

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



Franco Mendonça Yassoyama

Contribuições na Solução de Problemas Operacionais de
Companhias Aéreas

Trabalho de Graduação
2010

Civil-Aeronáutica

Franco Mendonça Yassoyama

**Contribuições na Solução de Problemas Operacionais de
Companhias Aéreas**

Orientador
Prof. Dr. Cláudio Jorge Pinto Alves

Divisão de Engenharia Civil

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
COMANDO GERAL DE TECNOLOGIA AEROESPACIAL
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Divisão de Informação e Documentação

Yassoyama, Franco Mendonça
Contribuições na Solução de Problemas Operacionais de Companhias Aéreas / Franco Mendonça
Yassoyama.

São José dos Campos, 2010.

90 f.

Trabalho de Graduação – Divisão de Engenharia Civil –
Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2010. Orientador: Prof. Cláudio Jorge Pinto Alves.

1. Problemas Operacionais de Companhias Aéreas. 2. Programação por Restrições. 3. Tráfego
Aéreo. I. Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial. Instituto Tecnológico de
Aeronáutica. Divisão de Engenharia Civil. II. Título

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

YASSOYAMA, Franco Mendonça. **Contribuições na Solução de Problemas Operacionais de Companhias Aéreas**. 2010. 90 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Franco Mendonça Yassoyama

TÍTULO DO TRABALHO: Contribuições na Solução de Problemas Operacionais de
Companhias Aéreas

TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação / 2010

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



Franco Mendonça Yassoyama
Rua Amapá, nº 797, apto 52, Fernandópolis
15600-000 – São Paulo – SP

CONTRIBUIÇÕES NA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS OPERACIONAIS DE COMPANHIAS AÉREAS

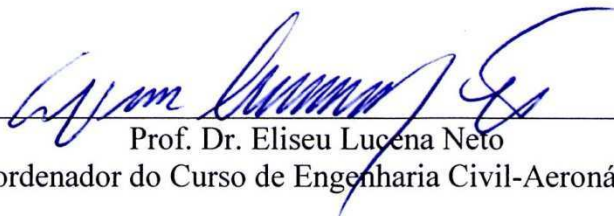
Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação



Franco Mendonça Yassoyama
Autor



Prof. Dr. Cláudio Jorge Pinto Alves
Orientador



Prof. Dr. Eliseu Lucena Neto
Coordenador do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

São José dos Campos, 25 de Novembro de 2010

Dedico este trabalho às duas pessoas que
mais amo, cada uma de uma maneira
diferente, mas ambas pelo mesmo
motivo e de forma incomensurável:
meu pai e minha mãe.

Agradecimentos

Ao meu pai, Kiyoshi, por ser o meu maior exemplo de honestidade, humildade e paixão pela profissão.

À minha mãe, Maria Christina, por poder dizer, com orgulho e plena certeza, que eu tenho a melhor mãe do mundo e pelo carinho, amor e apoio incondicionais.

Ao meu irmão, Caio, por me ajudar sempre que eu precisei.

A todo o resto da minha família, por tudo o que representam para mim.

Ao meu orientador, Cláudio Jorge, pela presteza em orientar esse trabalho e por me ajudar sempre que precisei.

A todos os demais professores que tive, desde o Jardim de Infância até o ITA, por todo o conhecimento transmitido.

Aos pesquisadores e doutorandos da ENAC, pela receptividade e paciência em me ensinar francês.

Aos meus colegas de turma, pela convivência nos últimos cinco anos.

Aos meus verdadeiros amigos, por me proporcionarem vários momentos inesquecíveis.

*"Somos feitos de emoções, basicamente
todos nós estamos procurando por
emoções, é apenas uma questão de
encontrarmos a maneira com que
devemos vivenciá-las."*

Ayrton Senna

Resumo

Este trabalho apresenta a concepção e implementação de um algoritmo para a elaboração de um plano provisório, no tocante a horários de vôos e designação de aeronaves, para que uma dada Companhia Aérea, em face a um problema operacional de qualquer ordem, possa retornar às suas operações normais o mais rápido e com o menor custo possível.

A concepção da solução foi desenvolvida em conjunto com os pesquisadores do LARA (*Laboratoire de Recherche Opérationnelle et Automatique*), um dos laboratórios de pesquisa da ENAC (*École Nationale de l'Aviation Civile*), situada em Toulouse, França. A implementação foi feita em C++, lançando mão do software IBM ILOG Solver V6.7, o qual utiliza a programação por propagação de restrições para solucionar vários tipos de problemas, entre eles os problemas combinatórios.

Abstract

This work presents the design and the implementation of an algorithm for drawing up a provisional plan, which deals with flight schedule and assignment of aircrafts, for a given airline, in the face of an operational problem, can return to their normal operations as quickly, and with minimal cost, as possible.

The design of the solution was developed jointly with researchers from LARA (*Laboratoire de Recherche et Automatique Opérationnelle*), one of the research laboratories of ENAC (*École Nationale de l'Aviation Civile*), located in Toulouse, France. The implementation was done in C + +, making use of IBM ILOG Solver V6.7, which uses a programming constraint propagation to solve various problems, including combinatorial problems.

Lista de Figuras

FIGURA 3.1 - PROCESSO DE SOLUÇÃO.	6
FIGURA 3.2 - ÁRVORE DE BUSCA.	8
FIGURA 3.3 - PRIMEIRO PASSO DA ESTRATÉGIA DE BUSCA.	9
FIGURA 3.4 - ÁRVORE DE BUSCA APÓS A PRIMEIRA PROPAGAÇÃO DE RESTRIÇÕES DURANTE A PESQUISA.	10
FIGURA 3.5 - RECUO DE UM NÍVEL NA ÁRVORE DE BUSCA (<i>BACKTRACKING</i>).	10
FIGURA 3.6 - TENTATIVA DO PRÓXIMO RAMO DA ÁRVORE DE BUSCA.	11
FIGURA 3.7 - SOLUÇÃO ADMISSÍVEL ENCONTRADA.	11
FIGURA 4.1 - EXEMPLO DE ROTAÇÃO DE UMA AERONAVE.	13
FIGURA 4.2 - EXEMPLO DE COMO DEVE SER CONTABILIZADOS OS POUSOS E AS DECOLAGENS.	14

Lista de Tabelas

TABELA 3.1 - ESPAÇO DE BUSCA.	7
TABELA 0.1 - DADOS DO ARQUIVO <i>CONFIG.CSV</i> .	46
TABELA 0.2 - DADOS DO ARQUIVO <i>AIRCRAFT.CSV</i> .	46
TABELA 0.3 - DADOS DO ARQUIVO <i>AIRPORTS.CSV</i> .	48
TABELA 0.4 - DADOS DO ARQUIVO <i>DIST.CSV</i> .	49
TABELA 0.5 - DADOS DO ARQUIVO <i>FLIGHTS.CSV</i> .	56
TABELA 0.6 - DADOS DO ARQUIVO <i>POSITION.CSV</i> .	63
TABELA 0.7 - DADOS DO ARQUIVO <i>ROTATIONS.CSV</i> .	64
TABELA 0.8 - DADOS DAS PERTURBAÇÕES NOS VÔOS, CONTIDOS NO ARQUIVO <i>ALT_FLIGHTS.CSV</i> .	69
TABELA 0.9 - SOLUÇÃO PARA AS ROTAÇÕES NO PLANO PROVISÓRIO.	69

Sumário

1	Introdução.....	1
1.1	Motivação	1
1.2	Objetivo	1
1.3	Apresentação do Problema	1
2	Programação por Restrições.....	2
3	IBM ILOG Solver V6.7	3
3.1	Programação por Restrições Utilizando o ILOG	4
3.2	Exemplo	4
3.2.1	Descrição	4
3.2.2	Modelo.....	5
3.2.3	Solução	6
4	<i>ROADEF 2009 Challenge</i>	12
4.1	Introdução	12
4.2	Horários de Vôos	12
4.3	Principais Variáveis	13
4.3.1	Aeroportos	13
4.3.2	Frota de Aeronaves	14
4.4	Formulação do Problema	15
4.5	Restrições.....	16
4.6	Formato dos Exemplos Fornecidos.....	17
4.6.1	Tipos de Dados	17
4.6.2	Arquivo <i>config.csv</i>	18
4.6.3	Arquivo <i>airports.csv</i>	20
4.6.4	Arquivo <i>dist.csv</i>	21
4.6.5	Arquivo <i>flights.csv</i>	22

4.6.6	Arquivo <i>aircraft.csv</i>	23
4.6.7	Arquivo <i>rotations.csv</i>	24
4.6.8	Arquivo <i>positions.csv</i>	25
4.6.9	Arquivo <i>alt_flights.csv</i>	25
4.6.10	Arquivo <i>alt_aircraft.csv</i>	26
4.6.11	Arquivo <i>alt_airports.csv</i>	26
5	Solução Proposta	27
5.1	Modelamento	29
5.2	Implementação	32
5.2.1	Definições iniciais	32
5.2.2	Leitura dos arquivos	33
5.2.3	Criação do modelo do <i>Solver</i>	35
5.2.4	Solução do modelo no <i>Solver</i>	41
6	Considerações Finais.....	42
	Referências	44
	Apêndice A – Exemplo de Solução	46

1 Introdução

1.1 Motivação

A idéia deste Trabalho de Graduação surgiu em Outubro de 2009, conjuntamente com a idéia de realizar um Estágio Curricular Supervisionado na ENAC (*École Nationale de l'Aviation Civile*), em Toulouse, França.

O trabalho consistiu em um estudo acerca de Inteligência Artificial, Programação por Restrições e Controle de Tráfego Aéreo, com o objetivo de implementar, utilizando o *software* IBM ILOG Solver V6.7, parte de uma solução já implementada em linguagem imperativa.

1.2 Objetivo

Problemas de todas as ordens não raro afetam as operações rotineiras das companhias aéreas, resultando atrasos, cancelamentos, mudanças de rota, destacamento de outras aeronaves, realocação de passageiros e outras consequências mais. São assim necessárias medidas para que se retorne ao plano de operações normais nos mínimos tempo e custo possíveis.

O objetivo deste Trabalho de Graduação foi conceber e implementar um algoritmo para a elaboração de um plano provisório, no tocante a horários de vôos e designação de aeronaves, para que uma dada Companhia Aérea, em face a um problema operacional de qualquer ordem, possa retornar às suas operações normais ao menor custo possível. Tendo como base uma solução apresentada por um dos pesquisadores da ENAC, Rodrigo Acuna-Agost, juntamente com outros pesquisadores, para o problema proposto pelo *ROADEF 2009 Challenge*.

1.3 Apresentação do Problema

O ROADEF (*Société Française de Recherche Opérationnelle et Aide à la Décision*) propõe, desde 1999, um desafio de pesquisa operacional com aplicações industriais, aberto a todos que queiram concorrer. A solução estudada e parcialmente

implementada foi uma resposta ao desafio de 2009, o qual tratou da “gestão de perturbações para a aviação comercial”.

2 Programação por Restrições

A programação por restrições, ou programação por propagação de restrições (*constraint programming*) é, segundo (Sucupira, 2003), uma tecnologia de programação cuja principal característica é permitir ao programador uma dedicação total à modelagem, tornando oculto o processo de efetiva resolução dos problemas e como consequência, tem a capacidade de reduzir o esforço de programação e tornar mais natural a programação modular.

Já segundo (Rossi, et al., 2006), programação por restrições é um poderoso paradigma para resolver os problemas de pesquisa combinatória que recorre a uma vasta gama de técnicas de inteligência artificial, ciência da computação e pesquisa operacional. Em parte é programação matemática, já que o usuário declara as restrições sobre as possíveis soluções para um conjunto de variáveis de decisão. E em parte é programação de computadores, pois o usuário deve, também, programar uma estratégia de busca, normalmente baseada em métodos padrão - como retrocesso cronológico e propagação de restrições - mas pode-se usar um código personalizado como um problema específico de ramificação heurística. Programação por restrições é ao mesmo tempo abrangente e diversificada.

Essas qualidades, de acordo com (Sucupira, 2003), apoiadas em uma forte fundamentação teórica e aliadas à eficiência dos sistemas existentes para a prática da programação de restrições, têm resultado num grande sucesso dessa tecnologia, tornando-a escolha freqüente para o tratamento de diversas classes de problemas.

A programação por restrições é, em linhas gerais, o meio de resolver um problema de satisfação de restrições, o qual foi definido por (Russel, et al., 2009):

“Um problema de satisfação de restrições (PSR) consiste em três componentes X , D e C :

- X é um conjunto de variáveis, $\{X_1, \dots, X_n\}$;
- D é um conjunto de domínios, $\{D_1, \dots, D_n\}$, um para cada variável;

- C é um conjunto de restrições que especificam combinações de valores admissíveis.

Cada domínio D_i consiste em um conjunto de valores admissíveis, $\{v_1, \dots, v_n\}$, para a variável X_i . Cada restrição C_i consiste em um par (escopo, rel), onde “escopo” é a gama de valores que participam da restrição e “rel” é a relação que define os valores que aquelas variáveis podem assumir. Uma relação pode ser representada como uma lista explícita de todos os valores que satisfazem a restrição, ou como uma relação abstrata que suporta duas operações: testar se os valores são membros da relação ou enumerar os membros da relação. Por exemplo, se X_1 e X_2 têm o mesmo domínio $\{A, B\}$, então a restrição que determina que as duas variáveis tenham valores diferentes pode ser escrita como $\{(X_1, X_2), [(A, B), (B, A)]\}$ ou como $\{(X_1, X_2), X_1 \neq X_2\}$.

Para resolver um PSR, precisamos definir um espaço de estados e a noção de uma solução. Cada estado em um PSR é definido por uma atribuição de valores para algumas ou para todas as variáveis, $\{X_i = v_i, X_j = v_j, \dots\}$. Uma atribuição que não viola nenhuma das restrições é chamada de atribuição consistente. Uma atribuição completa é aquela em que todas as variáveis possuem valores, e a solução do PSR é consistente. Uma atribuição parcial é aquela em que apenas algumas variáveis possuem valores.”

3 IBM ILOG Solver V6.7

Trata-se de uma biblioteca C++ que utiliza programação por restrições para resolver problemas combinatórios complexos em diversas áreas, incluindo planejamento de produção, alocação de recursos, tempo de entrega, agendamento de pessoal, corte de materiais, composição de misturas, atribuição de frequências de rádio e muitos outros.

IBM ILOG Solver é baseado no IBM ILOG Concert Technology. *Concert Technology* oferece uma biblioteca C++ de classes e funções que permitem definir modelos para problemas de otimização e aplicar algoritmos de solução para esses modelos. *Concert Technology* suporta algoritmos de programação de restrições e de programação matemática (incluindo programação linear, programação inteira mista, programação quadrática, programação de rede).

3.1 Programação por Restrições Utilizando o ILOG

Para encontrar uma solução para um problema usando o ILOG, usa-se um método que consiste em três etapas: descrição, modelo, e solução.

A primeira etapa é a descrição do problema em linguagem natural.

A segunda etapa é a utilização de classes para modelar o problema. O modelo do problema é composto de variáveis de decisão e restrições. Variáveis de decisão são as informações desconhecidas do problema e cada uma delas tem um domínio de valores possíveis. As restrições são limites ou restrições sobre combinações de valores para essas variáveis de decisão. O modelo também pode conter uma função objetivo, uma expressão que pode ser maximizada ou minimizada.

A terceira etapa é a utilização de classes do Solver para resolver o problema. Resolver o problema consiste em encontrar um valor para cada variável de decisão, satisfazendo, ao mesmo tempo, as restrições e maximizando ou minimizando uma função objetivo, caso ela exista no modelo proposto. O Solver utiliza duas técnicas para resolver problemas de otimização: estratégias de pesquisa e propagação de restrições.

3.2 Exemplo

Para entender os conceitos básicos da programação por restrições, já supracitados, um problema simples é exemplificadamente descrito, modelado e resolvido.

O problema é encontrar os valores para X e Y, onde:

- $X + Y = 17$;
- $X - Y = 5$;
- X pode ser qualquer número inteiro de 5 a 12;
- Y pode ser qualquer número inteiro de 2 a 17.

3.2.1 Descrição

A primeira etapa é descrever o problema em linguagem natural.

Quais são as informações desconhecidas - variáveis de decisão - neste problema?

- X e Y.

Quais são os limites ou restrições sobre combinações desses valores – as restrições - neste problema?

- $X + Y = 17$;
- $X - Y = 5$;
- X pode ser qualquer número inteiro de 5 a 12;
- Y pode ser qualquer número inteiro de 2 a 17.

Embora a etapa da descrição possa parecer trivial para um problema simples como este, a descrição completa e detalhada de um problema mais complexo é vital para a criação de um programa bem sucedido. A codificação do programa se dá de forma mais rápida e eficaz se a descrição for bem feita, isolando corretamente as variáveis de decisão e restrições.

3.2.2 Modelo

Variáveis de decisão são as informações desconhecidas do problema, em cujos valores pode-se colocar restrições. Por este motivo, as variáveis de decisão são também conhecidas como variáveis restritas. Neste exemplo, as variáveis de decisão são X e Y.

Cada variável de decisão tem um domínio de valores possíveis. Neste exemplo, o domínio da variável de decisão X é [5..12], ou todos os números inteiros entre 5 e 12. O domínio da variável de decisão Y é [2..17], ou todos os números inteiros entre 2 e 17.

No *Solver*, os colchetes indicam o domínio de variáveis de decisão. Por exemplo, [5 12] denota um domínio como um conjunto constituído por dois inteiros precisamente, 5 e 12. Em contrapartida, [5..12] denota um domínio como um conjunto de números inteiros, ou seja, o intervalo de números inteiros entre 5 e 12, dado por 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 .

As restrições são os limites para as combinações de valores possíveis. Há duas restrições sobre as variáveis de decisão neste exemplo:

- $X + Y = 17$;
- $X - Y = 5$.

3.2.3 Solução

Resolver o problema consiste em encontrar um valor para cada variável de decisão, satisfazendo, ao mesmo tempo, as restrições e maximizando ou minimizando uma função objetivo, caso ela exista no modelo proposto.

O *Solver* utiliza duas técnicas para encontrar uma solução: estratégias de pesquisa e propagação de restrições. Além disso, o *Solver* realiza dois tipos de propagação de restrições: propagação de restrições inicial e propagação de restrições durante a pesquisa.

A Figura 3.1 mostra o processo básico usado pelo *Solver* para encontrar uma solução.

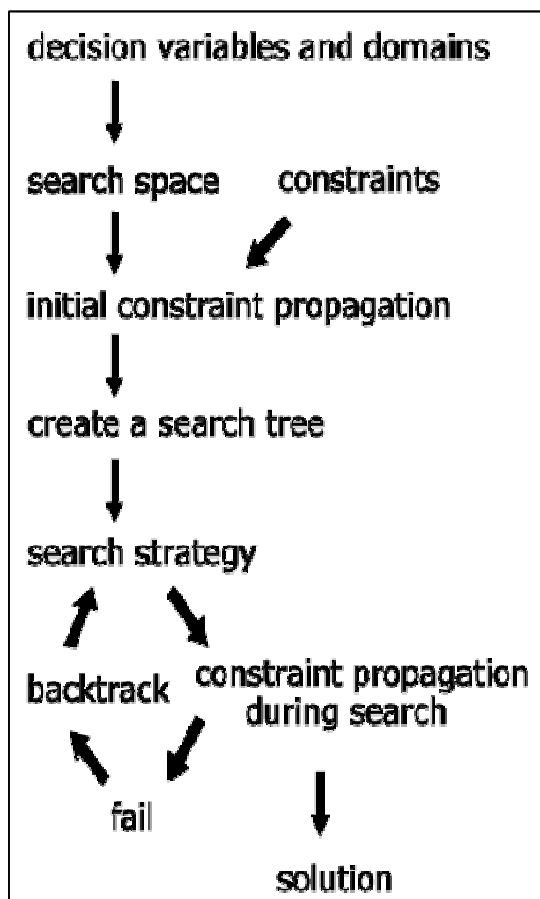


Figura 3.1 - Processo de solução.

O *Solver* procura uma solução no espaço de busca, dado por todas as combinações possíveis de valores. Para esse problema simples, o espaço de busca é mostrado na Tabela 3.1. Uma maneira de encontrar uma solução seria estudar cada combinação de valores até que uma solução fosse encontrada. Mesmo para esse

problema simples, essa abordagem é, obviamente, demorada e ineficiente. Para um problema mais complicado com muitas variáveis, tal abordagem seria praticamente impossível.

