

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/267329004>

ALOCAÇÃO DE RECURSOS AEROPORTUÁRIOS UTILIZANDO A-CDM EM UM AMBIENTE BRASILEIRO

Conference Paper · November 2011

DOI: 10.13140/2.1.2978.8166

CITATIONS

0

READS

115

4 authors:



Jonatas Barros Falcão

Instituto Tecnológico de Aeronautica

3 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Rófrigo Pintus Gonçalves da Costa

Instituto Tecnológico de Aeronautica

3 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Luiz Alberto Vieira Dias

Instituto Tecnológico de Aeronautica

183 PUBLICATIONS 218 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Adilson Marques da Cunha

Instituto Tecnológico de Aeronautica

197 PUBLICATIONS 294 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Technological and Operational Protection System for Fraud Prevention, Detection, and Control - SPOT Project [View project](#)



SPOT: Sistema de Proteção Operacional e Tecnológica para Prevenção, Detecção e Controle de Fraudes e de Acessos Indevidos [View project](#)

PAPER PARA X SITRAER – SIMPÓSIO DE TRANSPORTE AÉREO
Ouro Preto, MG - Brasil

ALOCAÇÃO DE RECURSOS AEROPORTUÁRIOS
UTILIZANDO A-CDM EM UM AMBIENTE BRASILEIRO

Rodrigo Pintus Gonçalves da Costa

Jonatas Barros Falcão

Adilson Marques da Cunha

Luiz Alberto Vieira Dias

Instituto de Tecnológico de Aeronáutica - ITA
Divisão de Ciência da Computação – IEC
Praça Marechal Eduardo Gomes, 50, CEP 12228-900
São José dos Campos – SP – Brasil – Tel.: +55 (12) 3947-5986
{rodrigo.costa@sysport.com.br, jonatas.falcao@sysport.com.br,
cunha@ita.br, vdias@ita.br}

RESUMO

Atualmente, a demanda da aviação civil brasileira tem crescido, principalmente, por causa da inclusão social, expansão econômica e tarifas baixas. Anualmente, a demanda por capacidade nos aeroportos tem aumentado em dois pontos percentuais. Face às necessidades de hospedar os mais importantes eventos esportivos mundiais para os próximos anos no Brasil, as empresas de infraestrutura aeroportuária possuem um grande desafio pela frente. Como prover um sistema apropriado de gerenciamento e alocação de recursos aeroportuários, para melhorar o processo de controle das informações operacionais? Esta investigação provê a aplicação de um modelo conceitual integrado e colaborativo envolvendo companhias aéreas, agências reguladoras e empresas de infraestrutura aeroportuárias. O método proposto representa o resultado parcial de uma prova de conceito realizada no Aeroporto Internacional de Guarulhos (GRU) por pesquisadores do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). A abordagem adotada baseia-se no conceito de *Airport Collaborative Decision Making* (A-CDM) criada pela EUROCONTROL que tem por objetivo melhorar a eficiência operacional, previsão de eventos, utilização dos recursos aeroportuários e também reduzir o atraso de voos. Inicialmente, foi aplicada a metodologia de ensino da Aprendizagem Baseada em Problemas (*Problem Based Learning* – PBL), dentro do Sistema de Organização e Alocação de Recursos aeroportuários (SOAR), envolvendo o ambiente de missão crítica do Centro de Operações Aeroportuárias (COA) de GRU. Uma das principais contribuições deste trabalho de pesquisa foi o impacto positivo que a adoção deste modelo proposto já vem produzindo na INFRAERO de GRU e ainda poderá produzir em empresas de infraestrutura aeroportuárias.

ABSTRACT

Lately, the Brazilian civil aviation demand has grown mainly by social inclusion, economic expansion, and low fares. Annually, the capacity demand of airports has increased into two digit figures. Faced with the needs of hosting the most important world sport events for the next years in Brazil, airport infrastructure enterprises have a big challenge ahead. How to provide an appropriate airport resource allocation management system to improve the process of controlling operational information for optimizing resources? This article provides an application of an integrated and collaborative conceptual model involving airline companies, government and airports. It represents the partial results of a proof of concept performed in the Guarulhos International Airport (GRU) by researchers from the Brazilian Aeronautics Institute of Technology. This approach is based upon the Airport Collaborative Decision Making (A-CDM) concept from the EUROCONTROL, aiming to improve operational efficiency, events predictability, airport resource utilization, and also to reduce flight delays.

Initially, a Problem Based Learning methodology was applied within an airport resource organizations and allocation system prototype (SOAR), involving the critical mission environment of the GRU Airport Operational Center. One of the main contributions of this research work is the positive impact that this proposed model adoption might produce in the airport infrastructure enterprises.



KEYWORDS: Airport Collaborative Decision Making, A-CDM, Airport Resource Allocation Management, Situational Awareness, Collaborative Method, Airport Resource Allocation System, Requirements Elicitation.

INTRODUÇÃO

Este trabalho de pesquisa provê a aplicação de um modelo conceitual integrado e colaborativo envolvendo aeroportos, companhias aéreas (Cia. Aéreas) e governo. Ele baseia-se no conceito de *Airport Collaborative Decision Making* (A-CDM) criado pelo EUROCONTROL e representa o resultado parcial de uma prova de conceito realizada no Aeroporto Internacional de Guarulhos (GRU) por pesquisadores do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). O seu principal objetivo é o de descrever o impacto positivo que a adoção deste modelo proposto já vem produzindo na INFRAERO de GRU e ainda poderá produzir em empresas de infraestrutura aeroportuárias.

Inicialmente, foi aplicada a filosofia de ensino da Aprendizagem Baseada em Problemas (*Problem Based Learning* – PBL) utilizada por (Cunha, 2007) [1] nos cursos de graduação e de pós-graduação do ITA e aplicada para o desenvolvimento de um Sistema de Organização e Alocação de Recursos Aeroportuários – SOAR (Falcão, 2009) [2]. Posteriormente, o referido sistema foi melhorado e aplicado em um ambiente de missão crítica para o Centro de Operações Aeroportuárias (COA) de GRU.

A primeira seção deste artigo apresenta o estado atual da aviação civil brasileira, incluindo os principais problemas e necessidades de um modelo conceitual de voos autorizados. A segunda seção introduz o conceito A-CDM, dentro do processo de Alocação de Recursos Aeroportuários, usando um método proposto, algumas técnicas, métricas e uma ferramenta, visando resolver problemas específicos identificado em um típico COA brasileiro. A terceira seção apresenta um estudo de caso com a aplicação deste conceito dentro do contexto do COA de GRU. Finalmente, a última seção provê uma análise dos principais resultados do estudo de caso.

