

Análise de alternativas para aumento da produtividade e qualidade operacional de terminais de cargas em aeroportos por meio de simulação computacional

[Analysis of alternatives to increase productivity and quality of airport cargo terminal through computer simulation]

Davi Santos Mendes, Anderson R. Correia*, Luiz Antonio Tozi

Anheuser-Busch InBev, Brazil, Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), Brazil, Faculdade de Tecnologia (FATEC), Brazil

Submitted 17 May 2011; received in revised form 1 Aug 2011; accepted 26 Jan 2012

Resumo

Este trabalho utiliza a metodologia de simulação para avaliar a qualidade e a produtividade dos sistemas logísticos do terminal de cargas (TECA) de importação do Aeroporto Internacional de Campinas/Viracopos. O sistema logístico foi simulado por meio do software ARENA, cujo modelo apresentou resultados consistentes com aqueles observados nas visitas de coletas de dados de campo. Os resultados da simulação indicam que mudanças na velocidade de esteiras de armazenagem e a adoção da estratégia de armazenagem por popularidade melhorariam significativamente os indicadores de tempo de espera na entrada e saída, tempo total de armazenagem e de produtividade da armazenagem.

Palavras-Chave: terminal de cargas; simulação; produtividade operacional.

Abstract

This work applies computational simulation concepts in order to evaluate the quality and productivity of logistics systems of the import cargo terminal at Campinas/Viracopos International Airport. The logistic system was simulated by use of ARENA software, which model presented consistent results, by comparison with real data, collected through field visits. The simulation results indicate that changes on the speed of storage belts and the adoption of frequency placement stock location strategy could significantly improve the indicators of waiting time (at the entrance and exit of storage), total storage time and storage productivity.

Key words: cargo terminal; simulation; operational productivity.

* Email: davilogtec@gmail.com.

Recommended Citation

Mendes, D. S., Correia, A. R. and Tozi, L. A. (2012) Análise de alternativas para aumento da produtividade e qualidade operacional de terminais de cargas em aeroportos por meio de simulação computacional. *Journal of Transport Literature*, vol. 6, n. 2, pp. 124-143.

■ *JTL|RELIT is a fully electronic, peer-reviewed, open access, international journal focused on emerging transport markets and published by BPTS - Brazilian Transport Planning Society. Website www.transport-literature.org. ISSN 2238-1031.*

This paper is downloadable at www.transport-literature.org/open-access.

1. Introdução

O transporte aéreo de cargas se caracterizava, historicamente, por ser considerado um subproduto do transporte de passageiros, mas este panorama vem sendo significativamente alterado nas últimas décadas. Por ser um transporte que agrega valor ao seu cliente (velocidade e confiabilidade), este vem atraindo cada vez mais setores da economia, incluindo transporte de produtos relacionados às áreas de tecnologia, perecíveis, alto valor e encomendas expressas. É previsto pelos fabricantes de aeronaves que o crescimento do setor de cargas aéreas no mundo triplicará nos próximos 20 anos (Boeing, 2009).

Impulsionado pelo crescimento da movimentação de cargas, o aeroporto Internacional de Campinas / Viracopos, vem afirmando sua vocação para a movimentação e armazenagem de cargas. Em 2010, o aeroporto movimentou mais de 250.000 ton de cargas internacionais, sendo o maior aeroporto brasileiro neste segmento. Apesar de sua importância, sua infraestrutura encontra-se saturada; segundo Fortes e Correia (2010), o terminal de importação, por exemplo, já se encontrava saturado em 2009.

A discussão do transporte aéreo na literatura tem sido majoritariamente dominada por preocupações com o transporte de passageiros. Com relação às questões do transporte de cargas, ocorre uma carência de trabalhos focados nos serviços de solo que se dão nos terminais internacionais de carga aérea (Han, Chou e Liang (2003); Murphy, *et. al.* (1989)); estes autores afirmam que trabalhos focados em carga tendem a restringir seus estudos sobre a necessidade de gerenciar o fluxo do tráfego aéreo.

Lee *et al* (2006) descreve que, nos últimos anos as cargas aéreas não estão mais limitadas a transferências rápidas ou demandas emergentes. Com o rápido aumento no volume de cargas aéreas, os terminais de cargas dos aeroportos enfrentam inúmeros desafios para agilizar suas operações. Diversos sistemas de armazenagem e manuseio de carga são empregados em terminais de cargas. Destaca-se pela relevância o sistema automático de armazenagem e recuperação - AS/RS (*Automated Storage and Retrieval System*), o qual será estudado em detalhe neste trabalho.

O objetivo desta pesquisa é estudar o comportamento de um terminal de cargas, e prospectar cenários buscando leiautes e/ou práticas operacionais que conduza o sistema a uma melhor utilização de seus recursos. O que se mostra de grande utilidade e relevância, pois procura abordar e aprofundar questões de um tema pouco discutido na literatura. Para isso foi desenvolvido um modelo computacional que retrata detalhadamente os processos logísticos do sistema de manuseio e armazenagem do Terminal de Cargas de Importação do Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas. Desta forma, foram elaboradas análises de eficiência e rastreados possíveis gargalos do sistema, a fim de orientar oportunidades de melhoria.

2. Terminal de cargas no contexto da cadeia logística mundial

No cenário mundial a indústria do transporte de carga aérea é um grande empregador e um componente vital no comércio mundial e um dos motores do crescimento econômico (Kay, 2003). Além de proporcionar integração mundial, serve como uma importante ferramenta política, proporcionando desenvolvimento social e econômico de regiões com acessibilidade limitada (Raven, 2002).