Primeiro, o *Solver* executa uma propagação inicial de restrições, a qual remove todos os valores de domínios que não fará parte de qualquer solução. Antes da propagação inicial, os domínios são:

- $D(X) = [5\ 6\ 7\ 8\ 9\ 10\ 11\ 12]$;
- $D(Y) = [2\ 3\ 4\ 5\ 6\ 7\ 8\ 9\ 10\ 11\ 12\ 13\ 14\ 15\ 16\ 17]$.

Tabela 3.1 - Espaço de busca.

X=5, Y=2	X=6, Y=2	X=7, Y=2	X=8, Y=2	X=9, Y=2	X=10, Y=2	X=11, Y=2	X=12, Y=2
X=5, Y=3	X=6, Y=3	X=7, Y=3	X=8, Y=3	X=9, Y=3	X=10, Y=3	X=11, Y=3	X=12, Y=3
X=5, Y=4	X=6, Y=4	X=7, Y=4	X=8, Y=4	X=9, Y=4	X=10, Y=4	X=11, Y=4	X=12, Y=4
X=5, Y=5	X=6, Y=5	X=7, Y=5	X=8, Y=5	X=9, Y=5	X=10, Y=5	X=11, Y=5	X=12, Y=5
X=5, Y=6	X=6, Y=6	X=7, Y=6	X=8, Y=6	X=9, Y=6	X=10, Y=6	X=11, Y=6	X=12, Y=6
X=5, Y=7	X=6, Y=7	X=7, Y=7	X=8, Y=7	X=9, Y=7	X=10, Y=7	X=11, Y=7	X=12, Y=7
X=5, Y=8	X=6, Y=8	X=7, Y=8	X=8, Y=8	X=9, Y=8	X=10, Y=8	X=11, Y=8	X=12, Y=8
X=5, Y=9	X=6, Y=9	X=7, Y=9	X=8, Y=9	X=9, Y=9	X=10, Y=9	X=11, Y=9	X=12, Y=9
X=5, Y=10	X=6, Y=10	X=7, Y=10	X=8, Y=10	X=9, Y=10	X=10, Y=10	X=11, Y=10	X=12, Y=10
X=5, Y=11	X=6, Y=11	X=7, Y=11	X=8, Y=11	X=9, Y=11	X=10, Y=11	X=11, Y=11	X=12, Y=11
X=5, Y=12	X=6, Y=12	X=7, Y=12	X=8, Y=12	X=9, Y=12	X=10, Y=12	X=11, Y=12	X=12, Y=12
X=5, Y=13	X=6, Y=13	X=7, Y=13	X=8, Y=13	X=9, Y=13	X=10, Y=13	X=11, Y=13	X=12, Y=13
X=5, Y=14	X=6, Y=14	X=7, Y=14	X=8, Y=14	X=9, Y=14	X=10, Y=14	X=11, Y=14	X=12, Y=14
X=5, Y=15	X=6, Y=15	X=7, Y=15	X=8, Y=15	X=9, Y=15	X=10, Y=15	X=11, Y=15	X=12, Y=15
X=5, Y=16	X=6, Y=16	X=7, Y=16	X=8, Y=16	X=9, Y=16	X=10, Y=16	X=11, Y=16	X=12, Y=16
X=5, Y=17	X=6, Y=17	X=7, Y=17	X=8, Y=17	X=9, Y=17	X=10, Y=17	X=11, Y=17	X=12, Y=17

Para se ter uma idéia de como funciona a propagação inicial de restrições, considere a restrição ($X + Y = 17$). Se tomar o menor valor no domínio de X , que é 5, e adicioná-lo ao maior valor do domínio de Y , que é 17, a resposta é 22. Essa combinação de valores ($X = 5$, $Y = 17$) viola a restrição ($X + Y = 17$). O único valor possível de X , para $Y = 17$, é $X = 0$. No entanto, não existe o valor 0 no domínio de X , então Y não pode ser igual a 17. O valor $Y = 17$ não pode fazer parte de qualquer solução. Assim, o *Solver* remove o valor $Y = 17$ do domínio de Y . Da mesma forma, remove os seguintes valores do domínio de Y : 13, 14, 15 e 16.

Analogamente, se tomar o maior valor no domínio de X , que é 12, e adicioná-lo ao menor valor do domínio de Y , que é 2, a resposta é 14. Essa combinação de valores

($X = 12$, $Y = 2$) viola a restrição ($X + Y = 17$). O único valor possível de X , para $Y = 2$, é $X = 15$. No entanto, não existe o valor 15 no domínio de X , então Y não pode ser igual a 2. O valor $Y = 2$ não pode fazer parte de qualquer solução. O *Solver* remove o valor $Y = 2$ do domínio de Y . Pela mesma razão, remove os seguintes valores do domínio de Y : 2, 3 e 4.

Após a propagação inicial para a restrição ($X + Y = 17$), os domínios são:

- $D(X) = [5\ 6\ 7\ 8\ 9\ 10\ 11\ 12]$;
- $D(Y) = [5\ 6\ 7\ 8\ 9\ 10\ 11\ 12]$.

Agora, examina-se a restrição ($X - Y = 5$). Se tomar o valor 5 no domínio de X , pode-se ver que o único valor possível de Y , para $X = 5$, é $Y = 0$. No entanto, não existe o valor 0 no domínio de Y , então X não pode ser igual a 5. O valor $X = 5$ não pode fazer parte de qualquer solução. O *Solver* remove o valor $X = 5$ do domínio de X . Usando uma lógica similar, remove os seguintes valores do domínio de X : 6, 7, 8 e 9. E os seguintes valores do domínio de Y : 8, 9, 10, 11 e 12.

Após a propagação inicial para ambas as restrições, reduziu-se consideravelmente o espaço de busca. Os domínios agora são:

- $D(X) = [10\ 11\ 12]$;
- $D(Y) = [5\ 6\ 7]$.

É nesta parte remanescente do espaço de busca que o *Solver* utiliza uma estratégia de busca para procurar uma solução, chamada de árvore de busca. A raiz da árvore é o ponto de partida na busca de uma solução e cada ramo descendente a partir da raiz representa uma alternativa na busca. A Figura 3.2 mostra uma representação gráfica da árvore de procura para este problema.

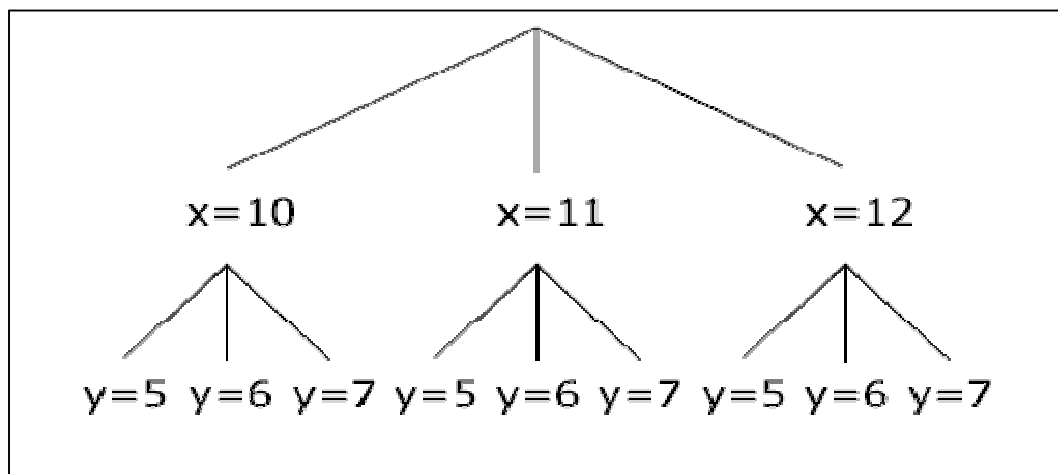


Figura 3.2 - Árvore de busca.

A estratégia de busca é uma forma de "tentar" um valor para uma variável e ver se a tentativa leva a uma solução. Para demonstrar como o *Solver* utiliza estratégias de busca para encontrar uma solução, considera-se uma estratégia de pesquisa que atribui à variável X o menor valor do domínio de X , ou seja, $X = 10$, como mostra a Figura 3.3.

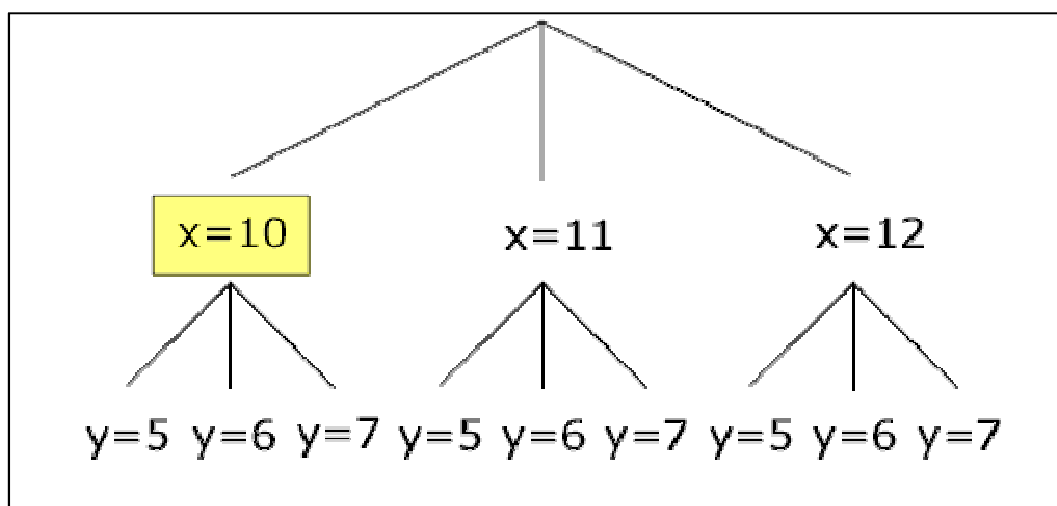


Figura 3.3 - Primeiro passo da estratégia de busca.

Procede-se, então, a propagação de restrições durante a pesquisa. Essa propagação de restrições difere da propagação inicial de restrições, a qual remove todos os valores de domínios que não farão parte de nenhuma solução. Propagação de restrições durante a pesquisa remove todos os valores dos domínios atuais que violam as restrições. Pode-se pensar de propagação de restrições durante a pesquisa da seguinte maneira: a fim de "experimental" um valor para uma variável, o *Solver* cria "domínios-teste", e quando a propagação remove valores de domínios durante a pesquisa, os valores só são removidos desses "domínios-teste".

Visto que foi atribuído o valor 10 à variável X , tenta-se o valor $Y = 5$. Essa combinação de valores ($X = 10$, $Y = 5$) viola a restrição ($X + Y = 17$), assim remove-se o valor $Y = 5$ do domínio atual de Y . Em seguida, tenta-se o valor $Y = 6$. Essa combinação de valores ($X = 10$, $Y = 6$) viola a restrição ($X + Y = 17$), assim remove-se também o valor $Y = 6$. Analogamente, remove-se o valor $Y = 7$.

Como pode ser visto na Figura 3.4, nenhum dos valores do $D(Y)$ mostrou-se possível, para $X = 10$. Ou seja, $X = 10$ não pode fazer parte de nenhuma solução. Assim, o *Solver* remove o valor $X = 10$ do domínio real de X , e não do "domínio-teste"

criado (os valores de $Y = 5$, $Y = 6$ e $Y = 7$ só foram removidos do “domínio-teste” criado para $X = 10$).

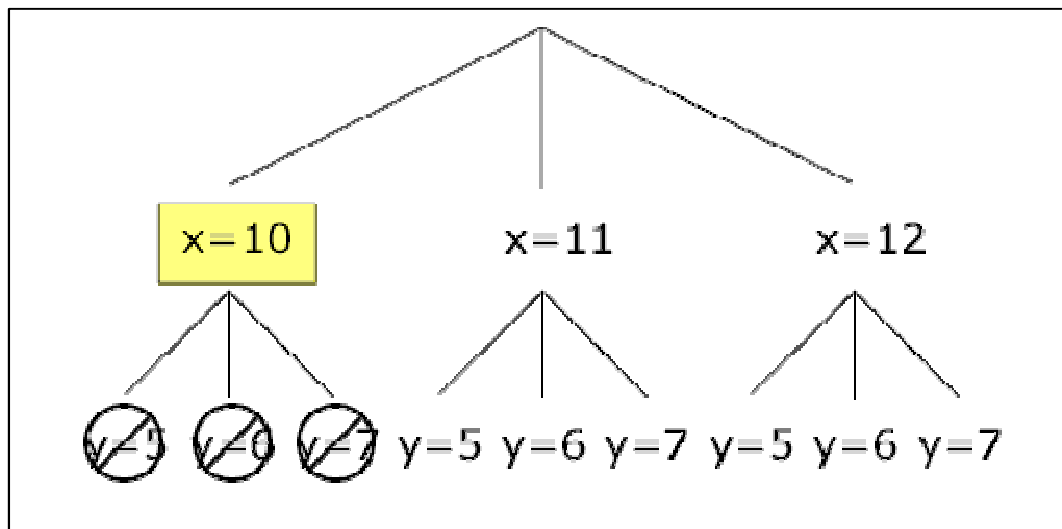


Figura 3.4 - Árvore de busca após a primeira propagação de restrições durante a pesquisa.

Neste ponto, deve-se recuar um nível na árvore de busca e tentar um valor diferente para a variável X , como é ilustrado na . Tal “recuo” é baseado em um algoritmo de busca chamado de *backtracking*. O *backtracking* dá ao *Solver* a flexibilidade para fazer movimentos de busca que podem posteriormente se mostrarem errados, em outras palavras, pode-se tentar uma alternativa e, se não tiver êxito, pode-se reverter.

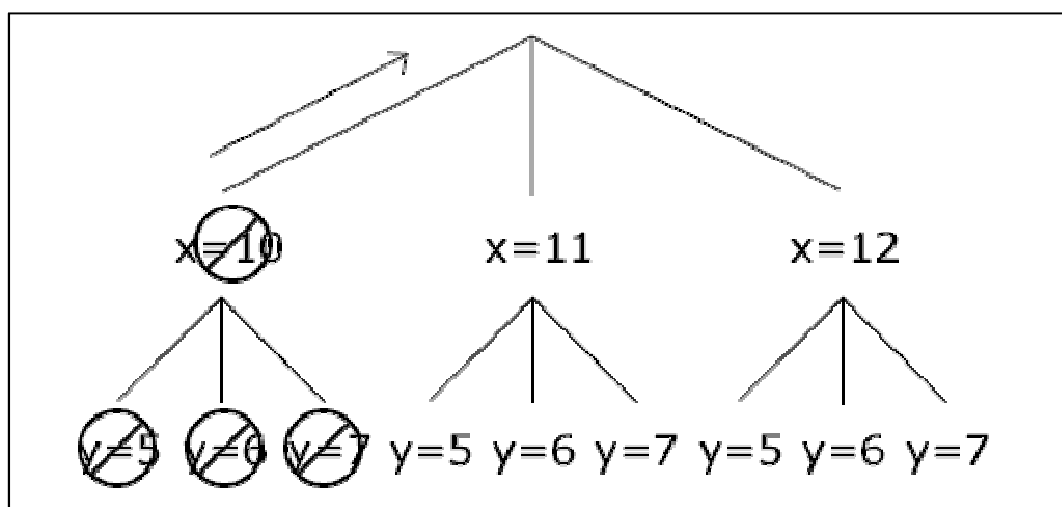


Figura 3.5 - Recuo de um nível na árvore de busca (*backtracking*).

Depois do recuo, o ramo da árvore de busca que começa com $X = 10$ é removido, já que a tentativa de encontrar uma solução neste ramo não foi bem sucedida. O próximo passo na estratégia de busca é atribuir o menor valor no domínio de X , que é agora $[11\ 12]$, assim, tem-se $X = 11$. Em seguida, procura-se uma solução para este ramo da árvore, onde o “domínio-teste” de Y inclui os seguintes valores: 5, 6 e 7.

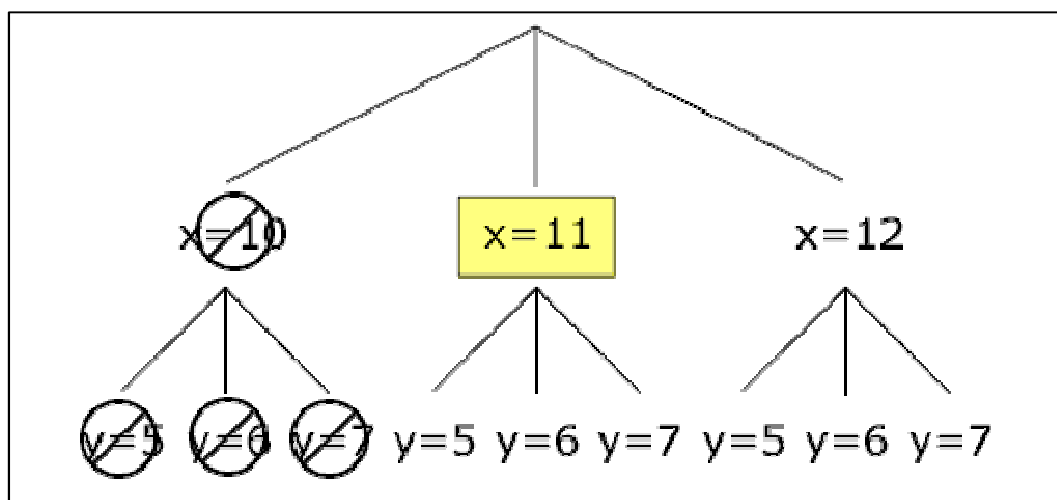


Figura 3.6 - Tentativa do próximo ramo da árvore de busca.

Nota-se na Figura 3.6 que a combinação de valores ($X = 11$, $Y = 6$) satisfaz tanto a restrição ($X + Y = 17$) quanto a restrição ($X - Y = 5$). Dessa forma, foi encontrada uma solução admissível para o problema, ilustrada na , e o *Solver* interrompe a busca.

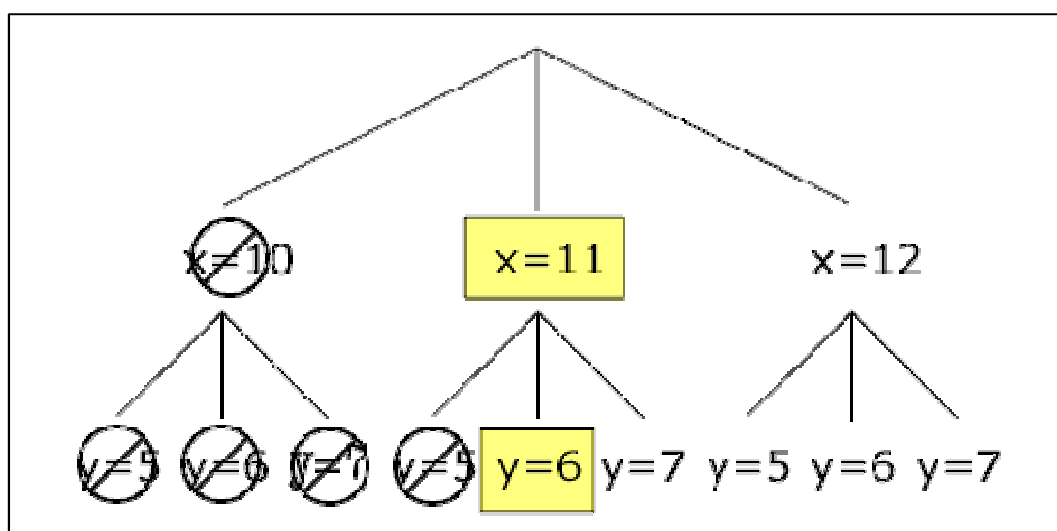


Figura 3.7 - Solução admissível encontrada.

4 ROADEF 2009 Challenge

4.1 Introdução

Companhias aéreas operam vôos comerciais de acordo com um horário de vôo otimizado, com o objetivo de obter a maior receita possível. No entanto, eventos externos como falhas mecânicas, greves e problemas climáticos ocorrem com frequência, interrompendo a operação dos vôos nos horários previstos. Nesses casos, é necessário encontrar soluções que minimizem a duração da interrupção e, conseqüentemente, o seu impacto.

Tradicionalmente, os recursos são realocados de acordo com uma hierarquia natural: aeronave, tripulação e passageiros. No entanto, este método é falho. Ou seja, a tomada de decisões a nível local (sobre um recurso) pode levar a repercussões globais, afetando todos os recursos. Por exemplo, uma mudança no horário dos vôos, embora tenha um impacto potencial em um dos recursos (aeronaves), pode levar a uma perda de conexão para a tripulação ou para os passageiros.