O escopo deste trabalho abrange o processo de Alocação de Recursos Aeroportuários utilizando o conceito A-CDM, a fim de implementar, em um ambiente específico, varias técnicas diferentes aplicadas no aeroporto de GRU. Isso foi realizado principalmente para: a) atender aos planejamentos de voos requisitados pelas Cia. Aéreas e aprovados pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC); b) prover operacionalmente, um melhor controle de alocação de posições de *slot*¹; e c) propiciar a melhora na previsão e verificação dos recursos aeroportuários.

Os principais resultados esperados deste trabalho são a redução de atrasos de voos e a automatização na alocação de recursos aeroportuários em GRU, assim como a melhoria de:

- Velocidade nos pousos e decolagens;
- Segurança nas atividades de pátio do aeroporto;
- Acurácia na utilização de recursos;
- Detecção e prevenção de problemas potenciais na capacidade aeroportuária; e
- Colaboração na entrega de recursos aeroportuários, envolvendo todas as entidades.

¹ Posições de *slot* – locais no pátio de um aeroporto, reservados para os estacionamento de aeronaves.

1. SITUAÇÃO EXISTENTE

A demanda por capacidade aeroportuária da aviação civil brasileira está aumentando anualmente, por volta de 10% dos voos (McKinsey, 2011) [3], fazendo os aeroportos procurarem por novas: soluções; tecnologias de ponta; sistemas compatíveis com diretrizes para controles de informações operacionais; treinamentos constantes de recursos humanos; e melhorias de processos existentes.

Os serviços de carga e passageiros têm requerido tratamentos especiais, em busca de melhor: qualidade; velocidade; conforto; escoamento; segurança; e prevenção de riscos nas operações aeroportuárias. Isto vem ocorrendo, principalmente, devido ao crescimento da demanda interna (pelas Cia. Aéreas) e externa (pelos Consumidores).

Para uma Cia. Aérea operar em uma rota específica é preciso solicitar para a ANAC uma inclusão de Horário de Transporte Aéreo (HOTRAN), aprovado pela Comissão de Coordenação de Linhas Aéreas Regulares² (COMCLAR) (Oliveira, 1999) [4].

Os documentos HOTRAN são aprovados e entregados pela ANAC, que por sua vez, formaliza as concessões para exploração dos serviços ofertados pelas Cia. Aéreas, tais como: voos de passageiros domésticos e internacionais; cargas; e correios. Estas concessões devem incluir: programação, números de voo, frequências, tipos de aeronaves e número de assentos ofertados previamente definidos. Dentro do documento de HOTRAN, uma Cia. Aérea deve seguir alguns procedimentos, conforme previsto no regulamento da Instrução de Aviação Civil (IAC) (Oliveira, 2000) [5].

Como apresentado na Figura 1, as solicitações realizadas pelas Cia. Aéreas com o propósito de inclusão, alteração, suspensão e cancelamento da HOTRAN devem ser entregues à ANAC (COMCLAR), dentro de 15 dias úteis, antes da data esperada para início das operações e depois da primeira reunião do COMCLAR para examinar as requisições. Em seguida, os documentos de HOTRAN aprovados são enviados ao COA e as Cia. Aéreas são notificadas.

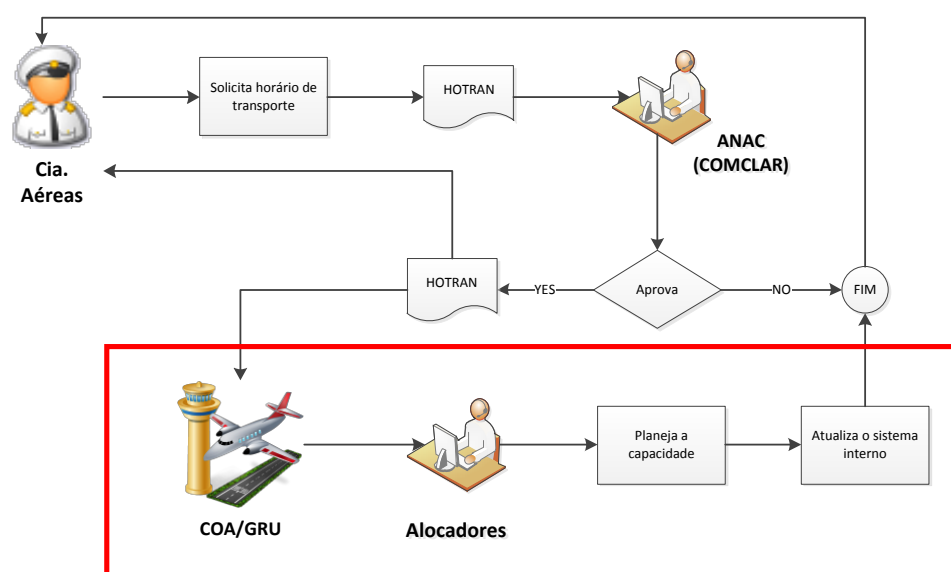


Figura 1 – Modelo conceitual existente de autorizações de voos

² COMCLAR – Comitê que determina a direção da aviação geral, dentro da ANAC.

Dentro do escopo desta investigação, assim como apresentado na Figura 1, os Alocadores³ de recursos aeroportuários possuem o papel de realizar a previsão geral de voos, considerando o tamanho das aeronaves e as possíveis restrições operacionais que existem nas posições de *slot* de aeronaves e terminais de embarque ou desembarque / domésticos e internacionais. Conforme o planejamento operacional, os Alocadores de recursos aeroportuários devem prever os recursos de infraestrutura e todas as facilidades existentes no aeroporto, tais como: pontes de embarque (*fingers*), hidrantes para reabastecimento de aeronaves, *check-ins*, esteiras de bagagem, transportes de passageiros, entre outros.

Uma programação de voos é baseada na previsão dos tempos de chegada e partida de voos (HOTRANs) e inserida no Sistema Informativo de Voo (SIV) do aeroporto, que tem por objetivo informar ao público presente nos terminais, os horários de embarque e desembarque dos voos.

Durante os turnos de trabalho, as informações de voos são recebidas pelos Alocadores de recursos aeroportuários por intermédio de documentos, periodicamente submetidos pelas Cia. Aéreas nacionais e internacionais, usando diversos meios de comunicação. As Cia. Aéreas devem confirmar os próximos voos e seus dados, tais como: totais de assentos utilizados; tipos de equipamentos, prefixos de aeronaves e tempos de chegadas e partidas. Estas informações são registradas no SIV, a fim de atualizar diariamente o sistema, de forma antecipada. Este procedimento é válido, em casos de voos não regulares, cancelamentos, alterações de programação, manutenções de aeronaves, condições do tempo, retornos de voos e emergências.