O terminal de cargas aéreas possui um papel estratégico na logística globalizada, sendo parte fundamental no rápido intercâmbio de mercadorias e viabilizando os fornecimentos globais. Para entender a importância deste elo na cadeia logística mundial, é necessário definir seu papel. Além de atuar como um armazém, é importante entender suas particularidades de fluxos da carga e fluxos de informação, que exigem uma atenção especial em todos seus componentes.

2.1 Desempenho de um terminal de cargas

Para enfrentar os desafios da dinâmica concorrencial do mundo globalizado, de acordo com Han, Chou e Liang (2003), os terminais de cargas de um aeroporto internacional tem a necessidade de otimizar os seus serviços no lado terra (como capatazia, armazenagem, apoio a alfândega, e fiscalização) e os sistemas de apoio ao fluxo da informação.

Segundo Ye (2002), o frete aéreo está desempenhando um papel cada vez maior na cadeia logística de muitas empresas, e de acordo com Oliveira e Correia (2011) e Tang, et al. (2000), o advento de eficientes técnicas produtivas no estilo “estoque-zero”, como o Just-in-Time, e

clientes cada vez mais exigentes, tornou a satisfação dos mesmos uma obsessão para as empresas.

Questões de ordem alfandegária estão diretamente ligadas ao desempenho de um terminal de cargas, conseqüentemente com toda a cadeia logística, pois atuam na liberação e no controle aduaneiro (Kim e Ye, 2004). Por serem processos dispendiosos (tempo e financeiramente), principalmente no Brasil, Bazzara et al (2001) afirmam que os procedimentos aduaneiros devem ser realizados de forma simples e flexível,.

2.2 Visão Geral de um Terminal de Cargas Aéreas - Importação

Um terminal de cargas de importação é compreendido basicamente dos seguintes componentes e atores da cadeia logística de suprimentos (Tozi et al, 2009):

- Consignatário da Carga: empresa ou pessoa física para a qual a carga se destina;
- Agenciadores de Carga: empresa contratada pelo importador para prestar o serviço de gerenciamento do transporte aéreo;
- Fiel Depositário: responsável pelo armazenamento e proteção da carga durante o processo de importação, no caso brasileiro a fiel depositária é a Infraero;
- Companhia Aérea: empresa que realiza o transporte entre aeroportos;
- Despachante Aduaneiro: responsável em providenciar os documentos necessários para efetuar a importação, chamado desembaraço aduaneiro;
- Transportadora: Empresa contratada para realizar o transporte a partir do aeroporto.

A relação entre os agentes constitui-se de complexos e dinâmicos fluxos de informação e de cargas (Yat-wah Wan, et al, 1998), como pode ser visualizado na Figura 1.

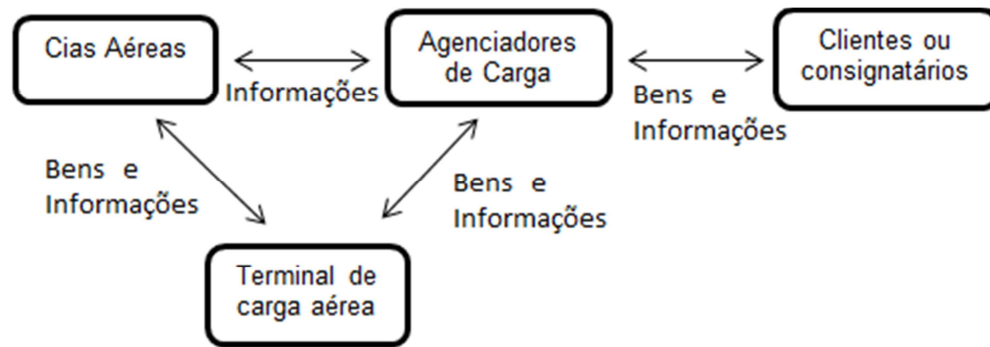


Figura 1 - Relações entre os atores do transporte aéreo de carga

Fonte: Adaptado de Yat-wah Wan, et al (1998).

O despachante aduaneiro atua entre os clientes e o terminal de carga e atua também junto à receita federal, cuja instituição normatiza e controla toda importação. A transportadora é representada pelos agenciadores de carga, na medida em que transportam a carga para o cliente/importador.

2.3 Mapeamento dos Procedimentos Logísticos de um Terminal de Cargas

Para atingir seu destinatário final, a carga passa por um fluxo complexo, desde sua chegada pela aeronave. Inúmeros são os procedimentos operacionais e burocráticos de alfândega até que ela seja armazenada, além de outros procedimentos de despacho para então ser disponibilizada para carregamento.

O terminal de cargas aéreas de importação pode ser dividido em três fluxos logísticos, fluxo de entrada, fluxo de armazenagem e fluxo de saída.

2.3.1 Fluxo de Entrada

O Recebimento, início de todo processo, pode ser entendido como um conjunto de atividades realizadas em área apropriada do terminal de importação, que se segue à extração dos equipamentos aeronáuticos de carga (paletes e contêineres) da aeronave.

O fluxo de entrada é formado pelas tarefas de despaletização, conferência, organização e paletização da carga, pesagem, registro de divergências e destino de armazenagem no MANTRA (sistema informatizado que serve de apoio ao comércio exterior), e atracação (Tozi e Correia, 2007).

2.3.2 Fluxo de Armazenagem

Nesta etapa, as cargas são encaminhadas para o interior do armazém, onde permanecem sob um estrito controle alfandegário, aguardando os procedimentos de despacho aduaneiro. No Brasil, a armazenagem alfandegada pode ser realizada alternativamente no terminal de cargas dos aeroportos internacionais ou em armazém públicos, denominados Portos Secos (Tozi et al, 2009).

De acordo com a INFRAERO (2010), os armazéns podem ser setorizados e organizados da seguinte forma: cargas leves (até 30 kg); cargas de maior peso (acima de 30 kg) e cubagem regular; cargas de cubagem irregular; cargas especiais; cargas de valor; bagagem desacompanhada.