Assim, um esforço crescente está sendo feito para integrar os diferentes níveis de tomada de decisão.

4.2 Horários de Vôos

Os horários de vôos são o conjunto de todos os vôos operados por uma companhia aérea ao longo de um determinado período de tempo. Cada vôo é definido por:

- Um número de vôo;
- Um aeroporto de origem e um aeroporto de destino, definindo assim a duração do vôo, bem como o seu tipo (nacional, continental ou intercontinental). Aqui, o comprimento de um vôo é dado em termos de duração;
- Dia e hora de partida e dia e hora de chegada.

A seqüência de vôos atribuídos a uma aeronave é chamada de rotação, a qual é exemplificada pela Figura 4.1. Obviamente, uma rotação satisfaz a continuidade das operações: o aeroporto de origem de um determinado vôo é o mesmo que o aeroporto

de destino do voo anterior; além disso, a sua hora de partida é posterior à hora de chegada do voo anterior acrescida do *turn-round time* (tempo mínimo para preparar uma aeronave para o voo seguinte).



Figura 4.1 - Exemplo de rotação de uma aeronave.

O exemplo da Figura 4.1 possui dois voos com o mesmo número (261). Isto corresponde a um voo *multi-leg* que deve ser realizado pela mesma aeronave, exceto em caso de uma falha mecânica no aeroporto intermediário (BBB). A vantagem de um voo *multi-leg* é que ele permite uma redução no tempo necessário para preparar a aeronave para o segundo trecho (de BBB para CCC); esse tempo é chamado de *transit time*.

Para tornar a formulação mais clara, a cada voo foi atribuído um número de voo original. No caso de um voo *multi-leg*, cada trecho também recebeu um número de voo original, mas com um dígito a mais para indicar cada trecho. Por exemplo, o voo 261 seria dividido em dois voos distintos (2611 e 2612), sendo o voo 2611 anterior ao voo 2612.

4.3 Principais Variáveis

4.3.1 Aeroportos

A rede de uma companhia aérea é o conjunto dos trechos (voos diretos entre um aeroporto de origem e um aeroporto de destino) por ela oferecidos. Os aeroportos são caracterizados por restrições como a capacidade máxima de pouso, de decolagem e de aeronaves no pátio. Por simplicidade, a capacidade do pátio não foi levada em conta.

Para cada aeroporto, as capacidades horárias de pouso e de decolagem são dadas. O número de decolagens (ou pousos) é contabilizado apenas por períodos de 60 minutos a partir de uma hora exata (07:00-07:59 e 08:00-08:59), e não para qualquer período de 60 minutos (07:01-08:00, 07:02-08:01, 07:03-08:02 *et cetera*). Os intervalos de hora são da forma $[H, H+1[$, onde H é o começo de uma hora (por exemplo, 7:00). A figura 2 ilustra esse conceito para um aeroporto com uma capacidade horária de três decolagens.

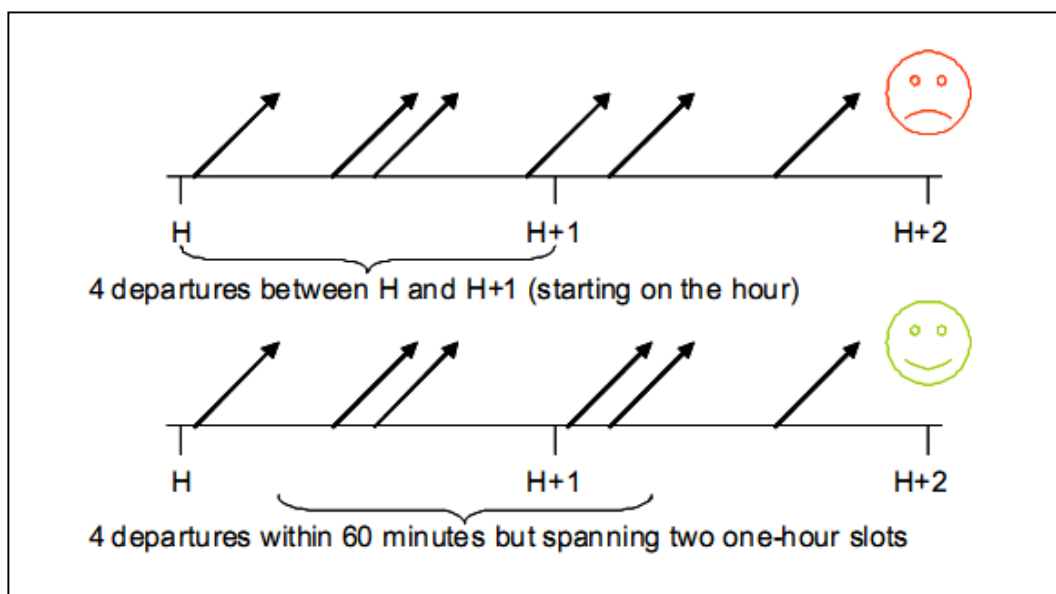


Figura 4.2 - Exemplo de como deve ser contabilizados os pousos e as decolagens.

Transporte público de superfície é oferecido entre os aeroportos dentro da mesma região metropolitana. O serviço é modelado utilizando "vôos" operados por uma frota de veículos especiais ("TranspCom") com capacidade infinita e custo operacional nulo.

4.3.2 Frota de Aeronaves

A frota é composta por um conjunto de aeronaves operadas por uma companhia aérea. Cada aeronave é definida por:

- Um número de identificação;
- Um modelo (por exemplo, o Boeing 747, A320 *et cetera*);
- Uma configuração de cabine, ou seja, uma discriminação de todos os lugares disponíveis em cada classe (primeira classe, classe executiva e classe econômica).

As características operacionais são iguais para todas as aeronaves de um determinado modelo, como o *turn-round time* e o *transit time*, por exemplo.

Subconjuntos de aeronaves com características comuns são agrupados em famílias (por exemplo, A318, A319, A320 e A321 são agrupados na família "*AirbusSmall*"). Uma dada tripulação pode alternar entre todos os modelos dentro de uma determinada família, já que as características são muito semelhantes.

Uma aeronave pode ficar indisponível por um período prolongado de tempo, no caso de manutenção. Manutenções requerem uma grande quantidade de recursos (pessoal e equipamentos). Além disso, existe um número máximo de horas que uma aeronave pode voar entre duas manutenções consecutivas. O número de horas de voo restantes, até que a próxima manutenção deve ser executada, é chamado horas restantes de voo.

4.4 Formulação do Problema

O objetivo do problema proposto é desenvolver métodos para retomar as operações normais o mais rápido possível, em caso de perturbações nos horários previstos dos voos. É muito importante que os horários originalmente previstos sejam seguidos sem modificação após um determinado período de tempo, chamado de período de recuperação. Um novo conjunto de horários, assim como possíveis novas rotações para as aeronaves, devem ser determinados para o período de recuperação.

A natureza dos incidentes depende da perturbação. Os casos a seguir devem ser levados em conta:

- Atrasos de voos. As causas podem ser uma demora no embarque, uma greve, um *turn-round time* maior que o previsto, ou uma espera por tripulações ou passageiros em conexão;
- Cancelamentos de voos;
- Indisponibilidade de uma aeronave durante um determinado período, durante o qual, evidentemente, nenhum voo pode ser atribuído à aeronave em questão;
- Limitação na capacidade de pouso e decolagem para um determinado período, causada, por exemplo, por condições de mau tempo ou por uma greve.

Os horários atualizados são resultado de decisões relativas aos voos previstos para os horários originais, decisões como: cancelamentos ou atrasos intencionais, mudanças de aeronaves (desde que dentro de uma determinada família) e possíveis adições de novos voos.

O principal objetivo é a minimização de custos para a companhia, o que pode ser prejudicial para o conforto dos passageiros, assim como para o nível de serviço

oferecido pela companhia. No entanto, somente os custos para a companhia são levados em conta na solução do problema.

4.5 Restrições

As seguintes restrições associadas a aeronaves, aeroportos e *turn-round time* devem ser verificadas: quantidade de assentos, manutenções, capacidades dos aeroportos, tempo mínimo de conexão, *turn-round time* mínimo (ou *transit time*, para vôos *multi-leg*).

A restrição de quantidade de assentos considera o número de assentos em cada aeronave e em cada classe. Evidentemente, o número de passageiros não deve exceder a quantidade de assentos, para cada classe.

As restrições de manutenções estabelece o tempo que uma dada aeronave deve permanecer em solo, em um aeroporto especificado, para que seja realizada a manutenção. Durante esse tempo, aeronave estará indisponível para realizar qualquer vôo.

As limitações de capacidade aeroportuária impõem um número máximo de pousos e decolagens para cada intervalo de uma hora e em cada aeroporto (excluindo-se os "vôos" correspondentes ao modelamento do transporte de superfície).

O tempo mínimo de conexão deve ser respeitado para que todos os vôos de conexão: dois vôos consecutivos no itinerário de um passageiro devem ser separados por pelo menos 30 minutos. Esta restrição também se aplica para conexões entre transporte de superfície.

Da mesma forma, as limitações de mínimo *turn-round time* (ou *transit time*) devem ser respeitadas em todas as rotações, incluindo aquelas atribuídas ao transporte de superfície: dois vôos consecutivos de uma rotação devem ser separados por pelo menos o *turn-round* (ou *transit*) *time* mínimo, de acordo com cada aeronave.

Nem os "vôos" de transportes de superfície, nem os veículos que neles operam podem ser modificados. Por fim, uma mudança de aeronave só pode ser feita dentro da mesma família de aeronaves.

4.6 Formato dos Exemplos Fornecidos

Cada exemplo do banco de dados fornecido contém os seguintes arquivos:

- config.csv: arquivo de configuração que especifica os parâmetros do problema (período de recuperação, custos operacionais, custos de cancelamento, multas *et cetera*);
- airports.csv: capacidades aeroportuárias;
- dist.csv: tempo de voo entre aeroportos e tipo de voo (doméstico, continental ou intercontinental);
- flights.csv: características dos voos;
- aircraft.csv: dados sobre as aeronaves;
- rotations.csv: descrição da rotação para cada aeronave;
- positions.csv: aeroporto no qual cada aeronave deve estar ao final do período de recuperação;
- alt_flights.csv: perturbações nos voos;
- alt_aircraft.csv: perturbações nas aeronaves;
- alt_airports.csv: perturbações nos aeroportos.

Linhas de comentário começam com o caractere '%' e o final de cada arquivo é representado por uma linha que começa com o caractere '#'.

4.6.1 Tipos de Dados

Os principais tipos de dados utilizados nos arquivos de exemplo são:

- "airport": *string* de três caracteres correspondente ao código de três letras (IATA) de um aeroporto (por exemplo, CDG para Paris – Charles de Gaulle, NCE para Nice);
- "itin_char": caractere especificando se o itinerário corresponde à ida de uma viagem (A) ou à volta (R) ;
- "itin_type": caractere especificando o tipo de voo (D para doméstico, C continental e I para a Intercontinental);
- "cabin": caractere especificando a classe da cabine (F para primeira classe, B para classe executiva, E para classe econômica);
- "duration": *int* positivo que especifica a duração em minutos;

- *"price"*: *float* especificando o preço em euros.

Outros tipos de dados, um pouco mais complexos, usados são os seguintes:

- *"date"*: *string* do tipo (dd / mm / aa) especificando a data, onde *dd*, *mm*, e *yy* são inteiros com um zero à esquerda quando for o caso (por exemplo, 10/01/08, 24/12/09);
- *"time"*: *string* do tipo (hh: mm ([+-][1])?) especificando uma hora GMT, onde *hh* e *mm* são inteiros com um zero à esquerda quando aplicável (por exemplo, 12:00, 05:00-1, onde o “-1” indica 05:00 do dia anterior);
- *"aircraft"*: *string* do tipo (model#n) especificando a identificação de uma aeronave, onde *model* é uma sequência de caracteres especificando o modelo e *n* é um inteiro positivo representando o número de identificação (por exemplo, A320#1, B747#12);
- *"config"*: *string* do tipo (f/b/e) onde *f*, *b* e *e* são inteiros não negativos (ou igual a -1, no caso de um valor infinito), especificando o número de assentos em cada classe da cabine;
- *"maint"*: *string* do tipo (aaa-sd-st-ed-et-d) especificando as informações de uma manutenção (aeroporto, data e hora de início, data e hora de término, horas restantes de voo), onde o tipo de *aaa* é do tipo *"airport"*, *sd* e *ed* são do tipo *"date"*, *st* e *et* são do tipo *"time"* e *d* é do tipo *"duration"*.

4.6.2 Arquivo *config.csv*

Este arquivo fornece os parâmetros iniciais de cada exemplo fornecido, quais sejam:

- O período de recuperação: as datas (tipo *"date"*) e horas (tipo *"time"*) de início e fim;
- Os custos por minuto (tipo *"price"*) associados com atraso, dados como uma função da classe de cabine (tipo *"cabin"*) e do tipo de itinerário (tipo *"itin_type"*);
- Os custos (tipo *"price"*) associados com o cancelamento de viagens de ida, dados como uma função da classe de cabine (tipo *"cabin"*) e do tipo de itinerário (tipo *"itin_type"*);

- Os custos (tipo “*price*”) associados com o cancelamento de viagens de conexão ou viagens de volta, dados como uma função da classe de cabine (tipo “*cabin*”) e do tipo de itinerário (tipo “*itin_type*”);
- Os custos (tipo “*price*”) associados com troca de classe, dados em função do nível de troca (classe atual e classe original, no tipo “*cabin*”) e do tipo de itinerário (tipo “*itin_type*”);
- Os custos de penalidade (tipo “*price*”) associados com a violação das restrições de localização de aeronaves no final do período de recuperação, dados em ordem decrescente de gravidade da violação (falta de aeronaves da mesma família, falta de aeronaves do mesmo modelo, falta de aeronaves da mesma configuração);
- Os pesos dos custos na função objetivo, dados por α , β e γ .

Os custos mencionados neste arquivo são os custos unitários (por passageiro ou por aeronave). Além disso, só os custos associados com a posição errada de aeronaves no fim do período de recuperação estão incluídos no arquivo, os outros custos (ou seja, os custos operacionais) são dados no arquivo *aircraft.csv*.

4.6.2.1 *Formato*

StartDate StartTime EndDate EndTime

(Cabin Type Cost/min) +

(Cabin Type Cost) +

(Cabin Type Cost) +

(Cabin Cabin Type Cost) +

P1 P2 P3

α β γ

4.6.2.2 *Exemplo*

10/01/08 06:00 10/01/08 23:30

F D 0.75 F C 1.08 F I 1.5 B D 0.5 B C 0.75 B I 1 E D 0.33 E C 0.5 E I 0.66

F D 1000.0 F C 2000.0 F I 3000.0 B D 650.0 B C 1300.0 B I 2000.0 E D 350.0

E C 650.0 E I 1000.0

F D 3000.0 F C 6000.0 F I 9000.0 B D 2000.0 B C 4000.0 B I 6000.0 E D

1000.0 E C 2000.0 E I 3000.0

F B D 150.0 F B C 300.0 F B I 450.0 F E D 250.0 F E C 500.0 F E I 750.0 B E

D 100.0 B E C 200.0 B E I 300.0

20000.0 5000.0 1000.0

1.0 1.0 1.0

#

O período de recuperação começa em 10/01/08 às 06:00 e termina em 10/01/08 às 23:30.

Os custos associados com atraso estão na linha 2. Por exemplo, 0,75 euros por minuto de atraso para passageiros de primeira classe (F) em um vôo doméstico (D), 1,08 euros por minuto para um passageiro de primeira classe (F) em um vôo continental (C), 1,50 euros por minuto para uma passageiros de primeira classe em um vôo intercontinental (I), 0,50 euros por minuto para um passageiro da classe executiva (B) em um vôo doméstico (D) *et cetera*.

Os custos associados com o cancelamentos de viagens de ida estão na linha 3. Por exemplo, 1.000 euros para um passageiro de primeira classe (F) em um vôo doméstico (D), 1.300 euros para um passageiro da classe executiva (B) em um vôo continental (C) *et cetera*. Já custos de cancelamentos de uma conexão ou viagens de volta são dados na linha 4.

Os custos associados à troca de classe estão na linha 5. Por exemplo, 150 euros para uma mudança de primeira classe (F) para classe executiva (B) em um vôo doméstico (D), 300 euros para uma mudança de primeira classe (F) para classe executiva (B) em um vôo continental (C), 450 euros para uma mudança de primeira classe (F) para classe executiva (B) em um vôo intercontinental (I), 250 euros para uma mudança de primeira classe (F) para classe econômica (E) em um vôo doméstico (D) *et cetera*.

A sexta linha mostra os custos associados com a posição errada de aeronaves no fim do período de recuperação: 20.000 euros por falta de aeronaves da mesma família, 5.000 euros por falta de aeronaves do mesmo modelo e 1.000 euros por falta de aeronaves da mesma configuração.

A última linha indica que o peso α , β e γ são iguais a 1,0.

4.6.3 Arquivo *airports.csv*

Este arquivo fornece, para um dia típico (com operações normais), as capacidades horárias de pouso e decolagem de cada aeroporto. Cada linha do arquivo

contém o código de três letras do aeroporto (tipo "*airport*"), seguido por uma série conjuntos de quatro campos especificando as capacidades associadas a cada período de tempo. Capacidades são números inteiros não negativos e os períodos de tempo são dados por uma hora inicial e um hora final (ambas do tipo "*time*").

4.6.3.1 *Formato*

Airport (Dep/h Arr/h StartTime EndTime) +

4.6.3.2 *Exemplo*

```
NCE 0 0 00:00 03:00 5 0 03:00 07:00 20 20 07:00 19:00 5 10 19:00 21:00 0 0
21:00 00:00
#
```

O exemplo acima descreve um dia típico do aeroporto de Nice (NCE):

- Capacidade nula de decolagens e pousos das 21:00 às 03:00;
- Capacidade horária máxima de 5 decolagens e nenhum pouso das 03:00 às 07:00;
- Capacidade horária máxima de 20 decolagens e 20 pousos das 07:00 às 19:00;
- Capacidade horária máxima de 5 decolagens e 10 pousos das 07:00 às 19:00.

Importante lembrar que a capacidade horária é dada somente para períodos $[H, H+1[$, e não para quaisquer períodos corridos de 60 minutos.

4.6.4 *Arquivo dist.csv*

Este arquivo fornece a duração de um voo típico entre cada par de aeroportos, bem como o tipo de voo. Nota-se que, para cada par de aeroportos, a duração do voo pode variar dependendo de qual é a origem e qual é o destino. Cada linha do arquivo contém os códigos de três letras dos aeroportos de origem e destino (tipo "*airport*"), o tempo (tipo "*duration*") e o tipo de voo (tipo "*itin_type*").

4.6.4.1 *Formato*

Origin Destination Dist Type

4.6.4.2 Exemplo

CDG NCE 95 D

NCE CDG 95 D

#

O exemplo acima mostra que o tempo de voo entre o aeroporto de Nice (NCE) e Paris - Charles de Gaulle (CDG) é de 95 minutos, nos dois sentidos, e especifica que o voo é doméstico.

4.6.5 Arquivo *flights.csv*

Este arquivo contém informações acerca dos horários dos voos operados pela companhia aérea em um dia típico do período de recuperação, que é o que pode-se alterar. Para cada voo, são fornecidos os seguintes dados: número de identificação do voo, aeroportos de origem e destino (tipo “*airport*”), hora de partida e de chegada (tipo “*time*”), e o número do voo anterior caso seja um voo *multi-leg* (caso não seja, o valor é nulo).

4.6.5.1 Formato

Flight Orig Dest DepTime ArrTime PrevFlight

4.6.5.2 Exemplo

1 NCE CDG 14:00 15:35 0

2 SIN LHR 15:20 05:30+1 0

3 LHR CDG 06:30 07:45 2

4 ORY CDG 08:30 09:00 0

#

O exemplo acima mostra que o voo 1 (doméstico, como mostra o exemplo do arquivo *dist.csv*), parte de Nice (NCE) às 14:00 e chega a Paris – Charles de Gaulle (CDG) às 15:35. Ele também mostra que os voos 2 e 3 compõem um voo *multi-leg*, o qual parte de Cingapura (SIN) e chega a Paris – Charles de Gaulle (CDG), via Londres – Heathrow (LHR). O voo 2, primeiro trecho, é intercontinental, parte de Cingapura (SIN) às 15:20 e chega a Londres – Heathrow (LHR) às 05:30 do dia seguinte, o voo

3, segundo trecho, é continental, parte de Londres – Heathrow (LHR) às 06:30 e chega a Paris às 07:45.