Possuindo essas informações, os Alocadores de recursos aeroportuários, até a meia noite, realizam o planejamento para as próximas 24 horas de operação, provisionando: posições de aeronaves, portões, salas de embarque e desembarque, esteiras de bagagem e outras facilidades disponíveis na infraestrutura de um aeroporto.

Dentro do contexto de um COA brasileiro, existem necessidades para aplicação de um conceito colaborativo de tomada de decisões. A aplicação deste novo conceito, dentro do COA brasileiro, demanda uma área automatizada para planejamento de voos, integrada com a área de alocação de recursos aeroportuários, visando propiciar a previsibilidade das operações e a redução do tempo de planejamento de voos. Isto deve ser realizado para: evitar retrabalhos; mitigar riscos causados pelo cálculo manual de *wing clearances*⁴ de aeronaves; e prever a capacidade utilizada, evitando subdimensionamentos de recursos aeroportuários.

2. INTRODUÇÃO AO A-CDM PARA ALOCAÇÃO DE RECURSOS AEROPORTUÁRIOS

Esta seção apresenta o conceito A-CDM para o processo de Alocação de Recursos Aeroportuários, o fluxo de informações entre as entidades e seus principais benefícios. Nela, descreve-se o uso: do método proposto, de algumas técnicas, de métricas e de uma ferramenta que caracteriza um A-CDM, de forma a resolver alguns problemas particulares identificados dentro de um COA brasileiro.

³ Alocadores – operadores responsáveis pela alocação de aeronaves nos pátios de um aeroporto.

⁴ *Wing Clearance* – distância, em metros, entre duas pontas de asas de aeronaves estacionadas, lado a lado, em posições de *slot*.

O conceito A-CDM foi criado pela (EUROCONTROL, 2011) [6], visando à integração de tomadas de decisão, de forma colaborativa, envolvendo as entidades apresentadas na Figura 2.



Figura 2 – O fluxo de informações entre as entidades do conceito A-CDM (versão adaptada [6]).

O principal objetivo do A-CDM é garantir que o fluxo de informações entre as entidades seja realizado com eficácia e acurácia, a fim de: melhorar a eficiência operacional dos aeroportos, reduzindo atrasos; aumentar a previsibilidade de eventos, durante o progresso de voos; e otimizar a utilização dos recursos (Martins et al., 2010) [7].

A aplicação do conceito A-CDM provê diversos benefícios para cada entidade, segundo a (EUROCONTROL, 2011) [8].

Para a entidade denominada **Operador Aeroportuário (COA)**, o principal escopo desta investigação é apresentado na Figura 2 que consiste na aplicação do A-CDM para prover os benefícios de aumento: da capacidade de pátio⁵; da utilização de portões; e da estabilidade do tráfego. Neste caso, o A-CDM também provê a redução das distâncias do tráfego para as pistas de rolagem (*taxiways*), minimizando assim os congestionamentos e filas para acessos: às pistas de pousos e decolagens (*runways*); às pistas de rolagens (*taxiways*); e ao pátio (*apron*).

Para a entidade denominada **Controlador de Tráfego Aéreo**, o A-CDM provê os benefícios nas melhorias: da capacidade de planejamento; da qualidade do cálculo de demanda para uma Unidade Central de Fluxo do Tráfego (*Central Flow Management Unit* - CFMU); do atendimento às demandas por posições de *slot* do **Gerenciamento do Controle de Tráfego Aéreo** (*Air Traffic Flow Management* - ATFM); entre outras.

⁵ Pátio – área aeroportuária utilizada pelas aeronaves para: estacionamento, carga, descarga, abastecimento e/ou embarque.

Para a entidade denominada **Operador de Pátio**, o A-CDM provê o benefício de mais precisão na programação dos voos de chegada, permitindo maior qualidade no planejamento e na eficiência da utilização dos recursos aeroportuários.

Para a entidade denominada **Operador de Aeronaves**, o A-CDM provê o benefício de mais consciência situacional sobre as localizações das aeronaves, propiciando mais informações colaborativas e melhor sequenciamento nos tempos dos voos de chegada (Meinerz et al., 2010) [13].

Para a entidade denominada **Unidade Central de Fluxo do Tráfego**, o A-CDM provê o benefício de evitar o excedente aeroportuário e a capacidade de controle do tráfego, garantindo a disponibilidade para uso eficiente.

O Processo de Alocação de Recursos Aeroportuários e o Operador Aeroportuário (COA)

Para cada entidade do A-CDM, existem diversos processos. Entretanto, este artigo aborda apenas o processo de Alocação de Recursos Aeroportuários atribuído à entidade Operador Aeroportuário (COA).

No contexto dos maiores aeroportos brasileiros, existem dois tipos principais de controles, compostos pela Torre de Controle (*Control Tower* - TWR) e pelo Controle de Pátio (*Ground Control* - GC) ou COA. Geralmente, uma TWR é responsável pelo controle do tráfego aéreo (sequenciamento de pousos e decolagens, entre outras atividades). Logo após o pouso de uma aeronave, quando esta deixa a pista (*runway*), o trabalho de coordenar a alocação da mesma no pátio passa a ser de responsabilidade do COA. Neste caso, o processo de Alocação de Recursos Aeroportuários, de responsabilidade do Operador Aeroportuário (COA), é composto pelas atividades de: organizar as aeronaves nas posições de *slot*; liberar os portões de terminais; controlar as salas de embarque e desembarque; entre outras.

O Método Colaborativo proposto para o Processo de Alocação de Recursos Aeroportuários

Para o processo de alocação de recursos aeroportuários, o método colaborativo investigado, concebido e implementado visa: melhorar a eficiência operacional aeroportuária; aumentar a previsibilidade de eventos; e aperfeiçoar a utilização de recursos.

Além disso, o método colaborativo proposto tem a finalidade também de: mitigar os riscos; evitar os retrabalhos desnecessários, causados pelo cálculo manual de *wing clearances*; e prever os subdimensionamentos de recursos aeroportuários. Este método é apresentado na Figura 3 e descrito, em seguida, em quatro passos.