2.3.3 Fluxo de Saída

A fase final do processo é a realização da Conferência Aduaneira, e tem por objetivos identificar o importador, verificar a mercadoria, determinar o seu valor e constatar o cumprimento de todas as obrigações relativas à importação para, então, autorizar a entrega da carga (Tozi et al, 2009).

Nesta etapa, a transportadora solicita a carga, que é localizada e removida de sua área de armazenagem. Em seguida encaminhada para o setor de Liberação, onde ocorrerá o processo de separação, que requer atenção especial, devido aos prejuízos que erros podem acarretar (Ferreira, 2005).

2.4 Sistema de Armazenagem do Terminal de Cargas de Viracopos – Armazenagem Automatizada (AS/RS)

O sistema de armazenagem e recuperação automatizada (AS/RS) caracteriza-se por ser um sistema controlado por computador, códigos de barras e tecnologia de escaneamento, que dentre todas as alternativas de manuseio de materiais é a que mais está atrelada ao avanço das aplicações tecnológicas (Ballou, 2006).

Segundo Xu e Xiong (2009), o sistema de armazenamento e recuperação automático (AS/RS) é fundamental para a cadeia logística moderna, pois é adequado para espaços limitados, pois

dispensa os elevados custos de mão-de-obra, capacidade de expansão, qualidade, confiabilidade e controle. Porém, de acordo com Ferreira (2005) existem desvantagens, os sistemas são pouco flexíveis, mas fiáveis, sendo adequados para fluxos regulares e elevados de materiais. Diversos terminais de cargas da Infraero possuem estes sistemas, incluindo os aeroportos internacionais localizados em Guarulhos, Viracopos e Rio de Janeiro.

2.5 Transporte Aéreo no Brasil - Aeronaves Cargueiras

O transporte aéreo de cargas é composto basicamente de três configurações de aeronaves: Combi (divisão de espaço físico interno entre passageiros e cargas); porções de aeronaves de passageiros; e cargueiros, ou cargueiros puros, onde somente cargas são transportadas. Na Tabela 1, podemos visualizar os tipos de aeronaves já utilizadas e que são utilizadas no transporte aéreo de cargas no Brasil.

Tabela 1 - Aeronaves Cargueiras já Utilizadas no Brasil

Aeronave	Fabricante	Capacidade*	Operadoras no Brasil**
A330-200	Airbus	64 TON	Tam
B707-320C	Boeing	40 TON	Varig, Transbrasil, Beta Cargo, SkyMaster, AeroBrasil
B727-100	Boeing	20 TON	Varig, Transbrasil, Vasp, Varig Log, Itapemirim Cargo
B727-200	Boeing	30 TON	Varig, Varig Log, Vaspex, Cruzeiro, Taf, Total Cargo, Fly, Via Brasil, Ata, Itapemirim Cargo
B747-200	Boeing	110 TON	Varig
B747-400	Boeing	120 TON	Varig
B757-200	Boeing	39,78 TON	Varig
B767-300	Boeing	60 TON	Varig, TransBrasil, Bra, Tam, OceanAir, Absa
B777-200	Boeing	112 TON	Varig
MD-11F	McDonnell Douglas	80 TON	Varig, Varig Log, Vasp, Tam

Fonte: Kaufmann (2009), Aviação Comercial (2011), Adaptados.

***Capacidade aproximada da aeronave full-cargo.**

**** Companhias Aéreas que já operaram ou operam determinada aeronave.**

3. Desenvolvimento da modelagem

3.1 Ferramental de Análise

Para a solução de problemas logísticos complexos, faz-se necessário a utilização de ferramentas de análise adequadas para a natureza do problema. Desta forma, diversos autores, como Koh et al (1994), Manivannam (1996), Banks (1998), Shapiro (2001), Guneri e Seker (2007), White e Ingalls (2009) e Tozi (2009), aconselham a utilização de simulação para o estudo de sistemas complexos como o de um Terminal de Carga Aérea.

A simulação computacional, de acordo com Tayfuk e Melamede (2007), sugere a análise de um sistema complexo, e pode ser definida resumidamente como o processo de elaboração de um modelo representativo ou hipotético, a condução de experimentos para observar o comportamento do sistema, e a avaliação de suas estratégias de operação (Pegden et al., 1990).

Para a elaboração deste estudo, fez-se uso do software de simulação computacional Arena™ versão 13, que utiliza a interface gráfica com o usuário, permitindo a modelagem através dos módulos, blocos e elementos disponíveis, utilizando a operação simples de clique arraste e solte.

3.2 Coleta e Análise dos Dados

A coleta foi realizada no mês de Março de 2011, no terminal de cargas de importação de Viracopos – Campinas, onde cada processo foi cronometrado um a um e tabelado. Em seguida, foi realizado o tratamento estatístico dos dados.

O objetivo do tratamento dos dados é definir, através da amostra coletada, qual distribuição estatística melhor representa os procedimentos estudados. Para isso, fez-se uso do software Input Analyser, que segundo seus manuais utiliza testes de aderência (exemplo: chi-quadrado e p-valor, este que define a aderência boa com valor abaixo de 5%) determinando qual a distribuição estatística que melhor se encaixa nos dados amostrais. Na Tabela 2, observa-se uma síntese dos dados coletados e suas respectivas distribuições estatísticas.