A última linha descreve o voo 4 de Paris – Orly (ORY) para Paris – Charles de Gaulle (CDG), o que corresponde a um "voo" de um transporte de superfície dentro de uma área metropolitana.

4.6.6 Arquivo *aircraft.csv*

Este arquivo fornece as características das aeronaves, as quais são definidas pelos seguintes dados: identificação da aeronave (tipo "*aircraft*"), modelo (tipo *string*), família (tipo *string*), configuração da cabine (tipo "*config*"), autonomia (tipo "*duration*"), custo operacional por hora (tipo "*price*"), *turn-round* e *transit time* (tipo "*duration*"), aeroporto de origem (tipo "*airport*"), ou seja, aeroporto onde a aeronave está localizada no início do período de recuperação e manutenção prevista (tipo "*maint*"). Em tempo, a string "NULL" indica que não há nenhuma manutenção prevista durante do período de recuperação.

4.6.6.1 *Formato*

Aircraft Model Family Config Dist Cost/h TurnRound Transit Orig Maint

4.6.6.2 *Exemplo*

```
A320#1 A320 AirbusSmall 0/20/150 480 1500.0 30 30 CDG CDG-10/01/08-
14:00-10/01/08-20:00-900
A320#2 A320 AirbusSmall 10/30/110 480 1500.0 30 30 NCE NULL
TranspCom#1 TranspCom TranspCom -1/-1/-1 60 0.0 5 5 CDG NULL
TranspCom#2 TranspCom TranspCom -1/-1/-1 60 0.0 10 10 ORY NULL
#
```

O exemplo acima fornece as características dos dois primeiros Airbus A320 na frota, os quais possuem várias características em comum, mas as suas configurações são diferentes - o A320#1 possui 20 assentos na classe executiva e 150 na econômica e o A320#2, 10 na primeira, 30 na executiva e 110 na econômica.

O primeiro (A320#1) está localizado em Paris – Charles de Gaulle (CDG) no início do período de recuperação, deve passar por manutenção lá em 10/01/08 das 14:00 às 20:00 e não pode voar mais de 900 minutos, 15 horas, entre duas

manutenções. O segundo (A320#2) está localizado em Nice (NCE) e não tem manutenção programada até o final do período de recuperação.

As características dos veículos de transporte de superfície 1 e 2 também são fornecidas. Ambos pertencem à família *TranspCom*, têm capacidade de assentos infinito (como já dito, indicada pelo valor “-1”) e os custos operacionais são nulos. O veículo 1 (*TranspCom#1*) está localizado no aeroporto Charles de Gaulle no início do período de recuperação, enquanto o veículo 2 (*TranspCom#2*) está no Orly.

4.6.7 Arquivo *rotations.csv*

Este arquivo especifica as rotações para todas as aeronaves durante todo o período de recuperação. Cada voo é unicamente definido por um número e uma data de partida (tipo “*date*”). As linhas são agrupadas por aeronaves (tipo “*aircraft*”) e ordenados cronologicamente para cada aeronave.

4.6.7.1 *Formato*

Flight DepDate Aircraft

4.6.7.2 *Exemplo*

```
2 20/01/08 B747#5
3 21/01/08 B747#5
2 21/01/08 A340#2
3 22/01/08 A340#2
4 21/01/08 TranspCom#2
#
```

O exemplo acima descreve as rotações do Boeing 747 número 5, do Airbus A340 número 2, e do veículo de transporte de superfície número 2 durante todo o período de recuperação, que é de 20/01/08 a 21/01/08.

As rotações consistem nos voos número 2 e 3 (voos *multi-leg* de Cingapura para Paris – Charles de Gaulle, como mostra o arquivo *flights.csv*) em 20/01 e em 21/01 e no “voo” de superfície do aeroporto Orly para o aeroporto Charles de Gaulle, em 21/01.

Nota-se que o número de voo 3 em 22/01 não está dentro do período de recuperação, no entanto, é incluído no problema por se tratar de um trecho de um voo *multi-leg* (segundo trecho do voo 2 em 21/01).

4.6.8 Arquivo *positions.csv*

Este arquivo fornece o número de aeronaves de cada tipo (modelo e configuração) que deve estar em cada aeroporto ao final do período de recuperação, para que, assim, sejam retomadas as operações normais. Cada linha fornece a lista do número de aeronaves de um dado modelo (tipo *string*) e uma dada configuração (tipo "*config*") exigido em cada aeroporto (tipo "*airport*").

4.6.8.1 Formato

Airport (Model Config Count) + #

4.6.8.2 Exemplo

NCE A320 0/20/150 5 A320 10/30/110 2 B737 0/0/115 7 #
#

O exemplo acima enumera as aeronaves necessárias no aeroporto de Nice ao final do período de recuperação:

- Cinco Airbus A320, com 20 assentos na classe executiva e 150 assentos na classe econômica;
- Dois Airbus A320 com 10 assentos na primeira classe, 30 assentos na classe executiva e 110 assentos na classe econômica;
- Sete Boeing 737 com 115 assentos na classe econômica.

4.6.9 Arquivo *alt_flights.csv*

Este arquivo as perturbações referentes aos voos operados pela companhia aérea, ou seja, atrasos e cancelamentos. Cada voo impactado é identificado pelo número e pela data de partida. Uma perturbação é dada pelas seguintes informações: duração do atraso (tipo "*duration*"), em caso de atraso, e -1 em caso de cancelamento.

4.6.9.1 Formato

Flight DepDate Delay

4.6.9.2 Exemplo

```
2 20/01/08 45
1 21/01/08 -1
#
```

O exemplo acima especifica um atraso de 45 minutos no voo número 2 (de Cingapura para Londres - Heathrow, como mostra o arquivo *flights.csv*) no dia 20/01/08 e o cancelamento do voo número 1 (de Nice para Paris – Charles de Gaulle) no dia 21/01/08.

4.6.10 Arquivo *alt_aircraft.csv*

Este arquivo fornece os períodos de indisponibilidade de aeronaves. Cada linha contém a identificação da aeronave indisponível (tipo “*aircraft*”), a data (tipo “*date*”) e hora (tipo “*time*”) do início e do fim do período de indisponibilidade.

4.6.10.1 Formato

Aircraft StartDate StartTime EndDate EndTime

4.6.10.2 Exemplo

```
A320#1 20/01/08 04:00 20/01/08 20:00
#
```

O exemplo acima estabelece que o Airbus A320 número 1 não estará disponível entre 04:00 e 20:00 do dia 20/01/08.

4.6.11 Arquivo *alt_airports.csv*

Este arquivo fornece os períodos de redução temporária da capacidade do aeroporto. Cada linha contém o código de três letras do aeroporto (tipo “*airport*”), a data (tipo “*date*”) e hora (tipo “*time*”) do início do período de redução, a data (tipo “*date*”) e hora (tipo “*time*”) do final do período de redução, a capacidade de decolagens e a capacidades de pousos durante o tal período.

4.6.11.1 Formato

Airport StartDate StartTime EndDate EndTime Dep/h Arr/h

4.6.11.2 Exemplo

LHR 20/01/08 04:00 20/01/08 10:00 0 2

#

O exemplo acima mostra que entre 04:00 e 10:00 do dia 20/01/08, não são permitidas decolagens e a capacidade horária de pousos é igual a 2.

5 Solução Proposta

A proposta de solução para o problema trata somente de aspectos referentes aos vôos, aeronaves e aeroportos, os passageiros, muito embora constituam a outra metade importante de uma solução completa, não são tratados aqui.

Para que o modelo fosse o mais simples possível, mostrou-se necessário modelar as manutenções e as indisponibilidades (perturbações nas aeronaves) como “vôos virtuais” entre o mesmo aeroporto e com durações iguais aos períodos de manutenção, ou de indisponibilidade.

A idéia é modelar todas as limitações e, por meio das vantagens da programação por restrições, encontrar o melhor rearranjo de horários, atrasos, cancelamentos, aeronaves e aeroportos para o período de recuperação; ou seja, elaborar um plano provisório o mais próximo possível do ótimo (seja ele do ponto de vista dos custos, de tempo ou de ambos) para que a companhia aérea retome as operações normais.

Dessa forma, foram concebidas as restrições que teoricamente, não podem ser violadas em uma solução ótima, quais sejam:

- A hora de chegada de um vôo tem de ser igual à hora de partida acrescida da duração do vôo (#01);
- Não há aeronave destacada para um vôo se, e somente se, ele está cancelado (#02);
- Há aeronave destacada para um vôo se, e somente se, ele não está cancelado (#03);
- Um vôo x sucede um vôo y se, e somente se, o vôo y precede o vôo x (#4);

- Dado que cada vôo possui um número único de identificação, só há um único sucessor de um dado vôo (#05);
- Analogamente, só há um predecessor para um dado vôo (#06);
- Se um vôo x sucede um vôo y, então a hora de partida do vôo x tem de ser maior ou igual à hora do vôo y acrescida do turn-round time (#07);
- Se um vôo x sucede um vôo y, então a mesma aeronave deve ser destacada para ambos (#08);
- Ao contrário, se dois vôos não possuem a mesma aeronave destacada, então eles não podem ser nem sucessores nem predecessores um do outro (#09);
- Se o aeroporto de destino do vôo x é diferente do aeroporto de origem do vôo y, então o vôo y não pode ser sucessor do vôo x (#10);
- Se o vôo y é o segundo trecho de um vôo multi-leg, cujo primeiro trecho é o vôo x, então obrigatoriamente o vôo y é sucessor do vôo x (#11);
- Se um dado vôo é um “vôo virtual de manutenção”, então a aeronave para ele destacada não pode ser alterada (#12);
- Da mesma forma, se um dado vôo é um “vôo virtual de indisponibilidade”, então a aeronave para ele destacada não pode ser alterada (#13);
- A hora de partida de um vôo é igual à sua hora de partida original acrescida do atraso dado pelo plano provisório (#14);
- Analogamente, a hora de chegada de um vôo é igual à sua hora de chegada original acrescida do atraso dado pelo plano provisório (#15);
- Consequentemente, a hora de partida de um vôo é sempre maior ou igual à sua hora de partida original (não se faz necessária a mesma restrição para a hora de chegada pela restrição #01) (#16);
- Vôos com partidas originalmente previstas para antes do início do período de recuperação não podem ser alterados (#17);
- Evidentemente então, vôos com chegadas originalmente previstas para antes do início do período de recuperação também não podem ser alterados (#18);
- Se um dado vôo foi cancelado, então ele não possui hora de partida (#19);

- Analogamente, se um dado voo foi cancelado, então ele não possui hora de chegada (#20);
- Vãos com hora de partida entre os limites inferior e superior de um dado slot de tempo, $[H, H+1[$, devem ser contabilizados nas decolagens do aeroporto de origem, para aquele slot (#21);
- Da mesma forma, vãos com hora de chegada entre os limites inferior e superior de um dado slot de tempo, $[H, H+1[$, devem ser contabilizados nos pousos do aeroporto de origem, para aquele slot (#22);
- Para um dado aeroporto, o número de decolagens de cada slot de tempo deve ser menor ou igual à sua capacidade horária de decolagens para o slot referente (#23);
- Por fim, para um dado aeroporto, o número de pousos de cada slot de tempo deve ser menor ou igual à sua capacidade horária de pousos para o slot referente (#24).

As restrições foram numeradas para facilitar a identificação de cada uma delas quando apresentadas no modelamento e na implementação.

5.1 Modelamento

Conjuntos:

- A – aeronaves (*aircraft*), indexado por i (“ $i=0$ ” indica que não há aeronaves, usado para cancelamento de vãos);
- P – aeroportos (*airports*), indexado por p ;
- F – vãos (*flights*), indexado por j ;
- T_p – slots de tempo (*time slots*), indexado por t .

Dados:

- d_j – duração do voo j (*duration of flight j*), $j \in F$;
- tr_i – *turn-round time*, tempo mínimo para preparar a aeronave para o próximo voo, $i \in A$;
- $destinationF_j$ – aeroporto de destino do voo j (*destination airport of flight j*), $j \in F$;
- $originF_j$ – aeroporto de origem do voo j (*origin airport of flight j*), $j \in F$;

- delay_j^0 – atraso original do voo j (*original delay of flight j*), $j \in F$;
- arrTimeF_j^0 – hora de chegada original do voo j (*original arrival time of flight j*), $j \in F$;
- depTimeF_j^0 – hora de partida original do voo j (*original departure time of flight j*), $j \in F$;
- beginRW – hora do início do período de recuperação (*time of the begin of the recovery window*);
- endRW – hora do término do período de recuperação (*time of the end of the recovery window*);
- $\text{capAirportDep}_{pt}$ – capacidade de decolagens do aeroporto p no *slot* de tempo t (*capacity of departures for airport p in time slot t*);
- $\text{capAirportArr}_{pt}$ – capacidade de pousos do aeroporto p no *slot* de tempo t (*capacity of arrivals for airport p in time slot t*);
- $\text{lowerBoundTime}_{pt}$ – limite inferior do *slot* de tempo t do aeroporto p (*lower bound of time slot t of airport p*);
- $\text{upperBoundTime}_{pt}$ – limite superior do *slot* de tempo t do aeroporto p (*upper bound of time slot t of airport p*).

Perturbações:

- F^{CF} – conjunto dos voos cancelados (*set of canceled flights*), $F^{\text{CF}} \subset F$;
- F^{AB} – conjunto de voos virtuais que modelam as quebras de aeronaves (*set of virtual flights modeling aircraft breakdowns*);
- F^{DF} – conjunto de voos atrasados (*set of delayed flights*), $F^{\text{DF}} \subset F$;
- delay_j – atraso atualizado do voo j (“*new*” *delay of flight j*), $j \in F^{\text{DF}}$;
- P^{D} – conjunto de aeroportos que têm a capacidade reduzida (*set of airports that have a capacity disruption*).

Variáveis de decisão:

- VarAF_j – aeronave do voo j (*aircraft for flight j*), $\text{Domínio}(\text{VarAF}_j) = A$;
- VarDepTimeF_j – hora de partida do voo j (*departure time of flight j*), $\text{Domínio}(\text{VarDepTimeF}_j) = [\text{deptimeF}_j^0, \infty]$;
- VarArrTimeF_j – hora de chegada do voo j (*arrival time of flight j*), $\text{Domínio}(\text{VarArrTimeF}_j) = [\text{arrtimeF}_j^0, \infty]$;

- VarCancelF_j – igual a 1, se o voo j é cancelado, e igual a 0 caso contrário (*1, if flight j is cancelled, 0 otherwise*), $\text{Domínio}(\text{VarCancelF}_j) = \{0, 1\}$;
- VarSuccAF_j – voo successor do voo j para a mesma aeronave (*successor flight after j with the same aircraft*), $\text{Domínio}(\text{VarSuccAF}_j) = F$;
- VarPredAF_j – voo predecessor do voo j para a mesma aeronave (*predecessor flight after j with the same aircraft*), $\text{Domínio}(\text{VarPredAF}_j) = F$;
- VarArrTF_j – slot de tempo no qual o voo j pousa no seu aeroporto de destino p (*arrival time slot of flight j*), $\text{Domínio}(\text{VarArrTF}_j) = T_p$;
- VarDepTF_j – slot de tempo no qual o voo j decola do seu aeroporto de origem p (*departure time slot of flight j*), $\text{Domínio}(\text{VarDepTF}_j) = T_p$.

Restrições:

- #01: $\text{VarArrTimeF}_j = \text{VarDepTimeF}_j + d_j$;
- #02: $\text{VarAF}_j = 0 \leftrightarrow \text{VarCancelF}_j = 1$;
- #03: $\text{VarAF}_j > 0 \leftrightarrow \text{VarCancelF}_j = 0$;
- #04: $\text{VarSuccAF}_j = k \leftrightarrow \text{VarPredAF}_k = j$;
- #05: $\text{AllDiff}(\text{VarSuccAF}_j)$;
- #06: $\text{AllDiff}(\text{VarPredAF}_j)$;
- #07: $\text{VarSuccAF}_j = k \rightarrow (\text{VarDepTimeF}_k \geq \text{VarArrTimeF}_j + \text{tr}[\text{VarAF}_j]) \&\& \text{VarCancelF}_j = 0$;
- #08: $\text{VarSuccAF}_j = k \rightarrow \text{VarAF}_j = \text{VarAF}_k$;
- #09: $\text{VarAF}_j \neq \text{VarAF}_k \rightarrow \text{VarSuccAF}_j \neq k$;
- #10: $\text{destination } F_j \neq \text{origin } F_k \rightarrow \text{VarSuccAF}_j \neq k$;
- #11: $j \text{ and } k \text{ is an obligatory multileg flight} \rightarrow \text{VarSuccAF}_j = k$;
- #12: $j \text{ is an virtual maintenance flight} \rightarrow \text{VarAF}_j = i \text{ (i: original aircraft)}$;
- #13: $j \text{ is an virtual breakdown flight} \rightarrow \text{VarAF}_j = i \text{ (i: original aircraft)}$;
- #14: $\text{VarArrTimeF}_j = \text{arrTimeF}_j^0 + \text{delay}_j$;
- #15: $\text{VarDepTimeF}_j = \text{depTimeF}_j^0 + \text{delay}_j$;
- #16: $\text{VarDepTimeF}_j \geq \text{depTimeF}_j^0$;
- #17: $\text{depTimeF}_j \leq \text{begin of RW} \rightarrow \text{VarDepTimeF}_j = \text{depTimeF}_j^0$;
- #18: $\text{arrTimeF}_j \leq \text{begin of RW} \rightarrow \text{VarArrTimeF}_j = \text{arrTimeF}_j^0$;

- #19: $\text{VarCancelF}_j = 1 \rightarrow \text{VarDepTF}_j = -1;$
- #20: $\text{VarCancelF}_j = 1 \rightarrow \text{VarArrTF}_j = -1;$
- #21: $\text{VarDepTimeF}_j \geq \text{lowerBoundTime}_{pt} \ \&\& \ \text{VarDepTimeF}_j < \text{upperBoundTime}_{pt} \ \&\& \ \text{VarCancelF}_j = 0 \rightarrow \text{VarDepTF}_j = t;$
- #22: $\text{VarArrTimeF}_j \geq \text{lowerBoundTime}_{pt} \ \&\& \ \text{VarArrTimeF}_j < \text{upperBoundTime}_{pt} \ \&\& \ \text{VarCancelF}_j = 0 \rightarrow \text{VarArrTF}_j = t;$
- #23: $\text{Count}(\text{VarDepTF}_j = t) \leq \text{capAirportDep}_{pt}$ (departures from airport p);
- #24: $\text{Count}(\text{VarArrTF}_j = t) \leq \text{capAirportArr}_{pt}$ (arrivals at airport p).

5.2 Implementação

A implementação utiliza a linguagem C++ e a biblioteca do IBM ILOG Solver V6.7, como já dito, software que resolve problemas combinatórios por meio da programação por restrições.

Os trechos de código-fonte aqui apresentados estão em inglês, pois é o idioma costumeiramente utilizado para a programação, e estão com fonte e margens diferentes para diferenciar do corpo do trabalho.