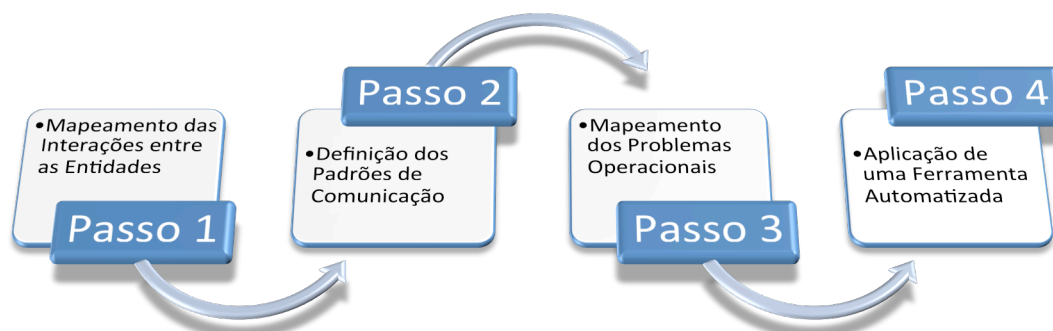


Figura 3 – O método colaborativo proposto para o processo de alocação de recursos aeroportuários

O Passo 1 do método colaborativo proposto consiste no **Mapeamento das Interações entre as Entidades** (Cia. Aéreas, Agências Reguladoras e Empresas de Infraestrutura Aeroportuárias). Este passo faz-se necessário para propiciar análises das interações entre as entidades envolvidas.

Essas análises são necessárias face às freqüentes alterações de voos, manutenções de aeronaves e outros eventos de atrasos causados por incidentes envolvendo, por exemplo: condições climáticas e Cia. Aéreas. Os padrões e documentos autorizados pelas agências reguladoras devem ser revistos para propiciar comparações com procedimentos aeroportuários. No caso de novos padrões ou alterações destes procedimentos, todas as informações devem ser documentadas e reportadas.

O Passo 2 consiste na **Definição dos Padrões de Comunicação** entre as entidades. Neste passo, são definidos todos os procedimentos de comunicação tais como: e-mails, faxes, telefonemas e/ou reuniões operacionais. Além disto, dentro do processo de alocação de recursos, normalmente, deve-se realizar também uma análise para identificar maiores efetividades e velocidades nas comunicações. Finalmente, um padrão de comunicação deve ser escolhido, estabelecido e utilizado, sempre que possível, entre as entidades envolvidas.

O Passo 3 consiste na identificação, investigação e **Mapeamento dos Problemas Operacionais** entre Cia. Aéreas, Agências Reguladoras e de Infraestrutura Aeroportuárias, para buscar possíveis soluções. No caso de recorrência de problemas similares, soluções anteriores, geralmente, devem ser consultadas.

O Passo 4 consiste na **Aplicação de uma Ferramenta Automatizada**. Neste passo, deve-se utilizar um protótipo de sistema, para melhoria do processo de alocação de recursos aeroportuários. Neste contexto, uma ferramenta automatizada deve ser escolhida para propiciar a identificação dos problemas dentro do pátio de alocação do aeroporto e na detecção de recursos necessários em tempo real. Durante a aplicação da ferramenta, todos os processos obtidos a partir do Passo 1 até o Passo 3, devem ser ajustados e inseridos dentro deste Passo 4.

As Técnicas de Especificação de Requisitos Aplicadas no Passo 3 do Método Colaborativo

Em cada passo do método colaborativo, dentro do processo de alocação de recursos aeroportuários, pode-se aplicar um grupo específico de técnicas. Este artigo descreve somente as técnicas de Especificação de Requisitos utilizadas na execução do Passo 3.

As técnicas para Especificação de Requisitos visam identificar, entre os *stakeholders*⁶, todos os objetivos do sistema e do produto, a fim de prover parâmetros para garantir suas qualidades. As técnicas principais utilizadas para executar o Passo 3 (Mapeamento dos Problemas Operacionais) são: Entrevista, *Brainstorming* e Prototipação.

A técnica de Entrevista utiliza-se em pesquisas de campo, para coletar informações, permitindo-se a comunicação entre os *stakeholders*, os analistas de negócios e/ou os engenheiros de requisitos (Kotonya and Sommerville, 1998) [9].

A técnica de *Brainstorming* realiza-se em ambientes informais, envolvendo um moderador que deve encorajar os participantes a terem ideias novas para resolver problemas específicos. Nesta técnica, todas ideias precisam ser consideradas, evitando-se criticar sugestões.

A técnica de Prototipação consiste em construir um protótipo, a partir de requisitos mapeados inicialmente com os usuários, onde o principal benefício consiste em apresentar diversas alternativas sem gastar muitos esforços e recursos. Depois do protótipo aprovado pelos usuários, os desenvolvedores precisam criar um documento de especificação de requisitos junto a interface do produto (McConell, 1998) [10].

As Métricas Temporais Aplicadas no Passo 4 do Método Colaborativo

As métricas são geralmente projetadas para mensurar resultados obtidos, a partir das atividades de um estudo de caso. Atualmente, a alocação de recursos aeroportuários representa um processo realizado pela entidade Operador Aeroportuário (COA). Para cada atividade do COA, no processo de alocação de recursos aeroportuários, deve ser analisado e mensurado o seu tempo de execução.

Dentro do contexto do Passo 4 (Aplicação de uma Ferramenta Automatizada), uma comparação deve ser definida entre as atividades existentes no COA, sem e com a utilização de uma ferramenta automatizada. Um *layout* é apresentado na Tabela 1 resumizando as atividades do COA, sem e com a sua utilização.

⁶ Stakeholder – uma pessoa, grupo ou organização com um interesse em um projeto.

Tabela 1 – Um *Layout* para as Métricas das Atividades do COA

Atividades/Métricas	Tempo de Execução das atividades do COA <u>sem</u> a ferramenta (min:seg)	Tempo de Execução das atividades do COA <u>com</u> a ferramenta (min:seg)	Diferença de Tempo (min:seg)	A melhor ferramenta adaptada para as atividades do COA
< Descrição da atividade a ser mensurada >	MM:SS	MM:SS	MM:SS	<Descrição da melhor ferramenta >
...

Uma Ferramenta Automatizada Aplicada no Método Colaborativo

Neste ponto, deve-se identificar uma ferramenta automatizada de aplicação no método colaborativo proposto para o processo de alocação de recursos aeroportuários. Esta ferramenta automatizada deve ser capaz de propiciar pelo menos as seguintes funcionalidades:

- Importação dos padrões de mensagens validadas pelo órgão regulador (ANAC) tais como as mensagens de voo IATA⁷ e/ou ICAO⁸;
- Planejamento dos trilhos de voos⁹ para chegadas e partidas;
- Planejamento dos movimentos de solo;
- Programação das alocações de aeronaves para posições de *slot*, considerando-se os cálculos de *wing clearances* e outras regras; e
- Monitoramento das informações de voos, em tempo real, por meio de telas visuais.

