos de controle aduaneiro de carga aérea procedente do exterior e de carga em trânsito pelo território aduaneiro. Publicado(a) no DOU de 22/12/1994, pág. 20216. Disponível em: <<http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?visao=anotado&idAto=14628>>. Acesso em 2 de agosto de 2016.
- RFB. Instrução Normativa SRF Nº 241, de 06 de novembro de 2002. Dispõe sobre o regime especial de entreposto aduaneiro na importação e na exportação. Publicado(a) no DOU de 08/11/2002, seção 1, pág. 119. Disponível em: <<http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?idAto=15117&visao=anotado>>. Acesso em 2 de agosto de 2016.
- RFB. Portaria RFB nº 3518, de 30 de setembro de 2011. Estabelece requisitos e procedimentos para o alfandegamento de locais e recintos e dá outras providências. Publicado(a) no DOU de 03/10/2011, pág. 22. Disponível em: <<http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?visao=anotado&idAto=29877>>. Acesso em 2 de agosto de 2016.
- ROBINSON, Stewart. “Simulation model verification and validation: increasing the users' confidence”. In: *Proceedings of the 29th conference on Winter simulation*. IEEE Computer Society, 1997. p. 53-59. Disponível em: <<http://www.informs-sim.org/wsc97papers/0053.PDF>>. Acesso em: 19/01/2017.
- SALES, A. “Caos aéreo prejudica setor de cargas”. In: *Revista Tecnológica*. Ed. jan., nº 134. São Paulo, Publicare, 2007. Disponível em: <http://issuu.com/publicare/docs/tecno_janeiro_134?e=3094345/3632328#search>. Acesso em 30/04/2015.
- SALIBY, E. *Repensando a simulação: A amostragem descritiva*. São Paulo: Atlas, Rio de Janeiro : Editora da UFRJ, 1989.
- SANTANA, E. S. M. *Análise de novos cenários operacionais para o Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos*. São José dos Campos, 2002. 118 f. Tese (Mestrado em Transporte Aéreo e Aeroportos). Engenharia de Infra-Estrutura Aeroportuária, Instituto Tecnológico de Aeronáutica.

- SILVEIRA, M. R., QUINTILHANO, D. “Contribuições do modal aéreo na circulação de cargas no brasil: principais fluxos e atuação das principais companhias aéreas”. In: *Revista da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia (ANPEGE)*. p.65-91, V.11, n.15, jan-jun.2015. Disponível em: <<http://anpege.org.br/revista/ojs-2.4.6/index.php/anpege08/article/view/430>>. Acesso em: 11/06/2016.
- SOUSA, J. V. “O Papel da Força Aérea no Desenvolvimento Nacional: O exemplo brasileiro”. In: *Air & Space Power Journal, Portuguese Edition*, 2º semestre, 1999. Disponível em: <<http://www.airpower.maxwell.af.mil/apjinternational/apj-p/1999/2tri99/sousa.htm>>. Acesso em: 02/04/2015.
- SPERANDIO MILAN, G.; PRETTO, M. R.; COMUNELLO BASSO, L. “Um estudo de caso sobre o funcionamento de um armazém automatizado”. In: *Revista Eletrônica de Administração*, [S.l.], v. 13, n. 1, p. 203-230, maio 2013. ISSN 1413-2311. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/index.php/read/article/view/39917/25451>>. Acesso em: 01/09/2016.
- TCU – TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. Relatório de auditoria para avaliar a segurança dos sistemas informatizados de arrecadação da Infraero. 21 de fevereiro de 2006. Disponível em: <<https://contas.tcu.gov.br/etcu/AcompanharProcesso?p1=3756&p2=2006&p3=7>>. Acesso em 17/01/2017.
- TOZI, L. A., CORREIA, A. R., MÜLLER C., MENDES, D. S.; FENG, L. C. “Análise da importância relativa de atributos de nível de serviço em um terminal de cargas aeroportuário”. In: *Transportes*, v. 18, n. 2, 2010. Disponível em: <<http://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/421>>. Acesso em: 20/01/2017.
- UEHLINGER, N., BEYELER, F., MARTI, H. P., *et al.* “Organ transplantation in Switzerland: impact of the new transplant law on cold ischaemia time and organ transports”. *Swiss Medical Weekly*, 2010, 140(15), p. 222
- VILLA, P. J.; ORTOLL, N. R. *Optimization of a Cargo Terminal*. 2008. 177f. Tese (Master of Engineering Department of Management Engineering) - Technical University of Denmark. Lyngby, Denmark. Disponível em: <http://etd.dtu.dk/thesis/237922/Optimization_of_a_cargo_terminal_Nuria_Rovirosa.pdf>. Acesso em 25/05/2014.