Tabela 2 – Distribuições Estatísticas da Massa de Dados para Tempo e Quantidade

Tempo das Etapas			Aderência (p-valor)
Tempo de Descarga	por ULD	UNIF(205, 432)	0,07*
Tempo de Transporte (Dollie) ao Recebimento	segundos	TRIA(87, 154, 312)	0,08*
Tempo de Desunitização	segundos	3.5 + EXPO(4.36)	0,041
Tempo de Transporte (empilhadeira) à balança	segundos	20 + EXPO(26.4)	0,005
Tempo de Pesagem	segundos	32.5 + WEIB(23.3, 1.28)	0,07*
Tempo de Stretch	segundos	32 + WEIB(39.9, 0.463)	0,15*
Tempo de Transporte (empilhadeira) à esteira de entrada do AS/RS <u>OU</u> Armazenagem Comum	segundos	14.5 + 38 * BETA(0.545, 0.751)	0,11*
Tempo de Transporte (empilhadeira) à Liberação	minutos	EXPO(25.5)	0,032
Tempo de Conferência	segundos	26 + EXPO(43.4)	0,02
Tempo de Separação	segundos	20 + WEIB(27.6, 0.684)	0,045
Tempo de Carregamento	minutos	5 + WEIB(113, 0.642)	0,049
Chegada de Aeronaves	HOTRAN		-
Quantidade de ULD`s	NORM(25.9, 9.65)		0,01
Quantidade de Paletes em cada ULD	0.5 + 31 * BETA(0.992, 1.1)		0,01
Probabilidade de ser armazenagem AS/RS ou Comum	60%		-
Chegada de Caminhões	Estacamp		-
Quantidade de Cargas	0.5 + 31 * BETA(0.796, 0.718)		0,03

Fonte: Elaboração do Autor. Com asterisco aderência ruim aos dados, ação: coleta maior de base de dados.

3.3 Construção do Modelo

Uma vez que o problema esteja delineado e os dados coletados, partiu-se para a construção do modelo no software. Na Tabela 3, observa-se uma síntese de todos os eventos modelados, seguindo a sequência em que os procedimentos ocorrem.

Tabela 3 - Modelo Descritivo

Componentes do Sistema	Descrição
Chegada das Aeronaves de Carga	A chegada das aeronaves segue uma distribuição conforme a tabela de voos (Hotran)
Chegada dos paletes ao envelope (local onde se descarrega a carga na pista) pelo modal aéreo. Então são transportados do envelope ao Ponto Zero para inspeção.	Cada <i>dollie</i> carrega até três paletes de carga. A velocidade dos tratores é definida.
Transporte do Envelope à verificação no Ponto Zero.	São definidos a velocidade da <i>dollie</i> , a distância a ser percorrida, e o número de <i>dollies</i> disponíveis.
Inspeção da carga no ponto zero	Um inspetor operando no sistema FIFO. Não há descarregamento da <i>dollie</i> . Tempo de inspeção segue uma distribuição de probabilidade.
Percurso do Ponto Zero ao TECA	São definidos a velocidade da <i>dollie</i> , a distância a ser percorrida, e o número de <i>dollies</i> utilizadas.
Transferência da carga da <i>dollie</i> para a linha de <i>rack</i> de despaletização.	O descarregamento se dá pelo sistema FILO, em uma única operação. Tempo de transferência segue uma distribuição de probabilidade.
Liberação da <i>dollie</i> para outro carregamento	É o resultado do parâmetro anterior, não é consumido tempo.
Libera paletes	Esse processo desfaz o conjunto de carga da <i>dollie</i> nos três paletes de carga originais ou ULDs. Não é consumido tempo.
Despaletização e conferência das unidades de carga associadas ao palete.	Nesse processo se considera uma equipe de 20 pessoas por turno, a alocação de funcionários é variada de acordo com a necessidade e o tipo de tratamento da carga. Tempo de trabalho segue uma distribuição de probabilidade.
Resultado da Despaletização	O desmembramento de cada palete gera estocasticamente as unidades de carga.
Transporte das unidades de carga às posições de pesagem pelos operadores de empilhadeiras.	São definidos a velocidade da empilhadeira, a distância a ser percorrida, e o número de operadores de empilhadeira disponíveis.
Processo de Pesagem	Operação realizada por um separador operando no sistema FIFO. Não há liberação da empilhadeira que aguarda. Tempo de pesagem segue uma distribuição de probabilidade.
Transporte das unidades de carga das posições de pesagem para o local de atracação.	São definidos a velocidade da empilhadeira, a distância a ser percorrida, e o número de operadores de empilhadeira disponíveis, finalizando com a liberação da empilhadeira.

Fonte: Elaboração do Autor

Tabela 3 - Modelo Descritivo (cont.)

Componentes do Sistema	Descrição
Processo de atracação no sistema informacional	O processo é realizado por 7 células de atracação, os atracadores que lançam as informações da carga no sistema computacional Tecaplus da Infraero. Tempo de trabalho segue uma distribuição de probabilidade.
Transporte das unidades de carga para os berços de entrada do Transelevador	São definidos a velocidade da empilhadeira, a distância a ser percorrida, e o número de operadores de empilhadeira disponíveis, finalizando com a liberação da empilhadeira.
Transporte das unidades de carga através da esteira de rolagem	São definidos a velocidade da esteira, o corredor de alocação, desta forma, define-se a distância a ser percorrida.
Transporte das unidades de carga pelo S/R (robô) para a posição de armazenagem	São definidos a velocidade do S/R, a posição de alocação, desta forma, define-se a distância a ser percorrida, vertical e horizontalmente, finalizando com a liberação do S/R, cuja posição permanece estática até o próximo chamado de serviço.
Tempo de Permanência da Carga	O tempo de permanência da carga segue várias distribuições estatísticas, já que é influenciado pelo tratamento da carga e pela parametrização (impacto alfandegário).
Liberação da Carga	Quando os procedimentos do despacho aduaneiro são completados, a carga muda seu status para disponível.
Chegada dos caminhões às docas de carregamento	A chegada dos caminhões segue uma distribuição de probabilidade, estratificada em faixas de horários.
Solicitação de Puxe das Cargas	Define-se a quantidade de cargas a ser coletada, através de uma distribuição estatística.
Solicitação de serviço ao Transelevador e retirada da carga da posição	São definidos a velocidade do S/R, a posição de alocação, desta forma, define-se a distância a ser percorrida, vertical e horizontalmente, transportando o volume coletado ao berço da esteira de saída, finalizando com a liberação do S/R, cuja posição permanece estática até o próximo chamado de serviço.
Transporte das Cargas na esteira de saída aos berços de saída	São definidos a velocidade da esteira, o corredor de alocação, desta forma, define-se a distância a ser percorrida.
Conferência das Cargas	Uma equipe de conferentes operando no sistema FIFO. Tempo de conferência segue uma distribuição de probabilidade.
Transporte das Cargas ao Setor de Liberação	São definidos a velocidade da empilhadeira, a distância a ser percorrida, e o número de operadores de empilhadeira disponíveis, finalizando com a liberação da empilhadeira.
Fiscalização e Liberação da Carga	Apresentação das cargas ao auditor fiscal e liberação da carga à transportadora. O tempo de fiscalização segue uma distribuição estatística.
Carregamento do Caminhão	Através da quantidade de cargas solicitada, define-se o tempo de carregamento, que segue uma distribuição estatística, finalizando com a liberação do caminhão e da doca utilizada.