3. ESTUDO DE CASO

Esta seção apresenta um estudo de caso, aplicando-se o conceito de A-CDM ao contexto do processo de alocação de recursos aeroportuários. Ela descreve a aplicação do método proposto, utilizando-se uma técnica, algumas métricas, e também uma ferramenta automatizada, denominada Sistema de Organização e Alocação de Recursos Aeroportuários (SOAR) (Falcão, 2009) [2], para resolver problemas específicos identificados dentro do COA/GRU.

⁷ IATA – abreviação para *International Air Transport Association*.

⁸ ICAO - abreviação para *International Civil Aviation Organization*.

⁹ Trilho de voo – uma concatenação de voos de chegada e partida em uma mesma informação.

A ferramenta de software SOAR foi desenvolvida a partir do resultado de mais de quatro anos de pesquisas, envolvendo pesquisadores do ITA (ITA, 2011) [11], a empresa SysPort (SysPort, 2011) [12] e o COA em GRU.

A partir do modelo conceitual existente de autorizações de voos apresentado na Figura 1, e também do fluxo de informações entre as entidades do A-CDM, apresentado na Figura 2, este estudo de caso envolveu somente a entidade Operador Aeroportuário (COA). Neste caso, os quatro passos do método colaborativo proposto foram aplicados ao processo de alocação de recursos no COA/GRU.

No Passo 1, Mapeamento das Interações entre as Entidades, foi aplicado analisando-se a comunicação e a transferência de informações de voos entre as entidade envolvidas.

No Passo 2, Definição dos Padrões de Comunicação, identificou-se um padrão único de comunicação entre as Cia. Aéreas e demais entidades, aplicando-o, por meio de diferentes mídias, o envio das informações de voos.

No Passo 3 do método proposto, três técnicas para mapeamento de problemas operacionais foram utilizadas para a Especificação de Requisitos: Entrevistas, *Brainstorming* e Prototipação.

No Passo 4, a ferramenta de automatização SOAR foi aplicada para propiciar uma análise e mensuração do tempo de execução do processo de alocação de recursos aeroportuários no COA/GRU. Dentro deste passo, para cada atividade deste processo, uma medição temporal de execução foi escolhida. Finalmente, realizou-se uma comparação sem e com o uso da ferramenta automatizada SOAR, conforme previsto no *layout* apresentado na Tabela 1.

Uma Aplicação da Ferramenta Automatizada SOAR no Método Colaborativo

Após a realização com sucesso dos Passos 1, 2 e 3, aplicou-se, no Passo 4 do método colaborativo, a ferramenta automatizada SOAR, desenvolvendo-se um protótipo de sistema denominado PROT-SOAR-GRU, para otimizar o processo de alocação de recursos no COA/GRU e identificar problemas no seu pátio aeroportuário.

Esse protótipo foi implementado no estudo de caso do COA/GRU para prover funcionalidades específicas tais como: a) importação das mensagens de voo aprovadas pela ANAC no padrão IATA ou ICAO; b) planejamento dos trilhos de voos de GRU, envolvendo chegadas e partidas; c) planejamento dos movimentos das aeronaves no solo; d) programação das alocações de aeronaves, envolvendo cálculos automatizados como, por exemplo, *wing clearances*; além de outras funcionalidades. Além disso, o desenvolvimento deste protótipo também propiciou o acompanhamento, em tempo real, das informações de voo de GRU, por meio de gráficos de GANTT e de visualizações gráficas do seu pátio de estacionamento de aeronaves.

O referido protótipo aplicou o conceito A-CDM, no contexto do COA/GRU. O objetivo principal da aplicação deste conceito neste contexto foi a implementação de um fluxo de informações colaborativas entre as Cia. Aéreas, a ANAC, a INFRAERO (COA/GRU) e a Sociedade, conforme apresentado na Figura 4.



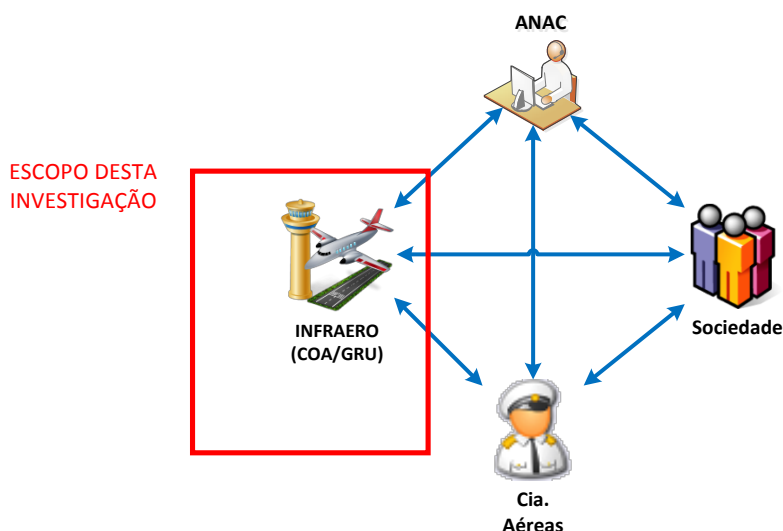


Figura 4 – O contexto do COA/GRU no conceito A-CDM

O processo de Alocação de Recursos Aeroportuários do COA/GRU tem as responsabilidades principais de: receber os voos aprovados pela ANAC; planejar as necessidades de capacidade aeroportuária; programar as alocações de voos e os movimentos no solo; agendar os voos diários; gerenciar as alocações de recursos; e monitorar as operações aeroportuárias em geral.

Uma Aplicação do Método Colaborativo no COA/GRU

O método colaborativo proposto foi aplicado com sucesso, utilizando-se o protótipo PROT-SOAR-GRU, por meio de uma execução completa de seus quatro passos.

Passo 1 Mapeamento das Interações entre as Entidades – este passo foi aplicado para o mapeamento das interações entre as Cia. Aéreas, a ANAC e a INFRAERO (COA/GRU), utilizando-se as comunicações e transferências das informações de voos entre estas entidades, via sistemas existentes, como a melhor forma de apoiar as tomadas de decisões. Este passo propiciou apropriadas análises das interações entre as entidades envolvidas.

Passo 2 Definição dos Padrões de Comunicação – este passo foi aplicado somente para as Cia. Aéreas, no envio das informações de voos, por meio de diferentes mídias (fax, e-mail, ou mesmo pessoalmente). Neste passo, podem-se constatar os riscos que as operações encontram-se sujeitas. Por exemplo, em GRU, atualmente, estas informações podem chegar com atrasos. Neste caso, tornou-se possível formular novos procedimentos padrão para melhorar entregas efetivas das informações de voo e dos planejamentos diários, por meio da utilização de e-mails enviados diariamente até 23 h 59 min.