5.2.1 Definições iniciais

Como os tempos serão todos contados em minutos, tais definições facilitam a programação.

```
typedef vector<string>      LINE;
typedef vector<int>         LINEINT;
typedef vector<double>     LINEDOUBLE;
typedef vector<LINE>       MATRIX;
typedef vector<LINEINT>    MATRIXI;
typedef vector<LINEDOUBLE> MATRIXD;
#define MINBYYEAR          365*24*60
#define MINBYMONTH         30*24*60
#define MINBYDAY            24*60
#define MINBYHOUR           60
```

5.2.2 Leitura dos arquivos

Para que os dados, separados por vírgula ou por espaços, contidos nos arquivos “[file].csv” fossem corretamente lidos e armazenados em strings, a função *ReadIt* foi implementada. No entanto, alguns arquivos não são consistentes e possuem um “espaço em branco” no final de algumas linhas, fato contornado com o seguinte trecho:

```

/* BEGIN - Insertion of a blank space at the end of the line, if there's not
already one, just to read it correctly after */
if (line[line.length()-2] != ' ')
{
    line += ibs;
    tempchar = line[line.length()-2];
    line[line.length()-2] = line[line.length()-1];
    line[line.length()-1] = tempchar;
}
/* END - Insertion of a blank space at the end of the line, if there's not
already one, just to read it correctly after */

```

Para cada arquivo foi criada uma matriz de strings e a leitura dos dados efetuada.

```

//Creation of a matrix to each given type of file
MATRIX aircraft, airports, alt_aircraft, alt_airports, alt_flights, config, dist,
flights, itineraries, position, rotations;
//Reading of the files and storing in the respective matrices
aircraft = ReadIt (argv[1], "aircraft.csv");
airports = ReadIt (argv[1], "airports.csv");
alt_aircraft = ReadIt (argv[1], "alt_aircraft.csv");
alt_airports = ReadIt (argv[1], "alt_airports.csv");
alt_flights = ReadIt (argv[1], "alt_flights.csv");
config = ReadIt (argv[1], "config.csv");
dist = ReadIt (argv[1], "dist.csv");
flights = ReadIt (argv[1], "flights.csv");
itineraries = ReadIt (argv[1], "itineraries.csv");
position = ReadIt (argv[1], "position.csv");
rotations = ReadIt (argv[1], "rotations.csv");

```

Posteriormente, extraíram-se, de cada matriz de strings, as informações relevantes para o problema, as quais foram devidamente convertidas e armazenadas.

```

//Extraction values in "config.csv"
LINEINT config_rec_period = RecPeriod (config);
LINEDOUBLE config_cost_delay = ConfigDelay (config);
LINEDOUBLE config_cost_cancel_out = ConfigOutbound (config);
LINEDOUBLE config_cost_cancel_in = ConfigInbound (config);
LINEDOUBLE config_cost_downgrading = ConfigDowngr (config);
LINEDOUBLE config_cost_noncompl = ConfigNonCompl (config);
LINEDOUBLE config_weights = ConfigWeights (config);
//Extraction values in "airports.csv"
MATRIXD airports_values = AirportsValues (airports);
MATRIXD airports_dep_cap_per_ts = AirportsDepCap (airports_values);
MATRIXD airports_arr_cap_per_ts = AirportsArrCap (airports_values);
//Extraction values in "dist.csv"
LINEDOUBLE dist_flight_time = DistTime (dist);
//Extraction values in "flights.csv"
MATRIXD flights_times = FlightsTimes (flights);
//Extraction values in "aircraft.csv"
MATRIXD aircraft_config = AircraftConfig (aircraft);
LINEDOUBLE aircraft_range = AircraftRange (aircraft);
LINEDOUBLE aircraft_cost = AircraftHCost (aircraft);
LINEDOUBLE aircraft_turnround = AircraftTurnRound (aircraft);
LINEDOUBLE aircraft_transit = AircraftTransit (aircraft);
MATRIX aircraft_maint = AircraftMaint (aircraft);
MATRIXD aircraft_maintenance = AircraftMaintenance (aircraft_maint);
//Extraction values in "rotations.csv"
MATRIXD rotations_date = RotationsDate (rotations);
LINEDOUBLE rotations_flight_num = RotationsFlightNum (rotations);
//Extraction values in "itineraries.csv"
LINEINT itineraries_id_number = ItineraryIDN (itineraries);
LINEDOUBLE itineraries_price = ItineraryPrice (itineraries);
LINEINT itineraries_passengers = ItineraryPassengers (itineraries);
MATRIXD itineraries_flights_dates = ItineraryFlightsDates (itineraries);
//Extraction values in "position.csv"
MATRIX position2 = PositionRearrange (position);
MATRIXD position_cabin_qty = Position2Cabin (position2);
//Extraction values in "alt_flights.csv"
MATRIXD alt_flights_all = AltFlightsAll (alt_flights);
//Extraction values in "alt_aircraft.csv"
MATRIXD alt_aircraft_dates = AltAircraftDates (alt_aircraft);
//Extraction values in "alt_airports.csv"
MATRIXD alt_airports_all = AltAirportsAll (alt_airports);
//Construction of the matrix of All Flights (String)
MATRIX all_flights_string = AllFlightsString (rotations, flights, aircraft,
aircraft_maint, alt_aircraft);

```

```
MATRIXI all_flights_values = AllFlightsValues (rotations, rotations_date,
flights, flights_times, aircraft_maintenance, alt_aircraft_dates);
```

5.2.3 Criação do modelo do Solver

O modelo foi criado de acordo com o que foi descrito no item 5.1, com a implementação de todos os conjuntos, dados e perturbações.

```
//MODEL
IloModel model(env);
//DECLARATIONS
IloInt n, j, k, l, it, fl, fl2, temp, test1, test2, tempTF, ts, ts_up, ts_low;
IloInt n_flights = all_flights_string.size(); //Number of flights (real + virtual)
IloInt n_aircrafts = aircraft.size()-1; //Number of aircrafts
IloInt n_aircraft = aircraft.size()-1; //Number of aircrafts
IloInt n_itineraries = itineraries.size()-1; //Number of itineraries
IloIntArray n_time_slots (env, n = 0); //Array of time slots, where the
value is the start hour ("6" is the time slot from 06:00 to 07:00, for example)
IloIntArray dep_times (env, n = 0); //Departure times, in minutes (Minute
"0" is midnight of the day of the first flight)
IloIntArray arr_times (env, n = 0); //Arrival times, in minutes (Minute "0" is
midnight of the day of the first flight)
IloIntArray d (env, n = 0); //Duration of flight 'j', in minutes
IloIntArray flight_dep_time_slot (env, n = 0); //Departure Time Slot Lower
Bound of flight 'j'
IloIntArray flight_arr_time_slot (env, n = 0); //Arrival Time Slot Lower
Bound of flight 'j'
IloIntArray dep_arr_ub_array (env, n = 0); //End of the recovery period,
in minutes. Array just to ajust the upper bound of the virtul flights
IloInt recovery_begin = GetLowerBound (rotations_date,
config_rec_period); //Beginning of the recovery period, in minutes (Minute "0" is
midnight of the day of the first flight)
IloInt dep_arr_ub = GetUpperBound (rotations_date, config_rec_period);
//End of the recovery period, in minutes (Minute "0" is midnight of the day of the
first flight)
IloInt time_slot_ub = GetFlightTimeSlot (dep_arr_ub); //Time slot of the
end of the recovery period
for (it = 0; it < n_flights; it++)
{
    dep_times.add (all_flights_values[it][0]);
    arr_times.add (all_flights_values[it][1]);
    d.add (all_flights_values[it][2]);
    flight_dep_time_slot.add (GetFlightTimeSlot
(all_flights_values[it][0]));
```

```

        flight_arr_time_slot.add (GetFlightTimeSlot
(all_flights_values[it][1]));
        if (all_flights_string[it][0] == "Real Flight")
        {
            dep_arr_ub_array.add (dep_arr_ub);
        }
        else
        {
            dep_arr_ub_array.add (all_flights_values[it][1]);
        }
        if (it < time_slot_ub)
        {
            n_time_slots.add (it);
        }
    }
}

```

Já as variáveis de decisão foram implementadas da seguinte forma:

```

//DECISION VARIABLES
IloIntVarArray varAF (env, n_flights, 0, n_aircraft); //Aircraft for flight 'j' |
Dom(varAF) = A | '0' represents cancellation of the flight
IloIntVarArray varDepTimeF (env, dep_times, dep_arr_ub_array);
//Departure time of flight 'j' [minutes, starting at midnight of the day of the first
flight] | Dom(varDepTimeF) = [deptime Fj0, endrecoveryperiod]
IloIntVarArray varArrTimeF (env, arr_times, dep_arr_ub_array); //Arrival
time of flight 'j' [minutes, starting at midnight of the day of the first flight] |
Dom(varArrTimeF) = [arrtime Fj0, endrecoveryperiod]
IloIntVarArray varSuccAF (env, n_flights, -(n_flights), n_flights);
//Successor flight after 'j' with the same aircraft | Dom(varSuccAF) = F
IloIntVarArray varPredAF (env, n_flights, -(n_flights), n_flights);
//Predecessor flight before 'j' with the same aircraft | Dom(varSuccAF) = F
IloIntVarArray varCancelF (env, n_flights, 0, 1); //1 if flight 'j' is canceled,
'0' otherwise | Dom(varCancelF) = {0, 1}
IloIntVarArray varCancelI (env, n_itineraries, 0, 1); //1 if itinerary 'k' is
canceled, '0' otherwise | Dom(varCancelI) = {0, 1}
IloIntVarArray varDepTF (env, n_flights, 0, 23); //All possible values of
time slot that the departure of flight 'j' can take | Dom(varDepTF) = [departure
time slot, end of recovery period time slot]
IloIntVarArray varArrTF (env, n_flights, 0, 23); //All possible values of
time slot that the arrival of flight 'j' can take | Dom(varDepTF) = [arrival time slot,
end of recovery period time slot]
IloArray <IloIntVarArray> deps_per_ts (env,
airports_dep_cap_per_ts.size()); //Variable to count the number of departures
per time slot

```

```

        lloArray <lloIntVarArray> arrs_per_ts (env,
airports_arr_cap_per_ts.size()); //Variable to count the number of arrivals per
time slot
        for (it = 0; it < airports_dep_cap_per_ts.size(); it++)
        {
            deps_per_ts[it] = lloIntVarArray (env, time_slot_ub, 0, 1000);
//Variable to count the number of departures per time slot
            arrs_per_ts[it] = lloIntVarArray (env, time_slot_ub, 0, 1000);
//Variable to count the number of arrivals per time slot
        }

```

Por fim, foram implementadas as restrições.

```

//CONSTRAINTS
for (j = 0; j < n_flights; j++)
{
    if (dep_times[j] < recovery_begin || all_flights_string[j][0] == "Virtual
Maintenance Flight" || all_flights_string[j][0] == "Virtual Breakdown Flight")
    {
        test1 = 0;
        for (k = 0; k < alt_flights_all.size(); k++)
        {
            if (j == GetIndexFlight (rotations,
alt_flights_all[k][0]))
            {
                test1 = 1;
                test2 = k;
            }
        }
        if (test1 == 0)
        {
            model.add (varDepTimeF[j] ==
dep_times[j]); //Constraint #17
            model.add (varArrTimeF[j] ==
arr_times[j]); //Constraint #18
            model.add (varAF[j] == GetIndexAircraft
(aircraft, all_flights_string[j][1])); //Constraint #12 and #13 (Fix the aircraft
assigned to the flights before the recovery window)
        }
        else
        {
            if (alt_flights_all[test2][4] == -1)
            {

```

```

temp = GetIndexFlight (rotations,
alt_flights_all[test2][0]);

model.add (varCancelF[temp] == 1);
}
else
{
temp = GetIndexFlight (rotations,
alt_flights_all[test2][0]);

model.add (varDepTimeF[temp] ==
dep_times[temp] + alt_flights_all[test2][4]); //Constraint #15
model.add (varArrTimeF[temp] ==
arr_times[temp] + alt_flights_all[test2][4]); //Constraint #14
model.add (varAF[temp] ==
GetIndexAircraft (aircraft, all_flights_string[temp][1])); //Fix the aircraft assigned
to the flights before the recovery window
}
}
}
else
{
test1 = 0;
for (k = 0; k < alt_flights_all.size(); k++)
{
if (j == GetIndexFlight (rotations,
alt_flights_all[k][0]))
{
test1 = 1;
test2 = k;
}
}
if (test1 == 1)
{
if (alt_flights_all[test2][4] == -1)
{
temp = GetIndexFlight (rotations,
alt_flights_all[test2][0]);

model.add (varCancelF[temp] == 1);
}
else
{
temp = GetIndexFlight (rotations,
alt_flights_all[test2][0]);

model.add (varDepTimeF[temp] ==
dep_times[temp] + alt_flights_all[test2][4]); //Constraint #15

```

```

                                model.add (varArrTimeF[temp] ==
arr_times[temp] + alt_flights_all[test2][4]); //Constraint #14
                                model.add (varAF[temp] ==
GetIndexAircraft (aircraft, all_flights_string[temp][1])); //Fix the aircraft assigned
to the flights before the recovery window
                                }
                        }
                }
                model.add (varDepTimeF[j] >= dep_times[j]); //Constraint #16
                model.add (varArrTimeF[j] == varDepTimeF[j] + d[j]); //Constraint
#1
                model.add (IfThen (env, varAF[j] == 0, varCancelF[j] == 1));
//Constraint #2
                model.add (IfThen (env, varCancelF[j] == 1, varAF[j] == 0));
//Constraint #2
                model.add (IfThen (env, varAF[j] > 0, varCancelF[j] == 0));
//Constraint #3
                model.add (IfThen (env, varCancelF[j] == 0, varAF[j] > 0));
//Constraint #3
                model.add (IfThen (env, varCancelF[j] == 1, varDepTF[j] == -1));
//Constraint #19
                model.add (IfThen (env, varCancelF[j] == 1, varArrTF[j] == -1));
//Constraint #20
                }
                for (j = 0; j < n_flights; j++)
                {
                        for (k = 0; k <= time_slot_ub; k++)
                        {
                                ts_low = k*60;
                                ts_up = (k+1)*60;
                                model.add (IfThen (env, varCancelF[j] == 0 &&
varDepTimeF[j] >= ts_low && varDepTimeF[j] < ts_up, varDepTF[j] == k));
//Constraint #21
                                model.add (IfThen (env, varCancelF[j] == 0 &&
varArrTimeF[j] >= ts_low && varArrTimeF[j] < ts_up, varArrTF[j] == k));
//Constraint #22
                                }
                                for (k = 0; k < n_flights; k++)
                                {
                                        for (l = 0; l < n_aircraft; l++)
                                        {
                                                model.add (IfThen (env, (varSuccAF[j] == k &&
varAF[j] == l && varCancelF[j] == 0), varDepTimeF[k] >= (varArrTimeF[j] +
aircraft_turnround[l]))); //Constraint #7
                                        }
                                }
                        }
                }

```

```

        model.add (lIfThen (env, varSuccAF[j] == k,
varPredAF[k] == j)); //Constraint #4
        model.add (lIfThen (env, varPredAF[k] == j, varSuccAF[j]
== k)); //Constraint #4
        model.add (lIfThen (env, varSuccAF[j] == k, varAF[j] ==
varAF[k])); //Constraint #8
        model.add (lIfThen (env, varAF[j] != varAF[k],
varSuccAF[j] != k)); //Constraint #9
        if (all_flights_string[j][3] != all_flights_string[k][2] ||
arr_times[j] >= dep_times[k])
        {
            model.add (varSuccAF[j] != k); //Constraint #10
        }
    }
    fl = GetIndexRotFl (rotations_flight_num[j], flights);
    if (j < rotations_flight_num.size() && flights_times[fl][6] > 0)
    {
        fl2 = GetIndexFlight2 (rotations, flights[fl-1][0]);
        model.add (varSuccAF[fl2] == j); //Contraint #11
    }
}
for (j = 0; j < airports_dep_cap_per_ts.size(); j++)
{
    model.add (lIfDistribute (env, deps_per_ts[j], n_time_slots,
varDepTF)); //Counting the departures per time slot, for each airport
    model.add (lIfDistribute (env, arrs_per_ts[j], n_time_slots,
varArrTF)); //Counting the arrivals per time slot, for each airport
}
for (j = 0; j < airports_dep_cap_per_ts.size(); j++)
{
    for (k = 0; k < time_slot_ub; k++)
    {
        ts = k;
        while (ts > 23)
        {
            ts -= 23;
        }
        model.add (deps_per_ts[j][k] <=
airports_dep_cap_per_ts[j][ts]); //Constraint #23
        model.add (arrs_per_ts[j][k] <=
airports_arr_cap_per_ts[j][ts]); //Constraint #24
    }
}
model.add (lIfAllDiff (env, varSuccAF)); //Constraint #5
model.add (lIfAllDiff (env, varPredAF)); //Constraint #6

```

5.2.4 Solução do modelo no *Solver*

Apenas para obter uma noção da solução, haja vista que a solução total do problema levaria também em conta a solução referente aos passageiros, foi implementada, além da própria solução do *Solver*, uma exibição de partes de algumas variáveis de decisão.

```

IloSolver solver(model);
if (solver.solve())
{
    solver.out() << solver.getStatus() << " Solution" << endl << endl;
    for (j = 200; j < 260; j++)
    {
        if (solver.getValue(varCancelF[j]) == 0)
        {
            solver.out() << j << " * " << all_flights_string[j][0]
<< " - NOT CANCELED" << endl;
        }
        else
        {
            solver.out() << j << " * " << all_flights_string[j][0]
<< " - CANCELED" << endl;
        }
        solver.out() << j << " * Aircraft: " <<
aircraft[solver.getValue(varAF[j])][0] << endl;
        solver.out() << j << " * " << "Departure: " << dep_times[j]
<< " -> " << solver.getValue(varDepTimeF[j]) << endl;
        solver.out() << j << " * " << "Arrival: " << arr_times[j] << "
-> " << solver.getValue(varArrTimeF[j]) << endl;
        solver.out() << j << " * " << "Departure Time Slot: " <<
GetFlightTimeSlot(dep_times[j]) << " -> " << solver.getValue(varDepTF[j]) <<
endl;
        solver.out() << j << " * " << "Arrival Time Slot: " <<
GetFlightTimeSlot(arr_times[j]) << " -> " << solver.getValue(varArrTF[j]) << endl;
        solver.out() << j << " * Successor: " <<
solver.getValue(varSuccAF[j]) << endl;
        solver.out() << j << " * Predecessor: " <<
solver.getValue(varPredAF[j]) << endl << endl;
    }
    for (j = 0; j < time_slot_ub; j++)
    {
        solver.out() << "Time Slot: " << n_time_slots[j] << endl;
    }
}

```

```

        solver.out() << "*" << solver.getValue(deps_per_ts[0][j])
<< " departures" << endl;
        solver.out() << "*" << solver.getValue(arrs_per_ts[0][j]) <<
" arrivals" << endl << endl;
    }
    for (j = 250; j < 260; j++)
    {
        solver.out() << "DepTime: " <<
solver.getValue(varDepTimeF[j]) << endl;
        solver.out() << "Dep TS : " <<
solver.getValue(varDepTF[j]) << endl;
    }
}
else
{
    cout << "No Solution" << endl;
}
solver.printInformation();
catch (IloException& ex)
{
    cout << "Error: " << ex << endl;
}
env.end();

```

6 Considerações Finais

Como o presente trabalho tratou apenas das variáveis relacionadas com aeronaves, capacidades de aeroportos e horários de vôos, os resultados parciais obtidos, quando da execução do código utilizando a plataforma do IBM ILOG Solver V6.7, não são completamente consistentes, ou seja, serviram apenas para nortear a implementação.

Somente após a concepção, modelamento e implementação da solução do problema dos passageiros (ou seja, no que tange à realocação, troca de classe, indenização, medida de desutilidade, só para citar alguns dos aspectos a serem abordados) um plano provisório consistente e otimizado poderá ser obtido.

Portanto, muitas contribuições na solução de problemas operacionais, a exemplo dos que foram aqui apresentados, ainda podem ser realizadas e alinhadas às contribuições produzidas ao longo desse trabalho, de forma a buscar sempre uma

maior eficiência na forma de tratar imprevistos que afetam as operações normais de uma companhia aérea.

Para que o entendimento do funcionamento do algoritmo e sua solução sejam facilitados, um exemplo de problema inicial e sua posterior resolução, por meio do software, são mostrados no Apêndice A.

Referências

- Acuna-Agost, R., et al. 2009.** Rescheduling Flights, Aircraft and Passengers Simultaneously under Disrupted Operations – A Mathematical Programming Approach based on Statistical Analysis. *Solution Proposed to ROADEF 2009*. 2009.
- Artigues, C., et al. 2009.** Disruption Management for Commercial Airlines: overview of methods and official results for the ROADEF 2009 Challenge. s.l. : Inderscience Enterprises Ltd., 2009.
- Barták, R.** Constraint Propagation and Backtracking-Based Search. Praha : Charles University.
- Bazargan, M. 2004.** *Airline Operations and Scheduling*. Aldershot : Ashgate, 2004.
- Benhamou, F. e Colmerauer, A. 1993.** *Constraint logic programming: selected research*. Cambridge : MIT Press, 1993.
- Bisaillon, S., et al. 2009.** A Large Neighbourhood Search Heuristic for the Aircraft and Passenger Recovery Problem. *Solution Proposed to ROADEF 2009*. 2009.
- Hillier, F. S. e Lieberman, G. J. 2010.** *Introduction to Operations Research*. 9th Edition. New York : McGraw-Hill, 2010.
- IBM. 2009.** IBM ILOG Solver - Reference Manual. 2009.
- . **2009.** IBM ILOG Solver V6.7 - User's Manual. 2009.
- Jozefowicz, N., Mancel, C. e Mora-Camino, F. 2010.** A heuristic approach based on shortest path problems for integrated flight, aircraft and passenger rescheduling under disruptions. *Solution Proposed to ROADEF 2009*. Toulouse : s.n., 2010.
- Lopez, P. 2009.** Constraint Programming. *Power Point Presentation*. Toulouse : LAAS-CNRS, 2009.
- Nilsson, N. J. 1980.** *Principles of Artificial Intelligence*. Los Altos : Morgan Kaufmann, 1980.
- Palpant, M., et al. 2009.** ROADEF 2009 Challenge: Disruption Management for Commercial Aviation. Biot : Amadeus S.A.S., 2009.
- Rossi, F., van Beek, P. e Walsh, T. 2006.** *Handbook of Constraint Programming*. Amsterdam : Elsvier, 2006.
- Sucupira, I. R. 2003.** Programação por Propagação de Restrições: Teoria e Aplicações. *Relatório Final de Iniciação Científica*. São Paulo : s.n., 2003.
- Trick, M. e Mellon, C.** Constraint Programming. *Power Point Presentation*.