Fonte: Elaboração do Autor

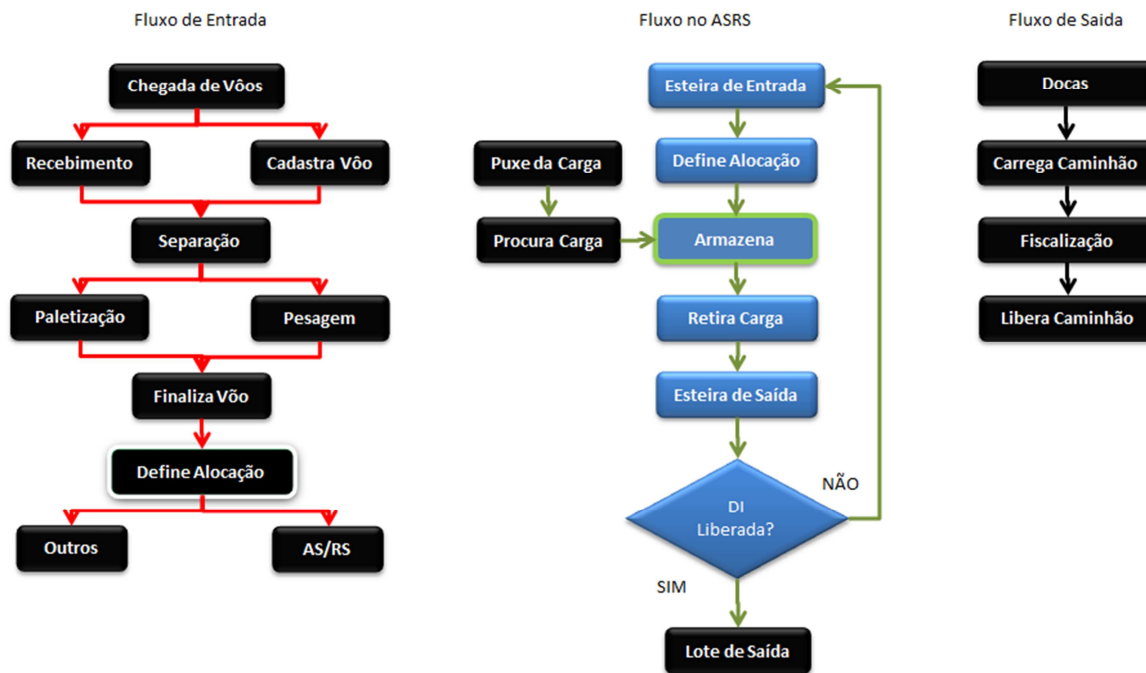


Figura 2 - Fluxos do Modelo

Fonte: Elaboração do Autor

3.4 Verificação e Validação do Modelo

O propósito da verificação de um modelo é assegurar que o modelo foi elaborado corretamente (Tayfuk e Melamede, 2007). Desta forma, foi efetuada a verificação, apontando as inconformidades do modelo e sendo realizadas as devidas alterações.

Para a validação, foi efetuada a comparação dos dados amostrais com os dados de saída do modelo, ilustrado pelo Gráfico 1. Desta forma, se os resultados obtidos demonstram que o modelo capta o modus operandi do sistema, considera-se que o modelo é válido (Law, 2009).

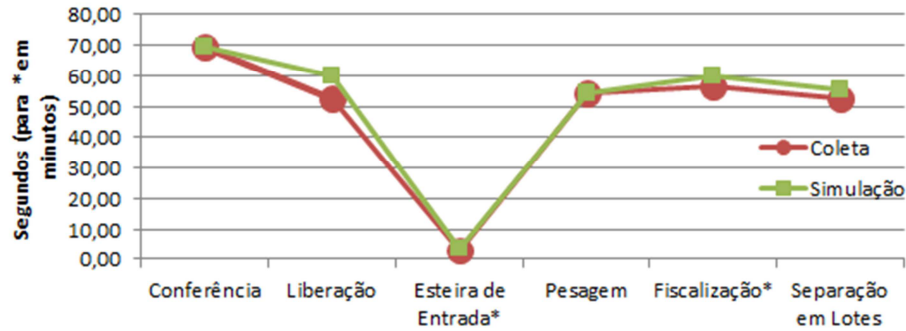


Gráfico 1 - Comparação com dados reais e da simulação

Fonte: Elaboração do Autor

3.5 Definição dos Experimentos

Nesta etapa foram definidos os dois cenários estudados, que se definem por:

- **Transelevador Atual:** sistema como atualmente ele existe, sem alterações, cuja estratégia de armazenagem não é alterada, segue por sua lógica aleatória (não há preferência, qualquer carga é alocada na posição vaga mais próxima);
- **Transelevador com Melhoria Tecnológica:** sistema do transelevador com velocidade alterada, mais veloz (velocidade 33% maior). Com estratégia de armazenagem por Popularidade: procura-se agregar as cargas que possuem histórico de maior rotatividade, estocando-as próximas à saída.