Passo 3 Mapeamento dos Problemas Operacionais – neste passo, foi aplicado o mapeamento de algumas dificuldades operacionais minimizadas dentro do COA/GRU. Por exemplo, a falta de compartilhamento das informações entre as Cia. Aéreas e o COA/GRU, durante as alterações de tipos de aeronaves em operações de voos. Neste caso, embora o COA/GRU tivesse conhecimento de que um tipo específico de aeronave iria operar um determinado voo, quando ocorreu uma mudança no referido tipo de aeronave, esta mudança pôde se refletir imediata e diretamente no tamanho e na envergadura da asa da aeronave, impactando no *wing clearances*. Portanto, caso esta informação não seja entregue em tempo

hábil, o alocador de recursos do COA/GRU não terá condições para alocar, apropriadamente, a aeronave em uma posição de *slot*.

Passo 4 Aplicação de uma Ferramenta Automatizada – neste passo, o protótipo PROT-SOAR-GRU foi utilizado para prover várias funcionalidades quanto à alocação de recursos, propiciando maior produtividade para inserção, planejamento, programação e monitoramento, em tempo real, de alocação de recursos aeroportuários.

Uma Aplicação de Técnica no Passo 3 do Método Colaborativo para o COA/GRU

No passo 3 do método colaborativo proposto, algumas técnicas de Especificação de Requisitos foram aplicadas no COA/GRU, para mapear os problemas operacionais. Esta investigação relata apenas a técnica de Entrevista, considerada como a mais utilizada, em função das restrições de espaço e tempo.

A técnica de Entrevista foi aplicada em todas as áreas do COA/GRU, iniciando com os alocadores de recursos para obter as informações operacionais diárias.

Em seguida, essa técnica foi aplicada aos operadores de rádio, para coletar informações detalhadas entre os alocadores de recursos e outras entidades operacionais (Controladores TWR).

Depois disso, os coordenadores de planejamento de voos e de terminal de passageiros também foram entrevistados, para coletar informações sobre a capacidade de GRU, as filas de *check-in* e os horários de pico de operações.

Finalmente, a técnica de Entrevista envolveu os supervisores e os gerentes. A partir destes *stakeholders*, foi possível coletar algumas informações estratégicas importantes para verificar as relações entre as Cias. Aéreas, o COA/GRU e a Sociedade (passageiros, usuários e outros), convergindo-se com outras entrevistas operacionais, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Frequência da Aplicação da Técnica de Entrevista

Stakeholder	Periodicidade
Alocador de Recursos Aeroportuários	Diária
Operador de Rádio-Escuta	Diária
Coordenadores de Planejamento	Diária
Supervisores	Mensal
Gerentes	Bimestral

Uma Aplicação de Métricas Temporais no Passo 4 do Método Colaborativo para o COA/GRU

Neste estudo de caso, as métricas temporais foram aplicadas em 50 diferentes atividades no GRU/COA. A partir destas atividades, 38 delas apresentaram uma redução do seu tempo de execução. A Tabela 3 apresenta apenas quatro delas. Para cada uma das quatro atividades (linhas da Tabela 3), o tempo de execução de um processo de alocação e as suas diferenças foram mensuradas, conforme apresentado nas colunas da Tabela 3. As três seguintes métricas foram aplicadas: Tempo de execução das atividades no COA sem a ferramenta SOAR (min:seg); Tempo de execução de atividades do COA com a ferramenta SOAR (min:seg); e Diferença de tempo entre eles (min:seg).

Tabela 3 – Aplicação das Métricas Temporais das Atividades do COA/GRU

Atividades/Métricas	Tempo de Execução das atividades do COA <u>sem</u> a ferramenta SOAR (min:seg)	Tempo de Execução das atividades do COA <u>com</u> a ferramenta SOAR (min:seg)	Diferença de Tempo (min:seg)	A melhor ferramenta adaptada para as atividades do COA
A. Inserção de voos aprovados pelo órgão regulador (ANAC)	01:00	00:01	00:59	A-CDM/SOAR
B. Inserção dos planejamentos de voo B.1. Programação diária dos voos	180:00	60:00	120:00	A-CDM/SOAR
C. Monitoramento dos voos, em tempo real, por meio da tela contendo o gráfico de GANTT C.1. Monitoramento dos voos, em tempo real, por meio da tela contendo o pátio das aeronaves	01:00	00:01	00:59	A-CDM/SOAR
D. Preparação de relatórios e gráficos para apoio à tomada de decisão	240:00	00:10	239:50	A-CDM/SOAR

As Figuras 5 a 10 mostram os principais resultados aplicados ao protótipo de software PROT-SOAR-GRU nas quatro atividades (A, B, C e D) do COA/GRU da Tabela 3.

A. Atividade de Inserção de voos aprovados pelo órgão regulador (ANAC)

O protótipo de software PROT-SOAR-GRU propiciou a inserção de voos aprovados pela ANAC, utilizando os padrões IATA e ICAO, em determinados períodos (temporadas), conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 – A. Atividade de Inserção de voos aprovados pelo órgão regulador (ANAC)

B. Atividade de Inserção dos planejamentos de voo

Após inserir os voos aprovados pela ANAC, conforme apresentado na Figura 5, o protótipo de software PROT-SOAR-GRU permitiu também a inserção dos planejamentos dos trilhos de voos e dos movimentos do pátio de aeronaves, para um período (temporada) completo especificado, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6 – B. Atividade de Inserção dos planejamentos de voo

B.1. Subatividade de Programação diária de voos

Após inserir os planejamentos de voos, conforme apresentado na Figura 6, o alocador de recursos utilizou o protótipo de software PROT-SOAR-GRU para elaborar a programação dos voos, por um dia ou mais. Neste ponto, o protótipo de software apresentou as posições de *slot* disponíveis, baseado em algoritmos desenvolvidos a partir das regras de negócio do COA/GRU, conforme apresentado na Figura 7.