Tsang, E. 1996. Foundations of Constraint Satisfaction. Colchester : University of Essex, 1996.

Apêndice A – Exemplo de Solução

Como já foram detalhadamente explicados no item 4.6 todos os tipos de arquivos fornecidos como exemplos, pressupõe-se que cada um deles possa ser corretamente interpretado na sua forma original, não sendo assim necessária uma nova explanação acerca dos dados nele contidos. É importante ressaltar, antes da apresentação das tabelas de dados, que algumas tabelas foram divididas em mais de uma coluna somente para que não se estendesse por um número excessivo de páginas, sendo assim, deve-se obedecer a ordem das colunas para a sua leitura, como se a coluna dois fosse continuação da coluna um (a última linha da coluna um precede a primeira da coluna dois) e assim por diante.

Dessa forma, apresentam-se os arquivos iniciais, ou seja, os que estabelecem as condições de operação normal de uma companhia aérea:

Tabela 0.1 - Dados do arquivo *config.csv*.

07/01/06 12:00 08/01/06 04:00
F D 1.25 F C 1.25 F 1.25 B D 0.8 B C 0.85 B 0.9 E D 0.05 E C 0.15 E 0.25
F D 2500.0 F C 2750.0 F 3000.0 B D 1500.0 B C 1750.0 B 2000.0 E D 250.0 E C 600.0 E 1000.0
F D 7500.0 F C 8250.0 F 9000.0 B D 4500.0 B C 5250.0 B 6000.0 E D 750.0 E C 1500.0 E 3000.0
F B D 150.0 F B C 400.0 F B 750.0 F E D 200.0 F E C 500.0 F E 1500.0 B E D 150.0 B E C 400.0 B E 750.0
20000.0 5000.0 1000.0
1.0 1.0 1.0
#

Tabela 0.2 - Dados do arquivo *aircraft.csv*.

A318#1 A318 Airbus 0/0/123 450 1800.0 30 30 CFE NULL
A318#2 A318 Airbus 0/0/123 450 1800.0 30 30 ETZ NULL
A318#3 A318 Airbus 0/0/123 450 1800.0 30 30 NTE NULL
A318#4 A318 Airbus 0/0/123 450 1800.0 30 30 NCE NULL
A318#5 A318 Airbus 0/0/123 450 1800.0 30 30 ORY NULL
A318#6 A318 Airbus 0/0/123 450 1800.0 30 30 LIG NULL
A318#7 A318 Airbus 0/0/123 450 1800.0 30 30 BIQ NULL
A318#8 A318 Airbus 0/0/123 450 1800.0 30 30 ORY NULL
A319#1 A319 Airbus 0/28/51 510 1800.0 35 35 BES NULL
A319#2 A319 Airbus 0/0/142 510 1850.0 35 35 PUF NULL
A319#3 A319 Airbus 0/0/142 510 1850.0 35 35 MPL NULL
A319#4 A319 Airbus 0/0/138 510 1850.0 35 35 CDG NULL

A319#5 A319 Airbus 0/0/142 510 1850.0 35 35 ORY NULL
A319#6 A319 Airbus 0/0/142 510 1850.0 35 35 TLN NULL
A319#7 A319 Airbus 0/0/142 510 1850.0 35 35 ORY NULL
A319#8 A319 Airbus 0/0/142 510 1850.0 35 35 SXB NULL
A319#9 A319 Airbus 0/0/138 510 1850.0 35 35 CDG NULL
A319#10 A319 Airbus 0/0/138 510 1850.0 35 35 TLS NULL
A319#11 A319 Airbus 0/0/142 510 1850.0 35 35 ORY NULL
A319#12 A319 Airbus 0/0/142 510 1850.0 35 35 ORY NULL
A319#13 A319 Airbus 0/28/51 510 1800.0 35 35 LIL NULL
A319#14 A319 Airbus 0/0/142 510 1850.0 35 35 ORY NULL
A319#15 A319 Airbus 0/0/138 510 1850.0 35 35 MPL CDG-07/01/06-10:00-07/01/06-15:00-120
A319#16 A319 Airbus 0/28/51 510 1800.0 35 35 MRS CDG-07/01/06-12:00-07/01/06-18:00-600
A319#17 A319 Airbus 0/0/138 510 1850.0 35 35 CDG NULL
A319#18 A319 Airbus 0/28/51 510 1800.0 35 35 LYS NULL
A320#1 A320 Airbus 0/0/172 420 2000.0 40 40 BES NULL
A320#2 A320 Airbus 0/0/172 420 2000.0 40 40 AJA NULL
A320#3 A320 Airbus 0/0/172 420 2000.0 40 40 BIA NULL
A320#4 A320 Airbus 0/0/165 420 2000.0 40 40 MLH NULL
A320#5 A320 Airbus 0/0/165 420 2000.0 40 40 ORY NULL
A320#6 A320 Airbus 0/0/165 420 2000.0 40 40 NTE NULL
A320#7 A320 Airbus 0/0/172 420 2000.0 40 40 TLS NULL
A320#8 A320 Airbus 0/0/172 420 2000.0 40 40 ORY NULL
A320#9 A320 Airbus 0/0/172 420 2000.0 40 40 ORY NULL
A320#10 A320 Airbus 0/0/172 420 2000.0 40 40 TLS NULL
A320#11 A320 Airbus 0/0/172 420 2000.0 40 40 TLS NULL
A320#12 A320 Airbus 0/0/172 420 2000.0 40 40 MRS NULL
A320#13 A320 Airbus 0/0/172 420 2000.0 40 40 SXB NULL
A320#14 A320 Airbus 0/0/172 420 2000.0 40 40 ORY NULL
A320#15 A320 Airbus 0/0/172 420 2000.0 40 40 MLH NULL
A320#16 A320 Airbus 0/0/165 420 2000.0 40 40 BOD NULL
A320#17 A320 Airbus 0/0/172 420 2000.0 40 40 MRS NULL
A320#18 A320 Airbus 0/0/165 420 2000.0 40 40 BOD NULL
A320#19 A320 Airbus 0/0/172 420 2000.0 40 40 TLS NULL
A320#20 A320 Airbus 0/0/165 420 2000.0 40 40 NTE NULL
A320#21 A320 Airbus 0/0/165 420 2000.0 40 40 MRS NULL
A320#22 A320 Airbus 0/0/165 420 2000.0 40 40 NCE NULL
A320#23 A320 Airbus 0/0/172 420 2000.0 40 40 MRS MRS-07/01/06-11:00-07/01/06-13:00-180
A320#24 A320 Airbus 0/0/165 420 2000.0 40 40 NCE NULL
A321#1 A321 Airbus 0/0/206 420 2250.0 45 45 TLS NULL
A321#2 A321 Airbus 0/0/206 420 2250.0 45 45 LYS NULL
A321#3 A321 Airbus 0/0/206 420 2250.0 45 45 BOD NULL
A321#4 A321 Airbus 0/0/206 420 2250.0 45 45 CDG NULL
A321#5 A321 Airbus 0/0/206 420 2250.0 45 45 MPL NULL
BAE200#1 BAE200 BAE 0/0/94 150 1700.0 30 20 RDZ NULL
BAE200#2 BAE200 BAE 0/0/94 150 1700.0 30 20 RNS NULL

BAE200#3 BAE200 BAE 0/0/94 150 1700.0 30 20 LRT NULL
BAE300#1 BAE300 BAE 0/0/100 150 1700.0 30 20 LIG NULL
BAE300#2 BAE300 BAE 0/0/100 150 1700.0 30 20 UIP NULL
BAE300#3 BAE300 BAE 0/0/100 150 1700.0 30 20 SXB NULL
CRJ100#1 CRJ100 CRJ 0/0/50 120 1500.0 25 20 BIQ NULL
CRJ100#2 CRJ100 CRJ 0/0/50 120 1500.0 25 20 FSC NULL
CRJ100#3 CRJ100 CRJ 0/0/50 120 1500.0 25 20 RNS NULL
CRJ100#4 CRJ100 CRJ 0/0/50 120 1500.0 25 20 BOD NULL
CRJ700#1 CRJ700 CRJ 0/0/72 275 1580.0 30 20 TLS NULL
CRJ700#2 CRJ700 CRJ 0/0/72 275 1580.0 30 20 RNS NULL
CRJ700#3 CRJ700 CRJ 0/0/72 275 1580.0 30 20 NCE NULL
ERJ135#1 ERJ135 ERJ 0/0/37 240 1450.0 25 20 BES NULL
ERJ135#2 ERJ135 ERJ 0/0/37 240 1450.0 25 20 LEH NULL
ERJ145#1 ERJ145 ERJ 0/0/50 280 1350.0 25 20 AVN NULL
ERJ145#2 ERJ145 ERJ 0/0/50 280 1350.0 25 20 LDE NULL
ERJ145#3 ERJ145 ERJ 0/0/50 280 1350.0 25 20 CFE NULL
ERJ145#4 ERJ145 ERJ 0/0/50 280 1350.0 25 20 CFR NULL
ERJ145#5 ERJ145 ERJ 0/0/50 280 1350.0 25 20 NCE NULL
F100#1 F100 Fokker 0/0/100 225 1600.0 30 20 BES NULL
F100#2 F100 Fokker 0/0/100 225 1600.0 30 20 SXB NULL
F100#3 F100 Fokker 0/0/100 225 1600.0 30 20 NTE NULL
F100#4 F100 Fokker 0/0/100 225 1600.0 30 20 ORY NULL
F100#5 F100 Fokker 0/0/100 225 1600.0 30 20 PUF NULL
F100#6 F100 Fokker 0/0/100 225 1600.0 30 20 RNS NULL
TranspCom#1 TranspCom TranspCom -1/-1/-1 120 0.0 10 10 CDG NULL
TranspCom#2 TranspCom TranspCom -1/-1/-1 120 0.0 10 10 CDG NULL
TranspCom#3 TranspCom TranspCom -1/-1/-1 120 0.0 10 10 ORY NULL
TranspCom#4 TranspCom TranspCom -1/-1/-1 120 0.0 10 10 ORY NULL
#

Tabela 0.3 - Dados do arquivo *airports.csv*.

AJA 0 0 00:00 05:00 1 1 05:00 14:00 2 1 14:00 16:00 1 1 16:00 18:00 1 2 18:00 20:00 1 1 20:00 00:00
AMS 1 1 00:00 07:00 4 2 07:00 09:00 1 1 09:00 12:00 2 3 12:00 15:00 1 1 15:00 17:00 3 3 17:00 19:00 1 1 19:00 00:00
AVN 0 0 00:00 05:00 1 1 05:00 21:00 0 0 21:00 00:00
BES 1 1 00:00 05:00 3 1 05:00 07:00 1 1 07:00 09:00 3 3 09:00 14:00 2 2 14:00 00:00
BIA 1 1 00:00 00:00
BIQ 1 1 00:00 05:00 2 1 05:00 07:00 1 1 07:00 20:00 1 2 20:00 22:00 1 1 22:00 00:00
BOD 1 1 00:00 05:00 2 1 05:00 07:00 2 2 07:00 20:00 1 2 20:00 22:00 1 1 22:00 00:00
CDG 4 4 00:00 06:00 8 10 06:00 08:00 10 8 08:00 11:00 12 14 11:00 13:00 8 8 13:00 17:00 12 8 17:00 18:00 8 6 18:00 20:00 12 8 20:00 22:00 4 4 22:00 00:00
CFE 0 0 00:00 05:00 2 1 05:00 07:00 1 1 07:00 15:00 2 2 15:00 18:00 1 1 18:00 00:00
CFR 0 0 00:00 05:00 1 1 05:00 21:00 0 0 21:00 00:00
CLY 0 0 00:00 05:00 1 1 05:00 21:00 0 0 21:00 00:00

ETZ 0 0 00:00 05:00 1 1 05:00 00:00
FSC 0 0 00:00 05:00 1 1 05:00 00:00
LDE 0 0 00:00 05:00 1 1 05:00 21:00 0 0 21:00 00:00
LEH 0 0 00:00 05:00 1 1 05:00 00:00
LGW 1 1 00:00 07:00 2 2 07:00 09:00 1 1 09:00 00:00
LIG 0 0 00:00 05:00 2 1 05:00 07:00 1 1 07:00 00:00
LIL 1 1 00:00 00:00
LRT 0 0 00:00 05:00 1 1 05:00 13:00 2 2 13:00 15:00 1 1 15:00 21:00 0 0 21:00 00:00
LYS 2 2 00:00 06:00 10 8 06:00 08:00 4 3 08:00 11:00 3 2 11:00 13:00 4 6 13:00 15:00 6 2 15:00 17:00 2 3 17:00 20:00 2 2 20:00 00:00
MLH 1 1 00:00 09:00 2 2 09:00 15:00 1 1 15:00 00:00
MPL 1 1 00:00 05:00 2 1 05:00 07:00 1 1 07:00 09:00 2 2 09:00 11:00 4 3 11:00 13:00 1 1 13:00 19:00 1 2 19:00 22:00 1 1 22:00 00:00
MRS 1 1 00:00 05:00 3 1 05:00 07:00 1 3 07:00 09:00 4 4 09:00 15:00 4 3 15:00 17:00 2 3 17:00 20:00 1 3 20:00 22:00 1 1 22:00 00:00
NCE 1 1 00:00 05:00 4 1 05:00 07:00 2 4 07:00 09:00 4 4 09:00 11:00 5 5 11:00 14:00 3 3 14:00 16:00 4 6 16:00 18:00 3 2 18:00 20:00 1 3 20:00 22:00 1 1 22:00 00:00
NTE 1 1 00:00 05:00 2 1 05:00 07:00 3 1 07:00 09:00 5 4 09:00 11:00 3 3 11:00 15:00 2 1 15:00 17:00 1 2 17:00 22:00 1 1 22:00 00:00
ORY 4 4 00:00 06:00 15 15 06:00 08:00 17 12 08:00 11:00 15 15 11:00 13:00 12 15 13:00 16:00 15 12 16:00 20:00 12 8 20:00 22:00 4 4 22:00 00:00
PGF 0 0 00:00 05:00 1 1 05:00 00:00
PUF 1 1 00:00 05:00 2 1 05:00 07:00 1 1 07:00 09:00 2 2 09:00 11:00 1 1 11:00 18:00 2 2 18:00 00:00
RDZ 0 0 00:00 05:00 1 1 05:00 21:00 0 0 21:00 00:00
RNS 1 1 00:00 05:00 2 1 05:00 07:00 1 1 07:00 09:00 1 2 09:00 11:00 1 1 11:00 13:00 2 2 13:00 15:00 1 2 15:00 17:00 2 2 17:00 19:00 1 1 19:00 00:00
SXB 1 1 00:00 05:00 2 1 05:00 07:00 1 2 07:00 09:00 3 3 09:00 11:00 2 2 11:00 14:00 2 2 14:00 16:00 1 1 16:00 18:00 1 2 18:00 22:00 1 1 22:00 00:00
TLN 0 0 00:00 05:00 1 1 05:00 00:00
TLS 1 1 00:00 05:00 3 1 05:00 07:00 6 4 07:00 09:00 4 4 09:00 12:00 6 2 12:00 14:00 4 2 14:00 16:00 4 6 16:00 18:00 3 3 18:00 20:00 1 3 20:00 00:00
UIP 0 0 00:00 05:00 1 1 05:00 21:00 0 0 21:00 00:00
URO 0 0 00:00 05:00 1 1 05:00 00:00
#

Tabela 0.4 - Dados do arquivo *dist.csv*.

AJA AMS 120 C	AJA LDE 85 D	AJA ORY 100 D	AMS BES 90 C
AJA AVN 60 D	AJA LEH 115 D	AJA PGF 70 D	AMS BIA 120 C
AJA BES 125 D	AJA LGW 125 D	AJA PUF 90 D	AMS BIQ 115 C
AJA BIA 40 D	AJA LIG 90 D	AJA RDZ 75 D	AMS BOD 110 C
AJA BIQ 95 D	AJA LIL 110 D	AJA RNS 115 D	AMS CDG 60 C
AJA BOD 95 D	AJA LRT 120 D	AJA SXB 90 D	AMS CFE 90 C
AJA CDG 100 D	AJA LYS 95 D	AJA TLN 50 D	AMS CFR 70 C
AJA CFE 80 D	AJA MLH 80 D	AJA TLS 80 D	AMS CLY 115 C
AJA CFR 115 D	AJA MPL 65 D	AJA UIP 125 D	AMS ETZ 60 C
AJA CLY 35 D	AJA MRS 55 D	AJA URO 110 D	AMS FSC 125 C
AJA ETZ 95 D	AJA NCE 55 D	AMS AJA 120 C	AMS LDE 115 C
AJA FSC 35 D	AJA NTE 110 D	AMS AVN 105 C	AMS LEH 65 C

AMS LGW 60 C
AMS LIG 90 C
AMS LIL 50 C
AMS LRT 90 C
AMS LYS 85 C
AMS MLH 75 C
AMS MPL 105 C
AMS MRS 105 C
AMS NCE 105 C
AMS NTE 90 C
AMS ORY 65 C
AMS PGF 115 C
AMS PUF 115 C
AMS RDZ 100 C
AMS RNS 80 C
AMS SXB 65 C
AMS TLN 110 C
AMS TLS 115 C
AMS UIP 95 C
AMS URO 65 C
AVN AJA 60 D
AVN AMS 105 C
AVN BES 100 D
AVN BIA 60 D
AVN BIQ 70 D
AVN BOD 65 D
AVN CDG 75 D
AVN CFE 50 D
AVN CFR 85 D
AVN CLY 60 D
AVN ETZ 75 D
AVN FSC 65 D
AVN LDE 65 D
AVN LEH 85 D
AVN LGW 100 D
AVN LIG 60 D
AVN LIL 90 D
AVN LRT 90 D
AVN LYS 45 D
AVN MLH 65 D
AVN MPL 40 D
AVN MRS 35 D
AVN NCE 45 D
AVN NTE 80 D
AVN ORY 75 D

AVN PGF 50 D
AVN PUF 65 D
AVN RDZ 45 D
AVN RNS 85 D
AVN SXB 75 D
AVN TLN 40 D
AVN TLS 55 D
AVN UIP 95 D
AVN URO 85 D
BES AJA 125 D
BES AMS 90 C
BES AVN 100 D
BES BIA 125 D
BES BIQ 75 D
BES BOD 70 D
BES CDG 80 D
BES CFE 80 D
BES CFR 55 D
BES CLY 125 D
BES ETZ 90 D
BES FSC 130 D
BES LDE 85 D
BES LEH 60 D
BES LGW 65 D
BES LIG 70 D
BES LIL 75 D
BES LRT 40 D
BES LYS 95 D
BES MLH 100 D
BES MPL 95 D
BES MRS 100 D
BES NCE 110 D
BES NTE 45 D
BES ORY 75 D
BES PGF 95 D
BES PUF 80 D
BES RDZ 85 D
BES RNS 45 D
BES SXB 100 D
BES TLN 110 D
BES TLS 85 D
BES UIP 35 D
BES URO 65 D
BIA AJA 40 D
BIA AMS 120 C