As estratégias de armazenagem, ou políticas de estocagem, podem ser basicamente divididas em quatro métodos intuitivos de organização do leiaute do armazém. São definidos por: complementaridade, compatibilidade, popularidade e tamanho, descritos na Tabela 4 (Ballou, 2006).

Tabela 4 - Tipos de Estratégia de Armazenagem

Complementaridade	Armazenagem de itens geralmente pedidos em conjunto
Compatibilidade	Alocar itens que não possuem restrição em estarem próximos
Popularidade	Alocação de itens com alto giro, preferencialmente na saída
Tamanho	Alocação preferencial de itens de pequeno porte na saída

Fonte: (Ballou, 2006) Elaboração do Autor.

4. Parâmetros do Modelo

4.1 Tempo total de Simulação

O tempo total de simulação, também chamado de janela de estudo, é definido no parâmetro “Length of Replication”. Como a implicação deste estudo é de verificar e analisar o desempenho dos procedimentos logísticos, para melhores dados estatísticos, foi estipulado um tempo total de simulação de seis meses.

4.2 Réplicas

Para propiciar dados de saída estatisticamente confiáveis, de acordo com Tayfuk e Melamede (2007), recorre-se à replicação, minimizando a variabilidade estatística. As réplicas designam o número de simulações seguidas que serão executadas, utilizando a cada réplica uma “semente” geradora de números aleatórios diferentes. Assim, a cada réplica o resultado varia. A quantidade de réplicas foi definida para fins de coleta de dados estatisticamente representativos. Desta forma foram praticadas 50 réplicas.

4.3 Tempo de Aquecimento

O tempo de aquecimento, ou “Warm-Up Period”, define um período de inicialização do sistema, onde estatísticas são coletadas, mas descartadas, já que as condições iniciais do sistema tendem a ocasionar viés em longas análises estatísticas. No início da simulação

desenvolvida neste trabalho, o sistema está vazio e começam a chegar os paletes oriundos dos vôos. Como o objetivo deste trabalho é simular o TECA em regime, ou seja, em pleno funcionamento, o tempo de aquecimento foi definido em dois meses.

5. Análise dos resultados

Os dados de saída da simulação permitiram a compreensão e algumas análises dos resultados obtidos. O modelo permitiu a elucidação de possíveis gargalos no sistema, apontando a origem do problema. Os experimentos baseados no cenário de mudança de velocidade e com alteração na estratégia de armazenagem permitiram o enriquecimento das conclusões acerca das possibilidades de melhoria do sistema.

No Gráfico 2 pode-se observar a produtividade do sistema em termos de processamento de paletes por hora e por mês. Esses resultados indicam que houve um acréscimo na produtividade de 270 paletes processados por mês, o que representa um aumento de pouco mais de 2%, considerando o sistema com as alterações previamente explicadas, com maior velocidade das esteiras do transelevador e a alteração da estratégia de armazenagem.

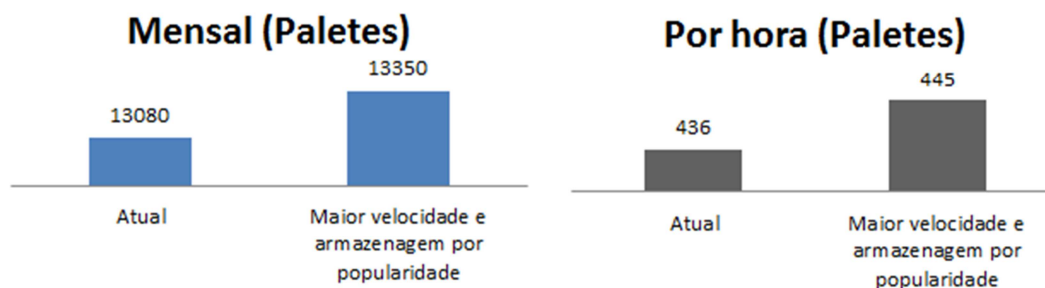


Gráfico 2 - Processamento de Paletes por Hora e Mensal

Fonte: Elaboração do Autor

Esse ganho se deve a maior velocidade das esteiras, uma vez que estas liberam maior espaço para a colocação de novos paletes nos berços de entrada da esteira. Há de se analisar o custo e benefício desta alteração de velocidade, já que uma melhora de 2% na produtividade pode não significar um ganho que compense o investimento.

Outro ponto interessante dos resultados é o tempo médio de permanência da carga no terminal de cargas, ou seja, o tempo em média que uma carga ocupa uma posição no AS/RS (traselevador). No Gráfico 3, podemos observar os resultados do estudo.

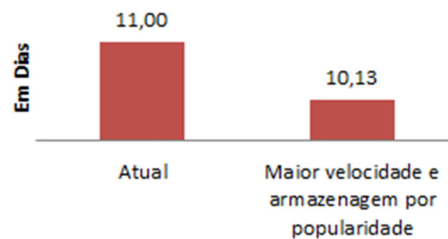


Gráfico 3 - Tempo médio de permanência da Carga

Fonte: Elaboração do Autor

A redução de 11 dias de média de tempo de permanência, para pouco mais de 10 dias significa que a estratégia de armazenagem influencia positivamente na eficiência do terminal de cargas. Essa diminuição de tempo propicia um ganho de capacidade do armazém, já que quanto maior o tempo médio de permanência menor será a capacidade de armazenagem do mesmo, pelo simples fato de que uma carga ocupará uma mesma posição por mais tempo.