Seq.	Voo	Equ.	Origem	Chegada	Destino	Partida	Minutos	Tipo	Posição
1	DL 0205	763/B 763	DTW/KDTW	19/03/2011 09:00		19/03/2011 10:01	61	F	H01
2	DL 0205	763/B 763	DTW/KDTW	19/03/2011 10:02		19/03/2011 22:24	742	R	H00
3	DL 0204	763/B 763		19/03/2011 22:25	DTW/KDTW	20/03/2011 00:00	95	F	H01B
4	DL 0204	763/B 763		20/03/2011 00:01	DTW/KDTW	20/03/2011 00:25	24	F	H02

Programação	Chegada	Voo	Partida	Voo	Tipo
	19/03/2011 05:20	BA 0247	19/03/2011 16:15	BA 0246	
	19/03/2011 05:20	BA 0247	19/03/2011 16:15	BA 0246	
DL	19/03/2011 09:00	DL 0205	20/03/2011 00:25	DL 0204	
G3	19/03/2011 05:50	G3 7623	19/03/2011 07:05	G3 7623	
KL	19/03/2011 19:10	KL 0791	19/03/2011 21:10	KL 0792	

Figura 7 – B.1. Subatividade de Programação diária de voos

C. Atividade de Monitoramento dos voos, em tempo real, por meio da tela contendo o gráfico de GANTT

Em função dos voos Inseridos (Figura 5), Planejados (Figura 6) e Programados (Figura 7) no protótipo de software PROT-SOAR-GRU, foram visualizados os voos diários programados, em tempo real, em formato GANTT (sob a forma de quadro), conforme apresentado na Figura 8.

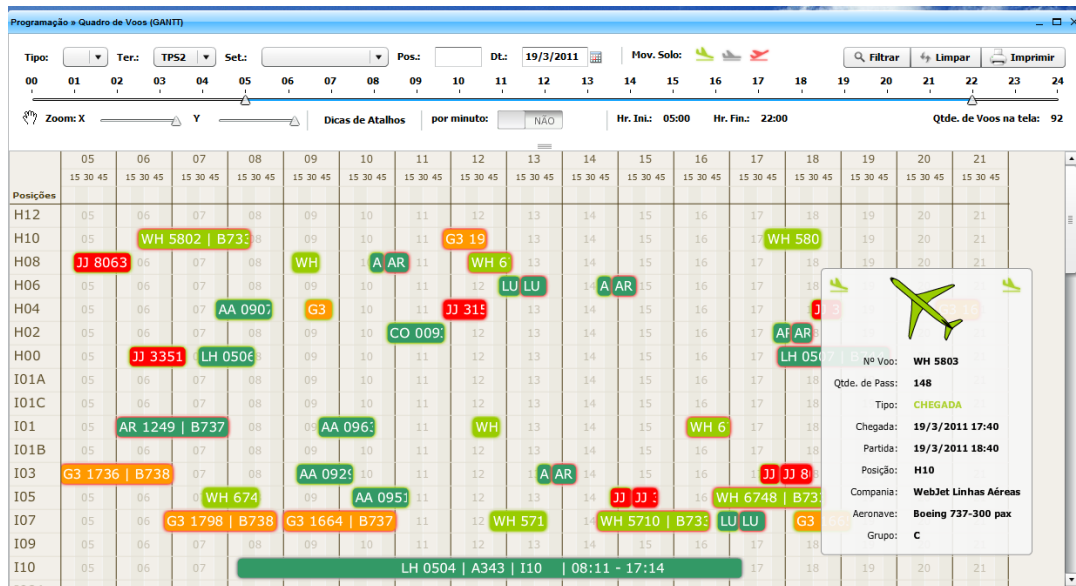


Figura 8 – C. Atividade de Monitoramento dos voos, em tempo real, por meio da tela contendo o gráfico de GANTT

C.1. Subatividade de Monitoramento dos voos, em tempo real, por meio da tela contendo o pátio das aeronaves

O protótipo de software PROT-SOAR-GRU permitiu que o alocador de recursos monitorasse o pátio de estacionamento de aeronaves de GRU, por meio de inspeções visuais. A Figura 9 apresenta a tela de monitoramento do modelo do pátio de GRU, onde 1 *pixel* representa 1,8 metros na escala real. Nesta tela, apresenta-se um exemplo de visualização precisa das posições de *slot* utilizadas para se localizar voos no pátio, por meio do menu lateral esquerdo. Esta Figura 9 exemplifica a passagem do mouse sobre uma aeronave posicionada na representação do pátio de GRU. Nela, aparece uma janela suspensa (*pop-up*), apresentando informações detalhadas sobre um determinado voo.

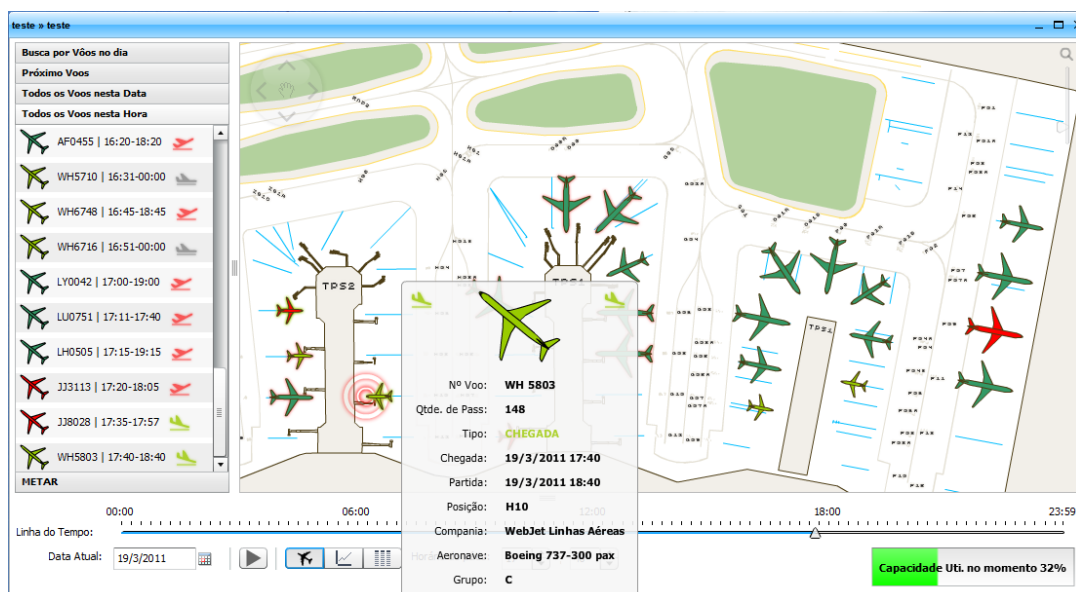


Figura 9 – C.1. Subatividade de Monitoramento dos voos, em tempo real, por meio da tela contendo o pátio das aeronaves

D. Atividade de Preparação de relatórios e gráficos para apoio à tomada de decisão

Finalmente, a última atividade descrita neste artigo foi realizada, por meio do acionamento da tela de relatórios apresentada na Figura 10, que forneceu representações gráficas para auxiliar o alocador de recursos em suas tomadas de decisões.