BIA AVN 60 D
BIA BES 125 D
BIA BIQ 100 D
BIA BOD 95 D
BIA CDG 100 D
BIA CFE 80 D
BIA CFR 110 D
BIA CLY 35 D
BIA ETZ 90 D
BIA FSC 40 D
BIA LDE 90 D
BIA LEH 110 D
BIA LGW 120 D
BIA LIG 90 D
BIA LIL 110 D
BIA LRT 120 D
BIA LYS 90 D
BIA MLH 75 D
BIA MPL 65 D
BIA MRS 55 D
BIA NCE 55 D
BIA NTE 110 D
BIA ORY 95 D
BIA PGF 75 D
BIA PUF 95 D
BIA RDZ 75 D
BIA RNS 110 D
BIA SXB 85 D
BIA TLN 55 D
BIA TLS 80 D
BIA UIP 125 D
BIA URO 105 D
BIQ AJA 95 D
BIQ AMS 115 C
BIQ AVN 70 D
BIQ BES 75 D
BIQ BIA 100 D
BIQ BOD 45 D
BIQ CDG 90 D
BIQ CFE 65 D
BIQ CFR 80 D
BIQ CLY 95 D
BIQ ETZ 95 D
BIQ FSC 100 D
BIQ LDE 40 D

BIQ LEH 85 D
BIQ LGW 95 D
BIQ LIG 60 D
BIQ LIL 95 D
BIQ LRT 70 D
BIQ LYS 80 D
BIQ MLH 95 D
BIQ MPL 65 D
BIQ MRS 75 D
BIQ NCE 80 D
BIQ NTE 65 D
BIQ ORY 80 D
BIQ PGF 60 D
BIQ PUF 40 D
BIQ RDZ 55 D
BIQ RNS 70 D
BIQ SXB 100 D
BIQ TLN 80 D
BIQ TLS 50 D
BIQ UIP 75 D
BIQ URO 85 D
BOD AJA 95 D
BOD AMS 110 C
BOD AVN 65 D
BOD BES 70 D
BOD BIA 95 D
BOD BIQ 45 D
BOD CDG 85 D
BOD CFE 55 D
BOD CFR 70 D
BOD CLY 95 D
BOD ETZ 85 D
BOD FSC 100 D
BOD LDE 45 D
BOD LEH 70 D
BOD LGW 85 D
BOD LIG 45 D
BOD LIL 85 D
BOD LRT 60 D
BOD LYS 70 D
BOD MLH 85 D
BOD MPL 60 D
BOD MRS 65 D
BOD NCE 75 D
BOD NTE 55 D

BOD ORY 70 D
BOD PGF 60 D
BOD PUF 45 D
BOD RDZ 50 D
BOD RNS 65 D
BOD SXB 85 D
BOD TLN 75 D
BOD TLS 50 D
BOD UIP 65 D
BOD URO 70 D
CDG AJA 100 D
CDG AMS 60 C
CDG AVN 75 D
CDG BES 75 D
CDG BIA 100 D
CDG BIQ 85 D
CDG BOD 80 D
CDG CFE 60 D
CDG CFR 50 D
CDG CLY 95 D
CDG ETZ 50 D
CDG FSC 105 D
CDG LDE 85 D
CDG LEH 45 D
CDG LGW 55 D
CDG LIG 75 D
CDG LIL 45 D
CDG LRT 65 D
CDG LYS 75 D
CDG MLH 70 D
CDG MPL 85 D
CDG MRS 85 D
CDG NCE 95 D
CDG NTE 65 D
CDG ORY 35 D
CDG PGF 85 D
CDG PUF 90 D
CDG RDZ 70 D
CDG RNS 65 D
CDG SXB 70 D
CDG TLN 85 D
CDG TLS 85 D
CDG UIP 70 D
CDG URO 40 D
CFE AJA 80 D

CFE AMS 95 C
CFE AVN 50 D
CFE BES 80 D
CFE BIA 80 D
CFE BIQ 60 D
CFE BOD 50 D
CFE CDG 65 D
CFE CFR 65 D
CFE CLY 75 D
CFE ETZ 75 D
CFE FSC 85 D
CFE LDE 60 D
CFE LEH 70 D
CFE LGW 80 D
CFE LIG 45 D
CFE LIL 85 D
CFE LRT 75 D
CFE LYS 40 D
CFE MLH 65 D
CFE MPL 50 D
CFE MRS 55 D
CFE NCE 70 D
CFE NTE 60 D
CFE ORY 55 D
CFE PGF 60 D
CFE PUF 60 D
CFE RDZ 45 D
CFE RNS 65 D
CFE SXB 75 D
CFE TLN 60 D
CFE TLS 55 D
CFE UIP 80 D
CFE URO 65 D
CFR AJA 115 D
CFR AMS 70 C
CFR AVN 85 D
CFR BES 55 D
CFR BIA 110 D
CFR BIQ 80 D
CFR BOD 70 D
CFR CDG 50 D
CFR CFE 65 D
CFR CLY 110 D
CFR ETZ 70 D
CFR FSC 115 D

CFR LDE 85 D
CFR LEH 20 D
CFR LGW 50 D
CFR LIG 60 D
CFR LIL 55 D
CFR LRT 50 D
CFR LYS 70 D
CFR MLH 80 D
CFR MPL 85 D
CFR MRS 90 D
CFR NCE 95 D
CFR NTE 50 D
CFR ORY 50 D
CFR PGF 90 D
CFR PUF 80 D
CFR RDZ 75 D
CFR RNS 45 D
CFR SXB 75 D
CFR TLN 95 D
CFR TLS 80 D
CFR UIP 55 D
CFR URO 40 D
CLY AJA 35 D
CLY AMS 115 C
CLY AVN 60 D
CLY BES 125 D
CLY BIA 35 D
CLY BIQ 95 D
CLY BOD 95 D
CLY CDG 95 D
CLY CFE 75 D
CLY CFR 110 D
CLY ETZ 90 D
CLY FSC 40 D
CLY LDE 85 D
CLY LEH 110 D
CLY LGW 120 D
CLY LIG 85 D
CLY LIL 105 D
CLY LRT 115 D
CLY LYS 65 D
CLY MLH 75 D
CLY MPL 65 D
CLY MRS 60 D
CLY NCE 45 D

CLY NTE 105 D
CLY ORY 90 D
CLY PGF 70 D
CLY PUF 90 D
CLY RDZ 75 D
CLY RNS 110 D
CLY SXB 85 D
CLY TLN 50 D
CLY TLS 80 D
CLY UIP 120 D
CLY URO 105 D
ETZ AJA 95 D
ETZ AMS 60 C
ETZ AVN 75 D
ETZ BES 90 D
ETZ BIA 90 D
ETZ BIQ 95 D
ETZ BOD 85 D
ETZ CDG 50 D
ETZ CFE 70 D
ETZ CFR 70 D
ETZ CLY 90 D
ETZ FSC 95 D
ETZ LDE 95 D
ETZ LEH 65 D
ETZ LGW 70 D
ETZ LIG 70 D
ETZ LIL 55 D
ETZ LRT 85 D
ETZ LYS 65 D
ETZ MLH 45 D
ETZ MPL 80 D
ETZ MRS 100 D
ETZ NCE 75 D
ETZ NTE 80 D
ETZ ORY 70 D
ETZ PGF 90 D
ETZ PUF 95 D
ETZ RDZ 75 D
ETZ RNS 75 D
ETZ SXB 40 D
ETZ TLN 80 D
ETZ TLS 85 D
ETZ UIP 90 D
ETZ URO 60 D

FSC AJA 35 D
FSC AMS 125 C
FSC AVN 65 D
FSC BES 130 D
FSC BIA 40 D
FSC BIQ 100 D
FSC BOD 100 D
FSC CDG 105 D
FSC CFE 85 D
FSC CFR 115 D
FSC CLY 40 D
FSC ETZ 95 D
FSC LDE 90 D
FSC LEH 115 D
FSC LGW 130 D
FSC LIG 90 D
FSC LIL 115 D
FSC LRT 125 D
FSC LYS 75 D
FSC MLH 85 D
FSC MPL 70 D
FSC MRS 75 D
FSC NCE 60 D
FSC NTE 110 D
FSC ORY 105 D
FSC PGF 75 D
FSC PUF 95 D
FSC RDZ 80 D
FSC RNS 115 D
FSC SXB 90 D
FSC TLN 55 D
FSC TLS 85 D
FSC UIP 130 D
FSC URO 115 D
LDE AJA 85 D
LDE AMS 115 C
LDE AVN 65 D
LDE BES 85 D
LDE BIA 90 D
LDE BIQ 40 D
LDE BOD 45 D
LDE CDG 85 D
LDE CFE 60 D
LDE CFR 85 D
LDE CLY 85 D

LDE ETZ 95 D
LDE FSC 90 D
LDE LEH 85 D
LDE LGW 100 D
LDE LIG 55 D
LDE LIL 95 D
LDE LRT 75 D
LDE LYS 70 D
LDE MLH 90 D
LDE MPL 55 D
LDE MRS 65 D
LDE NCE 75 D
LDE NTE 65 D
LDE ORY 85 D
LDE PGF 50 D
LDE PUF 35 D
LDE RDZ 50 D
LDE RNS 75 D
LDE SXB 95 D
LDE TLN 70 D
LDE TLS 40 D
LDE UIP 80 D
LDE URO 85 D
LEH AJA 115 D
LEH AMS 65 C
LEH AVN 85 D
LEH BES 60 D
LEH BIA 110 D
LEH BIQ 85 D
LEH BOD 70 D
LEH CDG 45 D
LEH CFE 70 D
LEH CFR 20 D
LEH CLY 110 D
LEH ETZ 65 D
LEH FSC 115 D
LEH LDE 85 D
LEH LGW 45 D
LEH LIG 65 D
LEH LIL 50 D
LEH LRT 55 D
LEH LYS 90 D
LEH MLH 75 D
LEH MPL 85 D
LEH MRS 90 D

LEH NCE 95 D
LEH NTE 55 D
LEH ORY 45 D
LEH PGF 90 D
LEH PUF 85 D
LEH RDZ 75 D
LEH RNS 50 D
LEH SXB 75 D
LEH TLN 95 D
LEH TLS 80 D
LEH UIP 60 D
LEH URO 20 D
LGW AJA 125 D
LGW AMS 60 C
LGW AVN 100 D
LGW BES 65 D
LGW BIA 120 D
LGW BIQ 95 D
LGW BOD 85 D
LGW CDG 55 D
LGW CFE 80 D
LGW CFR 50 D
LGW CLY 120 D
LGW ETZ 70 D
LGW FSC 130 D
LGW LDE 100 D
LGW LEH 45 D
LGW LIG 75 D
LGW LIL 50 D
LGW LRT 65 D
LGW LYS 85 D
LGW MLH 85 D
LGW MPL 100 D
LGW MRS 105 D
LGW NCE 105 D
LGW NTE 65 D
LGW ORY 55 D
LGW PGF 105 D
LGW PUF 100 D
LGW RDZ 90 D
LGW RNS 60 D
LGW SXB 90 D
LGW TLN 110 D
LGW TLS 95 D
LGW UIP 65 D

LGW URO 50 D
LIG AJA 90 D
LIG AMS 90 C
LIG AVN 60 D
LIG BES 70 D
LIG BIA 90 D
LIG BIQ 60 D
LIG BOD 45 D
LIG CDG 75 D
LIG CFE 45 D
LIG CFR 60 D
LIG CLY 85 D
LIG ETZ 70 D
LIG FSC 90 D
LIG LDE 55 D
LIG LEH 65 D
LIG LGW 75 D
LIG LIL 75 D
LIG LRT 65 D
LIG LYS 65 D
LIG MLH 70 D
LIG MPL 55 D
LIG MRS 65 D
LIG NCE 70 D
LIG NTE 50 D
LIG ORY 70 D
LIG PGF 60 D
LIG PUF 55 D
LIG RDZ 45 D
LIG RNS 55 D
LIG SXB 75 D
LIG TLN 70 D
LIG TLS 50 D
LIG UIP 65 D
LIG URO 60 D
LIL AJA 110 D
LIL AMS 50 C
LIL AVN 90 D
LIL BES 75 D
LIL BIA 110 D
LIL BIQ 95 D
LIL BOD 80 D
LIL CDG 45 D
LIL CFE 85 D
LIL CFR 55 D

LIL CLY 105 D
LIL ETZ 55 D
LIL FSC 115 D
LIL LDE 95 D
LIL LEH 50 D
LIL LGW 50 D
LIL LIG 75 D
LIL LRT 75 D
LIL LYS 75 D
LIL MLH 65 D
LIL MPL 90 D
LIL MRS 95 D
LIL NCE 105 D
LIL NTE 70 D
LIL ORY 50 D
LIL PGF 95 D
LIL PUF 95 D
LIL RDZ 85 D
LIL RNS 65 D
LIL SXB 60 D
LIL TLN 95 D
LIL TLS 90 D
LIL UIP 75 D
LIL URO 45 D
LRT AJA 120 D
LRT AMS 90 C
LRT AVN 90 D
LRT BES 40 D
LRT BIA 120 D
LRT BIQ 70 D
LRT BOD 60 D
LRT CDG 65 D
LRT CFE 75 D
LRT CFR 50 D
LRT CLY 115 D
LRT ETZ 85 D
LRT FSC 125 D
LRT LDE 75 D
LRT LEH 55 D
LRT LGW 65 D
LRT LIG 65 D
LRT LIL 75 D
LRT LYS 85 D
LRT MLH 95 D
LRT MPL 90 D

LRT MRS 95 D
LRT NCE 105 D
LRT NTE 45 D
LRT ORY 70 D
LRT PGF 90 D
LRT PUF 75 D
LRT RDZ 75 D
LRT RNS 40 D
LRT SXB 95 D
LRT TLN 100 D
LRT TLS 75 D
LRT UIP 35 D
LRT URO 60 D
LYS AJA 90 D
LYS AMS 85 C
LYS AVN 45 D
LYS BES 95 D
LYS BIA 90 D
LYS BIQ 75 D
LYS BOD 65 D
LYS CDG 75 D
LYS CFE 40 D
LYS CFR 75 D
LYS CLY 65 D
LYS ETZ 65 D
LYS FSC 75 D
LYS LDE 70 D
LYS LEH 90 D
LYS LGW 85 D
LYS LIG 70 D
LYS LIL 75 D
LYS LRT 90 D
LYS MLH 60 D
LYS MPL 65 D
LYS MRS 60 D
LYS NCE 60 D
LYS NTE 75 D
LYS ORY 65 D
LYS PGF 60 D
LYS PUF 70 D
LYS RDZ 50 D
LYS RNS 80 D
LYS SXB 65 D
LYS TLN 55 D
LYS TLS 75 D

LYS UIP 85 D
LYS URO 80 D
MLH AJA 80 D
MLH AMS 75 C
MLH AVN 65 D
MLH BES 100 D
MLH BIA 75 D
MLH BIQ 95 D
MLH BOD 85 D
MLH CDG 75 D
MLH CFE 70 D
MLH CFR 80 D
MLH CLY 75 D
MLH ETZ 45 D
MLH FSC 85 D
MLH LDE 90 D
MLH LEH 75 D
MLH LGW 85 D
MLH LIG 70 D
MLH LIL 65 D
MLH LRT 95 D
MLH LYS 65 D
MLH MPL 70 D
MLH MRS 70 D
MLH NCE 65 D
MLH NTE 85 D
MLH ORY 70 D
MLH PGF 80 D
MLH PUF 90 D
MLH RDZ 70 D
MLH RNS 110 D
MLH SXB 40 D
MLH TLN 70 D
MLH TLS 80 D
MLH UIP 100 D
MLH URO 70 D
MPL AJA 65 D
MPL AMS 105 C
MPL AVN 40 D
MPL BES 95 D
MPL BIA 65 D
MPL BIQ 65 D
MPL BOD 60 D
MPL CDG 90 D
MPL CFE 50 D

MPL CFR 85 D
MPL CLY 65 D
MPL ETZ 80 D
MPL FSC 70 D
MPL LDE 55 D
MPL LEH 85 D
MPL LGW 100 D
MPL LIG 55 D
MPL LIL 90 D
MPL LRT 90 D
MPL LYS 65 D
MPL MLH 70 D
MPL MRS 40 D
MPL NCE 50 D
MPL NTE 80 D
MPL ORY 85 D
MPL PGF 40 D
MPL PUF 60 D
MPL RDZ 45 D
MPL RNS 80 D
MPL SXB 80 D
MPL TLN 45 D
MPL TLS 50 D
MPL UIP 90 D
MPL URO 85 D
MRS AJA 55 D
MRS AMS 105 C
MRS AVN 35 D
MRS BES 100 D
MRS BIA 55 D
MRS BIQ 75 D
MRS BOD 70 D
MRS CDG 90 D
MRS CFE 60 D
MRS CFR 90 D
MRS CLY 60 D
MRS ETZ 100 D
MRS FSC 75 D
MRS LDE 65 D
MRS LEH 90 D
MRS LGW 105 D
MRS LIG 65 D
MRS LIL 95 D
MRS LRT 95 D
MRS LYS 60 D

MRS MLH 70 D
MRS MPL 40 D
MRS NCE 45 D
MRS NTE 85 D
MRS ORY 80 D
MRS PGF 45 D
MRS PUF 65 D
MRS RDZ 50 D
MRS RNS 90 D
MRS SXB 80 D
MRS TLN 40 D
MRS TLS 55 D
MRS UIP 100 D
MRS URO 85 D
NCE AJA 55 D
NCE AMS 105 C
NCE AVN 45 D
NCE BES 115 D
NCE BIA 55 D
NCE BIQ 80 D
NCE BOD 85 D
NCE CDG 95 D
NCE CFE 75 D
NCE CFR 95 D
NCE CLY 45 D
NCE ETZ 80 D
NCE FSC 60 D
NCE LDE 75 D
NCE LEH 95 D
NCE LGW 105 D
NCE LIG 70 D
NCE LIL 100 D
NCE LRT 105 D
NCE LYS 55 D
NCE MLH 65 D
NCE MPL 50 D
NCE MRS 45 D
NCE NTE 95 D
NCE ORY 85 D
NCE PGF 60 D
NCE PUF 80 D
NCE RDZ 60 D
NCE RNS 100 D
NCE SXB 80 D
NCE TLN 40 D

NCE TLS 85 D
NCE UIP 105 D
NCE URO 90 D
NTE AJA 110 D
NTE AMS 90 C
NTE AVN 80 D
NTE BES 40 D
NTE BIA 110 D
NTE BIQ 65 D
NTE BOD 50 D
NTE CDG 65 D
NTE CFE 60 D
NTE CFR 50 D
NTE CLY 105 D
NTE ETZ 80 D
NTE FSC 110 D
NTE LDE 65 D
NTE LEH 55 D
NTE LGW 65 D
NTE LIG 50 D
NTE LIL 65 D
NTE LRT 45 D
NTE LYS 75 D
NTE MLH 85 D
NTE MPL 80 D
NTE MRS 80 D
NTE NCE 90 D
NTE ORY 60 D
NTE PGF 75 D
NTE PUF 65 D
NTE RDZ 65 D
NTE RNS 40 D
NTE SXB 80 D
NTE TLN 90 D
NTE TLS 60 D
NTE UIP 50 D
NTE URO 55 D
ORY AJA 100 D
ORY AMS 65 C
ORY AVN 75 D
ORY BES 70 D
ORY BIA 95 D
ORY BIQ 75 D
ORY BOD 65 D
ORY CDG 35 D

ORY CFE 55 D
ORY CFR 50 D
ORY CLY 95 D
ORY ETZ 60 D
ORY FSC 105 D
ORY LDE 80 D
ORY LEH 45 D
ORY LGW 55 D
ORY LIG 65 D
ORY LIL 50 D
ORY LRT 65 D
ORY LYS 65 D
ORY MLH 60 D
ORY MPL 80 D
ORY MRS 75 D
ORY NCE 85 D
ORY NTE 60 D
ORY PGF 85 D
ORY PUF 80 D
ORY RDZ 65 D
ORY RNS 60 D
ORY SXB 60 D
ORY TLN 85 D
ORY TLS 80 D
ORY UIP 70 D
ORY URO 40 D
PGF AJA 70 D
PGF AMS 115 C
PGF AVN 50 D
PGF BES 95 D
PGF BIA 75 D
PGF BIQ 60 D
PGF BOD 60 D
PGF CDG 85 D
PGF CFE 60 D
PGF CFR 90 D
PGF CLY 70 D
PGF ETZ 90 D
PGF FSC 75 D
PGF LDE 50 D
PGF LEH 90 D
PGF LGW 105 D
PGF LIG 60 D
PGF LIL 95 D
PGF LRT 90 D