Essa redução de 8% do tempo médio de permanência interfere diretamente no desempenho do terminal, ou seja, impacta positivamente na sua capacidade de processamento de paletes. Isto é, desde que o aumento de capacidade de armazenagem não sofra interferência de algum possível gargalo no fluxo da carga. Em termos de indicação de gargalos do sistema, o modelo permitiu a sua identificação, ilustrado pelo Gráfico 4.

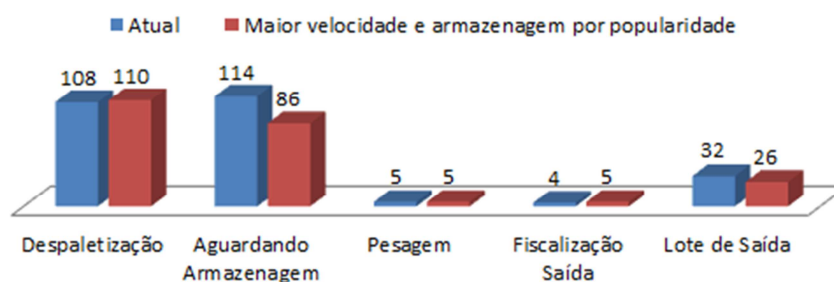


Gráfico 4 - Fila média no momento de pico nos Processos

Fonte: Elaboração do Autor

Este gráfico demonstra a quantidade em média de paletes, no momento de pico, aguardando atendimento. No gráfico é possível identificar que no processo de despaletização, com o

leiaute atual, encontram-se 108 paletes no aguardo, e com o leiaute proposto se encontram 110 paletes, indicando ser um processo que impacta gargalo ao sistema.

Ainda acerca do Gráfico 4, podemos visualizar que, no procedimento pós-atracação, onde a carga já está pronta para ser enviada ao berço de entrada da esteira do transelevador, há um acúmulo de fila, com 114 paletes à espera para o leiaute atual, e de 86 paletes para o leiaute proposto. Isso indica melhoria na eficiência do sistema, já que o sistema se manteve com a mesma taxa de ocupação, mas mesmo assim a fila diminuiu, explicado pelo fato de que as cargas com maior giro possuem alocação estratégica, ou seja, por menos tempo e uma quantidade menor de lotes ficam à espera de cargas.

Essa variação de tamanho de fila merece uma análise sistêmica para sua explicação, uma vez que a esteira de entrada do AS/RS no leiaute proposto possui maior velocidade, uma maior quantidade de paletes pode ser introduzida no berço de entrada, desta forma reduzindo a espera em cerca de 25%, mitigando os efeitos de gargalo deste processo.

Outro ponto que afeta o desempenho do sistema é a formação do lote de saída, provocando certo acúmulo de paletes junto ao setor de liberação. Esse fato ocorre devido ao sistema de controle do AS/RS, que procura otimizar sua operação de modo a retirar as cargas que estão mais próximas do módulo robótico, não respeitando a ordem de pedido de cargas.

Além disso, as cargas só podem ser fiscalizadas quando todos os volumes se encontram na Liberação, desta forma provocando o acúmulo de cargas na Liberação. No gráfico, é possível visualizar que houve uma melhoria na eficiência no cenário proposto, reduzindo a fila de 32 para 26 paletes, isso explicado muito mais pela estratégia de armazenagem do que pela velocidade da esteira, pelo fato de que a armazenagem preferencial permite que o acesso às cargas seja mais rápido, já que estão localizadas mais perto da saída.

Além destas análises, foi constatado nas visitas ao terminal de cargas, que muitos problemas ocorrem por erros, acidentes, descuidos, avarias, problemas de etiquetagem, entre outros eventos que afetam os tempos médios de processamento. Mas o processo de Parametrização foi apontado como o maior gargalo do sistema, caracterizado por ser o processo alfandegário onde se define a situação da carga, se esta pode ser liberada ou não, isso devido ao fato de ser atualizado apenas duas vezes por dia.

Conclusões

Na literatura observa-se a escassez de trabalhos que abordem os processos internos de um terminal de cargas aéreas, ao mesmo tempo em que o transporte aéreo de carga se torna parte importante do cenário logístico internacional. Deste modo, o modelo elaborado permitiu a compreensão dos processos realizados no terminal, bem como o estudo do comportamento do sistema com novas diretrizes, alcançando assim, o objetivo da pesquisa.

Por conta dos especialistas e funcionários do terminal, foi constatado que o processo de parametrização é o grande gargalo do sistema, mas apesar disso, não há medidas para mitigar seus efeitos, uma vez que são procedimentos de responsabilidade da Receita Federal, desta forma, não sendo objeto de análise mais profunda.

O estudo indicou que outros grandes problemas de gargalo se encontram nos processos de despaletização e de espera por armazenagem. Apontou ainda, que no cenário proposto, com o aumento da velocidade das esteiras, permitiu mitigar os efeitos do processo de espera por armazenagem em 25%.

Os resultados obtidos pelo cenário proposto indicam que seus ganhos permitem que sejam feitos “tradeoffs” pertinentes, que ainda serão mais bem exploradas em futuros trabalhos, de modo que o ganho de capacidade de armazenagem é algo buscado pelo Terminal de Carga, e a redução do tempo médio de permanência aliado à menor fila na Liberação caracteriza um aumento no nível de serviço oferecido pelo Terminal, fato buscado pelos seus clientes.

Pesquisas futuras poderiam ser direcionadas para avaliar o impacto econômico das alternativas apresentadas neste trabalho.