Figura 10 – D. Atividade de Preparação de relatórios e gráficos para apoio à tomada de decisão

4. A ANÁLISE DOS RESULTADOS PRINCIPAIS

O método de colaborativo proposto, juntamente com suas técnicas, métricas e protótipo de software PROT-SOAR-GRU foram utilizados no processo de alocação de recursos do COA/GRU, mostrando que, nas 50 atividades utilizadas neste estudo de caso, 38 delas apresentaram melhorias.

Após a aplicação com sucesso do novo método colaborativo proposto, obteve-se ganhos de até 3 horas nas atividades de alocação de recursos aeroportuários. Ao se inserir, planejar e programar voos foram obtidos resultados significativos no processo de tomada de decisão.

Os cálculos automatizados de posições de *slot*, realizados por meio do protótipo de software PROT-SOAR-GRU, permitiram melhorias e maior agilidade no processo de alocação de recursos em GRU e propiciaram operações de pátio mais eficazes, confiáveis e seguras.

Em comparação com as atividades anteriores de controle do COA/GRU para o processo de alocação de recursos aeroportuários, o método colaborativo proposto foi capaz de fornecer, entre outros resultados:

- Reduções nos tempos necessários para o tratamento de voos (chegadas e partidas);
- Uma nova interface mais amigável para inserção, planejamento e programação de voos;
- Alocações mais rápidas de posições de *slot*, com reduções dos atrasos de voos;

- Aumento na precisão da utilização dos recursos, permitindo melhores detecções e prevenções de problemas potenciais na capacidade de GRU; e
- Melhorias nas colaborações entre as entidades envolvidas no fornecimento dos recursos aeroportuários.

CONCLUSÃO

Este artigo apresentou resultados parciais de uma prova de conceito realizada com sucesso por pesquisadores do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) no Aeroporto Internacional de Guarulhos (GRU). Ele teve como objetivo principal descrever os impactos positivos que a adoção de um método colaborativo proposto para alocação de recursos poderá produzir em empresas de infraestrutura aeroportuária.

Neste artigo, foi sintetizada a investigação de um modelo conceitual integrado e colaborativo, envolvendo as entidades Cia. Aéreas, Agências Reguladoras e Empresas de Infraestrutura Aeroportuárias. Este modelo baseia-se no conceito de *Airport Collaborative Decision Making* (A-CDM) criado pela EUROCONTROL.

A motivação inicial desta investigação surgiu a partir da aplicação da metodologia *Problem Based Learning* (PBL) em cursos de graduação e de pós-graduação no ITA. Em seguida, esta pesquisa foi estendida para um ambiente de missão crítica aplicado ao Centro de Operações Aeroportuárias (COA) de GRU, utilizando a ferramenta automatizada denominada Sistema de Organização e Alocação de Recursos Aeroportuários (SOAR).

O método colaborativo, suas técnicas e métricas foram implementadas em um protótipo de software automatizado chamado PROT-SOAR-GRU, utilizado no processo de Alocação de Recursos do COA/GRU, apresentando 50 atividades aplicadas ao estudo de caso, onde 38 delas puderam ser melhoradas.

O novo método colaborativo proposto e implementado proporcionou uma economia de até 3 horas diárias na alocação de recursos aeroportuários, durante os experimentos no aeroporto.

Um dos resultados mais significativos obtidos no processo de tomada de decisões para alocação de recursos aeroportuários no COA/GRU foi a melhoria na inserção, no planejamento e na programação de voos.

Com a adoção do método colaborativo proposto, os impactos positivos constatado nesta investigação foram a redução de atrasos nos voos e a automatização da alocação de recursos, em um ambiente de infraestrutura aeroportuário brasileiro.

Os autores deste trabalho de investigação recomendam que o método colaborativo proposto neste artigo seja também aplicado e estendido aos demais aeroportos brasileiros. Para trabalhos futuros, recomendam-se as realizações de pesquisas sobre previsões de capacidades e otimizações de recursos aeroportuários.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Cunha, A. M. (2007) Database System Project Course syllabus from the Brazilian Aeronautics Institute of Technology – ITA, Sao Jose dos Campos, Sao Paulo, Brazil, 1st semester, 2007.
- [2] Falcao, J. B. (2009). “*TECSOAR - Uma tecnica para desenvolvimento de sistemas especialistas na organizacao e alocao de recursos aeroportuarios*”, Master Degree Thesis, ITA, Sao Jose dos Campos, Sao Paulo, Brazil.
- [3] McKinsey (2011), “*Estudo do Setor de Transporte Aereo*”, Latin American Airport Infrastructure Seminar, Sao Paulo, Brazil, page 9.
- [4] Oliveira, M. A. (1999), “*COMCLAR -PORTARIA N° 692/DGAC*”, Departamento de Aviacao Civil, October, 1999.
- [5] Oliveira, M. A. (2000), “*IAC 1223 - PORTARIA N° 033/DGAC. NORMAS PARA CONFECCAO E APROVACAO DE HORARIO DE TRANSPORTE – HOTRAN*”, Departamento de Aviacao Civil, January, 2000.
- [6] EUROCONTROL (2011), “Airport Collaborative Decision Making”, <http://www.euro-cdm.org/>, accessed online, on March, 2011.
- [7] Martins, O. A.; Loubach, D. S.; Meinerz, G. V.; and Cunha, A. M. (2010), Collaborative Decision Making and Information Sharing for Air Traffic Management Operations. In: Chapter 13 - Computational Models, Software Engineering, and Advanced Technologies in Air Transportation. Pages 261-286. New York, NY: Hershey.
- [8] EUROCONTROL (2011), “Airport CDM Cost Benefit Analysis”, http://www.euro-cdm.org/library/cdm_cba.pdf, accessed online, on March, 2011.
- [9] Kontonya, G. and Sommerville I. (1998), “Requirements Engineering: Processes and Techniques”. New York, NY: John Wiley & Sons Inc., ISBN: 0471972088.
- [10] McConnel, S. (1998), “Software Project Survival Guide: How to Be Sure Your First Important Project Isn't Your Last”. Microsoft Press, Redmond, WA, ISBN: 1-57231-621-7.
- [11] ITA (2011), Brazilian Aeronautics Institute of Technology - ITA, <http://www.ita.br/ingles/ingles.htm>, accessed online, on March, 2011.
- [12] SysPort (2011), Sistemas Aeroportuários. <http://www.sysport.com.br>, accessed online, on Agosto, 2011.
- [13] Meinerz, G. V.; Gerhold, T.; Hüttig, G.; and Cunha, A. M. (2010), “C-ATM/BR: A Cooperative ATM Concept Preliminary Definition for the Brazilian Environment”, IX SITRAER - Simpósio de Transporte Aéreo, Manaus, AM, Brazil.