Referências

- Aviação comercial (2011), Aeronaves do mercado brasileiro. Disponível em: <<http://www.portalbrasil.net/aviacao.htm>>. Acesso em 21 Fev 2011
- Ballou, R. H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial. 5. Ed. Bookman, 2006. pp.373-426.
- Banks, J. (1998) *Hand Book of Simulation*, John Wiley & Sons, New York.
- Bazaraa, M., Hurley, J. D., Johnson, E. L. , Nemhauser, G. L. , Sokol, J. S., WANG, I-Lin (2001), *The ASIA PACIFIC Air Cargo System Research Paper* No: TLIAP/00/01, p. 4-42.

- Boeing (2009) - *World Air Cargo Forecast*. Disponível em www.boeing.com/commercial/cargo/01_06.htm. Acesso em 23/05/2010.
- Fortes, J. L. e Correia, A. R. (2010) *Overview of Major Brazilian Air Cargo Terminals. Proceedings of the 12th World Conference on Transport Research, Lisbon*.
- Ferreira, V.A. (2005) Logística do Terminal de Cargas (Teca) - Aeroporto de Guarulhos. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo.
- Guneri, A.F.e Seker, S. (2008) *The use of Arena Simulation Programming for Decision Making in a Workshop Study*. Wiley Periodicals Inc.
- Han, T.C., Chou T.Y.e Liang, G.S.A. (2003). Demand analysis of cargo terminal in Taiwan's International. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, v. 5, p. 12-34.
- Infraero (2010). Relatório Consolidado das Movimentações de Cargas nos Aeroportos. Disponível em: <http://www.gpalognews.com.br/blog/?page_id=7>. Acesso em: 15 mar. 2011.
- Kaufman, G.O. (2009). Transporte Aéreo de Carga: Análise do Setor e das Tecnologias Utilizadas. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de Brasília, Brasília.
- Kay, D. (2003) It's Time to Set Air Cargo Free. Disponível em <http://www.tiaca.org>. Acesso em: 28 fev. 2011.
- Kim, J. e Ye ,C. (2002) *Increasing the Air Cargo Industry in Korea*, The Korea Transport Institute, p. 179-193.
- Koh, P. H., Goh, J.L., Ng H. S., e H.C. Hg (1994) Using Simulation to Preview Plans of a Container Port Operations, In *Proceedings of the 1994 Winter Simulation Conference*.
- Law, A.M. (2009) How to Build Valid and Credible Simulation Models. *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference*.
- Lee, C., Huang, H.C., Liu, B. e Xu, Z. (2006) Development of Timed Colour Petri Net Simulation Models for Air Cargo Terminal Operations. *Computers & Industrial Engineering*, Ed. 51, p.102-110.
- Manivannan, S. e M. Zeimer (1996) Simulation and Analysis of Aircraft Offloading Operations, in *Proceedings of the 1996 Winter Simulation Conference, San diego, CA, December*.
- Matera, R. R. T. (2012) O desafio logístico na implantação de um aeroporto indústria no Brasil. *Journal of Transport Literature*, Vol. 6, n.4.
- Murphy, P., Dalenberg, D. e Daley, J. Improving international trade efficiency: airport and air cargo concerns. *Transportation Journal*, v.1, n.14, p.13-24, 1989.
- Oliveira, D. S. e Correia, A. R. (2011) Estudo do Desempenho Operacional dos Aeroportos Brasileiros Relativo ao Movimento de cargas. *Journal of Transport Literature*, v.5, n.3, pp. 141-162, 2011.
- Pegden, C. D., Shanon, R. E., e Sadowsky, R. (1990) *Introduction to Simulation Using SIMAN*, McGraw-Hill.
- Raven, J. (2002) *Air Cargo and the Third World*. Disponível em: <<http://www.tiaca.org>> . Acesso em: 28 fev. 2011.
- Shapiro, J. F (2001) *Modeling the Supply Chain*. Pacific Grove CA: Duxbury Press.
- Tayfuk, A. e Melamed, B. (2007) *Simulation Modeling and Analysis with Arena*. Elsevier Inc.
- Tang, L.L. e Kao, C.H. (2000) *The Model of International Logistics Performance Evaluation, Case for Operation Model*. *International Logistics Seminar Journal*, p. 343-353.

- Tozi, L.A.; Mendes, D.S.; Muller, C.; Correia, A.R.. *Análise Da Importância Relativa De Atributos De Nível De Serviço Em Um Terminal De Cargas Aeroportuário*. In: ANPET - XXIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2009, Vitória. ANPET - XXII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2009 - Prêmio CNT de Produção Acadêmica 2009. Confederação Nacional dos Transportes / ANPET.
- Tozi, L. A. e Correia, A. R. (2007) *Aplicação do Ferramental de Simulação por Evento Discreto na Prospecção de um Terminal de Carga Aérea Internacional*. Anais do Congresso Anpet – Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes.
- Xu, X. e Xiong, H. (2009) *AS/RS Real Time Simulation and Control Integrated System Research*. Department of Management Science and Engineering Economics and Management School of Wuhan University, Wuhan, P.R. China.
- Yat-Wah Wan, R. K. Cheung, J. L. e Judy, H. T. (1998) *Warehouse Location Problems for Air Freight Forwarders: a Challenge Created by the Airport Relocation*, *Journal of Air Transport Management*, Department of Industrial Engineering and Engineering Management, The Hong Kong University of Science and Technology, Clear Water Bay, Kowloon, Hong Kong.
- Ye, C. (2000) *A Neural Network Approach to Air Cargo Fleet Assignment*, Ph.D.Thesis, Loughborough University.
- White, K. P. e Ingalls, R. G. (2009) *Introduction to Simulation*. Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference, pp.12-23.