PGF LYS 60 D
PGF MLH 80 D
PGF MPL 40 D
PGF MRS 45 D
PGF NCE 60 D
PGF NTE 75 D
PGF ORY 85 D
PGF PUF 55 D
PGF RDZ 45 D
PGF RNS 85 D
PGF SXB 90 D
PGF TLN 50 D
PGF TLS 45 D
PGF UIP 90 D
PGF URO 90 D
PUF AJA 90 D
PUF AMS 115 C
PUF AVN 65 D
PUF BES 80 D
PUF BIA 95 D
PUF BIQ 40 D
PUF BOD 45 D
PUF CDG 90 D
PUF CFE 60 D
PUF CFR 80 D
PUF CLY 90 D
PUF ETZ 95 D
PUF FSC 95 D
PUF LDE 35 D
PUF LEH 85 D
PUF LGW 100 D
PUF LIG 55 D
PUF LIL 95 D
PUF LRT 75 D
PUF LYS 70 D
PUF MLH 90 D
PUF MPL 60 D
PUF MRS 65 D
PUF NCE 80 D
PUF NTE 65 D
PUF ORY 80 D
PUF PGF 55 D
PUF RDZ 50 D
PUF RNS 75 D
PUF SXB 95 D

PUF TLN 70 D
PUF TLS 45 D
PUF UIP 75 D
PUF URO 85 D
RDZ AJA 75 D
RDZ AMS 100 C
RDZ AVN 45 D
RDZ BES 85 D
RDZ BIA 75 D
RDZ BIQ 55 D
RDZ BOD 50 D
RDZ CDG 70 D
RDZ CFE 45 D
RDZ CFR 75 D
RDZ CLY 75 D
RDZ ETZ 75 D
RDZ FSC 80 D
RDZ LDE 50 D
RDZ LEH 75 D
RDZ LGW 90 D
RDZ LIG 45 D
RDZ LIL 85 D
RDZ LRT 75 D
RDZ LYS 50 D
RDZ MLH 70 D
RDZ MPL 45 D
RDZ MRS 50 D
RDZ NCE 60 D
RDZ NTE 65 D
RDZ ORY 75 D
RDZ PGF 45 D
RDZ PUF 50 D
RDZ RNS 70 D
RDZ SXB 80 D
RDZ TLN 55 D
RDZ TLS 40 D
RDZ UIP 80 D
RDZ URO 75 D
RNS AJA 115 D
RNS AMS 80 C
RNS AVN 85 D
RNS BES 45 D
RNS BIA 110 D
RNS BIQ 70 D
RNS BOD 60 D

RNS CDG 60 D
RNS CFE 65 D
RNS CFR 45 D
RNS CLY 110 D
RNS ETZ 75 D
RNS FSC 115 D
RNS LDE 75 D
RNS LEH 50 D
RNS LGW 60 D
RNS LIG 55 D
RNS LIL 65 D
RNS LRT 40 D
RNS LYS 75 D
RNS MLH 100 D
RNS MPL 75 D
RNS MRS 85 D
RNS NCE 95 D
RNS NTE 40 D
RNS ORY 65 D
RNS PGF 85 D
RNS PUF 75 D
RNS RDZ 70 D
RNS SXB 80 D
RNS TLN 95 D
RNS TLS 65 D
RNS UIP 45 D
RNS URO 50 D
SXB AJA 90 D
SXB AMS 65 C
SXB AVN 75 D
SXB BES 100 D
SXB BIA 85 D
SXB BIQ 100 D
SXB BOD 85 D
SXB CDG 70 D
SXB CFE 80 D
SXB CFR 75 D
SXB CLY 85 D
SXB ETZ 40 D
SXB FSC 90 D
SXB LDE 95 D
SXB LEH 75 D
SXB LGW 85 D
SXB LIG 75 D
SXB LIL 60 D

SXB LRT 95 D
SXB LYS 60 D
SXB MLH 40 D
SXB MPL 80 D
SXB MRS 75 D
SXB NCE 80 D
SXB NTE 80 D
SXB ORY 60 D
SXB PGF 90 D
SXB PUF 95 D
SXB RDZ 80 D
SXB RNS 80 D
SXB TLN 80 D
SXB TLS 85 D
SXB UIP 100 D
SXB URO 70 D
TLN AJA 50 D
TLN AMS 110 C
TLN AVN 40 D
TLN BES 110 D
TLN BIA 55 D
TLN BIQ 80 D
TLN BOD 75 D
TLN CDG 85 D
TLN CFE 60 D
TLN CFR 95 D
TLN CLY 50 D
TLN ETZ 80 D
TLN FSC 55 D
TLN LDE 70 D
TLN LEH 95 D
TLN LGW 110 D
TLN LIG 70 D
TLN LIL 95 D
TLN LRT 100 D
TLN LYS 55 D
TLN MLH 70 D
TLN MPL 45 D
TLN MRS 40 D
TLN NCE 40 D
TLN NTE 90 D
TLN ORY 90 D
TLN PGF 50 D
TLN PUF 70 D
TLN RDZ 55 D

TLN RNS 95 D
TLN SXB 80 D
TLN TLS 60 D
TLN UIP 105 D
TLN URO 90 D
TLS AJA 80 D
TLS AMS 135 C
TLS AVN 55 D
TLS BES 85 D
TLS BIA 80 D
TLS BIQ 50 D
TLS BOD 50 D
TLS CDG 90 D
TLS CFE 55 D
TLS CFR 80 D
TLS CLY 80 D
TLS ETZ 85 D
TLS FSC 85 D
TLS LDE 40 D
TLS LEH 80 D
TLS LGW 95 D
TLS LIG 50 D
TLS LIL 95 D
TLS LRT 75 D
TLS LYS 70 D
TLS MLH 80 D
TLS MPL 50 D
TLS MRS 55 D
TLS NCE 80 D
TLS NTE 60 D
TLS ORY 80 D
TLS PGF 45 D
TLS PUF 45 D
TLS RDZ 40 D
TLS RNS 70 D
TLS SXB 90 D
TLS TLN 60 D
TLS UIP 80 D
TLS URO 80 D
UIP AJA 125 D
UIP AMS 95 C
UIP AVN 95 D
UIP BES 35 D
UIP BIA 125 D
UIP BIQ 75 D

UIP BOD 65 D	UIP MRS 100 D	URO BIA 105 D	URO MLH 70 D
UIP CDG 70 D	UIP NCE 105 D	URO BIQ 85 D	URO MPL 85 D
UIP CFE 80 D	UIP NTE 50 D	URO BOD 70 D	URO MRS 85 D
UIP CFR 55 D	UIP ORY 70 D	URO CDG 40 D	URO NCE 90 D
UIP CLY 120 D	UIP PGF 90 D	URO CFE 65 D	URO NTE 55 D
UIP ETZ 90 D	UIP PUF 75 D	URO CFR 40 D	URO ORY 40 D
UIP FSC 130 D	UIP RDZ 80 D	URO CLY 105 D	URO PGF 90 D
UIP LDE 80 D	UIP RNS 45 D	URO ETZ 60 D	URO PUF 85 D
UIP LEH 60 D	UIP SXB 100 D	URO FSC 115 D	URO RDZ 75 D
UIP LGW 65 D	UIP TLN 105 D	URO LDE 85 D	URO RNS 50 D
UIP LIG 65 D	UIP TLS 80 D	URO LEH 20 D	URO SXB 70 D
UIP LIL 75 D	UIP URO 65 D	URO LGW 50 D	URO TLN 90 D
UIP LRT 35 D	URO AJA 110 D	URO LIG 60 D	URO TLS 80 D
UIP LYS 85 D	URO AMS 65 C	URO LIL 45 D	URO UIP 65 D
UIP MLH 100 D	URO AVN 85 D	URO LRT 60 D	#
UIP MPL 90 D	URO BES 65 D	URO LYS 85 D	

Tabela 0.5 - Dados do arquivo *flights.csv*.

1 CDG ORY 00:00 00:30 0	26 CDG ORY 08:20 08:50 0
2 CDG ORY 00:20 00:50 0	27 CDG ORY 08:40 09:10 0
3 CDG ORY 00:40 01:10 0	28 CDG ORY 09:00 09:30 0
4 CDG ORY 01:00 01:30 0	29 CDG ORY 09:20 09:50 0
5 CDG ORY 01:20 01:50 0	30 CDG ORY 09:40 10:10 0
6 CDG ORY 01:40 02:10 0	31 CDG ORY 10:00 10:30 0
7 CDG ORY 02:00 02:30 0	32 CDG ORY 10:20 10:50 0
8 CDG ORY 02:20 02:50 0	33 CDG ORY 10:40 11:10 0
9 CDG ORY 02:40 03:10 0	34 CDG ORY 11:00 11:30 0
10 CDG ORY 03:00 03:30 0	35 CDG ORY 11:20 11:50 0
11 CDG ORY 03:20 03:50 0	36 CDG ORY 11:40 12:10 0
12 CDG ORY 03:40 04:10 0	37 CDG ORY 12:00 12:30 0
13 CDG ORY 04:00 04:30 0	38 CDG ORY 12:20 12:50 0
14 CDG ORY 04:20 04:50 0	39 CDG ORY 12:40 13:10 0
15 CDG ORY 04:40 05:10 0	40 CDG ORY 13:00 13:30 0
16 CDG ORY 05:00 05:30 0	41 CDG ORY 13:20 13:50 0
17 CDG ORY 05:20 05:50 0	42 CDG ORY 13:40 14:10 0
18 CDG ORY 05:40 06:10 0	43 CDG ORY 14:00 14:30 0
19 CDG ORY 06:00 06:30 0	44 CDG ORY 14:20 14:50 0
20 CDG ORY 06:20 06:50 0	45 CDG ORY 14:40 15:10 0
21 CDG ORY 06:40 07:10 0	46 CDG ORY 15:00 15:30 0
22 CDG ORY 07:00 07:30 0	47 CDG ORY 15:20 15:50 0
23 CDG ORY 07:20 07:50 0	48 CDG ORY 15:40 16:10 0
24 CDG ORY 07:40 08:10 0	49 CDG ORY 16:00 16:30 0
25 CDG ORY 08:00 08:30 0	50 CDG ORY 16:20 16:50 0

51 CDG ORY 16:40 17:10 0
52 CDG ORY 17:00 17:30 0
53 CDG ORY 17:20 17:50 0
54 CDG ORY 17:40 18:10 0
55 CDG ORY 18:00 18:30 0
56 CDG ORY 18:20 18:50 0
57 CDG ORY 18:40 19:10 0
58 CDG ORY 19:00 19:30 0
59 CDG ORY 19:20 19:50 0
60 CDG ORY 19:40 20:10 0
61 CDG ORY 20:00 20:30 0
62 CDG ORY 20:20 20:50 0
63 CDG ORY 20:40 21:10 0
64 CDG ORY 21:00 21:30 0
65 CDG ORY 21:20 21:50 0
66 CDG ORY 21:40 22:10 0
67 CDG ORY 22:00 22:30 0
68 CDG ORY 22:20 22:50 0
69 CDG ORY 22:40 23:10 0
70 CDG ORY 23:00 23:30 0
71 CDG ORY 23:20 23:50 0
72 CDG ORY 23:40 00:10+1 0
73 ORY CDG 00:00 00:30 0
74 ORY CDG 00:20 00:50 0
75 ORY CDG 00:40 01:10 0
76 ORY CDG 01:00 01:30 0
77 ORY CDG 01:20 01:50 0
78 ORY CDG 01:40 02:10 0
79 ORY CDG 02:00 02:30 0
80 ORY CDG 02:20 02:50 0
81 ORY CDG 02:40 03:10 0
82 ORY CDG 03:00 03:30 0
83 ORY CDG 03:20 03:50 0
84 ORY CDG 03:40 04:10 0
85 ORY CDG 04:00 04:30 0
86 ORY CDG 04:20 04:50 0
87 ORY CDG 04:40 05:10 0
88 ORY CDG 05:00 05:30 0
89 ORY CDG 05:20 05:50 0
90 ORY CDG 05:40 06:10 0
91 ORY CDG 06:00 06:30 0
92 ORY CDG 06:20 06:50 0
93 ORY CDG 06:40 07:10 0
94 ORY CDG 07:00 07:30 0
95 ORY CDG 07:20 07:50 0

96 ORY CDG 07:40 08:10 0
97 ORY CDG 08:00 08:30 0
98 ORY CDG 08:20 08:50 0
99 ORY CDG 08:40 09:10 0
100 ORY CDG 09:00 09:30 0
101 ORY CDG 09:20 09:50 0
102 ORY CDG 09:40 10:10 0
103 ORY CDG 10:00 10:30 0
104 ORY CDG 10:20 10:50 0
105 ORY CDG 10:40 11:10 0
106 ORY CDG 11:00 11:30 0
107 ORY CDG 11:20 11:50 0
108 ORY CDG 11:40 12:10 0
109 ORY CDG 12:00 12:30 0
110 ORY CDG 12:20 12:50 0
111 ORY CDG 12:40 13:10 0
112 ORY CDG 13:00 13:30 0
113 ORY CDG 13:20 13:50 0
114 ORY CDG 13:40 14:10 0
115 ORY CDG 14:00 14:30 0
116 ORY CDG 14:20 14:50 0
117 ORY CDG 14:40 15:10 0
118 ORY CDG 15:00 15:30 0
119 ORY CDG 15:20 15:50 0
120 ORY CDG 15:40 16:10 0
121 ORY CDG 16:00 16:30 0
122 ORY CDG 16:20 16:50 0
123 ORY CDG 16:40 17:10 0
124 ORY CDG 17:00 17:30 0
125 ORY CDG 17:20 17:50 0
126 ORY CDG 17:40 18:10 0
127 ORY CDG 18:00 18:30 0
128 ORY CDG 18:20 18:50 0
129 ORY CDG 18:40 19:10 0
130 ORY CDG 19:00 19:30 0
131 ORY CDG 19:20 19:50 0
132 ORY CDG 19:40 20:10 0
133 ORY CDG 20:00 20:30 0
134 ORY CDG 20:20 20:50 0
135 ORY CDG 20:40 21:10 0
136 ORY CDG 21:00 21:30 0
137 ORY CDG 21:20 21:50 0
138 ORY CDG 21:40 22:10 0
139 ORY CDG 22:00 22:30 0
140 ORY CDG 22:20 22:50 0

141 ORY CDG 22:40 23:10 0
142 ORY CDG 23:00 23:30 0
143 ORY CDG 23:20 23:50 0
144 ORY CDG 23:40 00:10+1 0
145 CDG MLH 08:05 09:15 0
146 MLH CDG 09:55 11:10 0
147 CDG MLH 12:00 13:10 0
148 MLH CDG 13:50 15:05 0
149 CDG MLH 15:45 16:55 0
150 MLH CDG 17:35 18:50 0
151 CDG MLH 19:55 21:05 0
152 MLH CDG 06:05 07:20 0
1363 ORY AJA 08:25 10:05 0
1364 AJA ORY 05:55 07:35 0
1374 BIA ORY 05:55 07:30 0
1375 ORY BIA 13:25 15:00 0
1377 ORY BIA 19:00 20:35 0
1378 BIA ORY 11:00 12:35 0
1379 ORY BIA 08:30 10:05 0
1380 BIA ORY 15:50 17:25 0
2517 TLS NTE 12:15 13:15 0
2518 NTE TLS 10:45 11:45 0
2519 TLS NTE 08:55 09:55 0
2520 NTE TLS 07:25 08:25 0
2521 RNS MPL 09:50 11:05 0
2522 MPL RNS 11:35 12:55 0
2523 ORY UIP 07:45 08:50 0
2524 UIP ORY 05:45 06:55 0
2525 ORY UIP 16:35 17:40 0
2526 UIP ORY 09:45 10:55 0
2533 NTE BES 10:55 11:35 0
2534 BES NTE 06:00 06:45 0
2543 RDZ ORY 05:40 06:50 0
2544 ORY RDZ 07:25 08:30 0
2573 LIG ORY 05:30 06:35 0
2574 ORY LIG 08:00 09:00 0
2581 LIG CDG 10:05 11:20 0
2582 CDG LIG 12:30 13:45 0
2583 RNS CDG 05:25 06:25 0
2584 CDG RNS 12:30 13:35 0
2585 RNS CDG 14:55 15:55 0
2586 CDG RNS 19:00 19:55 0
2587 CFR LYS 05:25 06:35 0
2588 LYS CFR 07:40 08:55 0
2593 LIG LYS 05:35 06:35 0

2595 CFR LYS 12:30 13:40 0
2596 LYS CFR 15:00 16:15 0
2597 LEH URO 05:00 05:20 0
2598 URO LYS 05:40 07:00 2597
2599 LYS LEH 07:40 09:10 0
2600 LEH URO 09:30 09:50 2599
2601 URO LEH 15:00 15:20 0
2602 LEH LYS 15:40 17:10 2601
2603 LYS URO 17:50 19:10 0
2604 URO LEH 19:30 19:50 2603
2605 RNS TLS 06:40 07:45 0
2606 TLS RNS 08:10 09:20 0
2609 NCE RNS 14:05 15:45 0
2610 RNS NCE 07:00 08:35 0
2613 RNS LYS 05:30 06:45 0
2614 LYS RNS 07:45 09:05 0
2619 RNS LYS 12:35 13:50 0
2620 LYS RNS 14:45 16:05 0
2623 MRS NTE 09:00 10:25 0
2624 NTE MRS 07:05 08:25 0
2625 MRS NTE 15:45 17:10 0
2626 NTE MRS 13:50 15:10 0
2629 MRS NTE 12:55 14:20 0
2630 NTE MRS 11:00 12:20 0
2633 SXB NTE 09:05 10:25 0
2634 NTE SXB 07:15 08:35 0
2643 LYS SXB 15:00 16:00 0
2644 SXB LYS 13:10 14:10 0
2647 LYS SXB 07:40 08:40 0
2648 SXB LYS 05:50 06:50 0
2653 BES LYS 05:25 06:55 0
2654 LYS BES 07:40 09:15 0
2655 BES LYS 12:20 13:50 0
2656 LYS BES 14:30 15:55 0
2657 BES MRS 10:05 11:45 0
2658 MRS BES 12:25 14:05 0
2661 NCE BES 09:10 11:05 0
2662 BES NCE 11:45 13:35 0
2663 NCE FSC 17:30 18:25 0
2673 SXB LGW 05:55 07:20 0
2674 LGW SXB 07:55 09:25 0
2793 LRT ORY 06:00 07:10 0
2794 ORY LRT 07:55 09:00 0
2795 LRT ORY 09:45 10:50 0
2796 ORY LRT 12:10 13:15 0

2797 LRT ORY 14:00 15:05 0
2798 ORY LRT 13:00 14:05 0
2866 MRS ORY 05:30 06:50 0
2867 ORY MRS 19:10 20:25 0
2868 MRS ORY 07:30 08:50 0
2869 ORY MRS 12:10 13:25 0
2870 MRS ORY 17:00 18:20 0
2872 MRS ORY 06:30 07:50 0
2873 ORY MRS 07:35 08:50 0
2874 MRS ORY 14:00 15:20 0
2877 ORY MRS 09:35 10:50 0
2878 MRS ORY 14:55 16:05 0
2879 ORY MRS 08:35 09:50 0
2883 ORY MRS 11:35 12:50 0
2886 MRS ORY 10:30 11:50 0
2888 MRS ORY 11:30 12:50 0
2889 ORY MRS 13:35 14:50 0
2892 MRS ORY 13:30 14:50 0
2895 ORY MRS 15:35 16:50 0
2896 MRS ORY 14:30 15:50 0
2899 ORY MRS 16:35 17:50 0
2900 MRS ORY 15:30 16:50 0
2903 ORY MRS 17:35 18:50 0
2907 ORY MRS 18:35 19:50 0
2908 MRS ORY 17:30 18:50 0
2912 MRS ORY 18:30 19:50 0
2919 ORY MRS 12:35 13:50 0
2965 ORY TLS 05:50 07:00 0
2966 TLS ORY 05:40 07:00 0
2967 ORY TLS 18:25 19:45 0
2968 TLS ORY 06:10 07:30 0
2969 ORY TLS 06:50 08:00 0
2970 TLS ORY 06:40 08:00 0
2972 TLS ORY 09:10 10:30 0
2973 ORY TLS 07:50 09:00 0
2974 TLS ORY 07:40 09:00 0
2975 ORY TLS 08:50 10:00 0
2976 TLS ORY 08:40 10:00 0
2977 ORY TLS 09:50 11:00 0
2978 TLS ORY 08:10 09:30 0
2980 TLS ORY 09:40 11:00 0
2981 ORY TLS 10:50 12:00 0
2982 TLS ORY 10:40 12:00 0
2983 ORY TLS 11:50 13:00 0
2984 TLS ORY 11:40 13:00 0

2985 ORY TLS 12:50 14:00 0
2986 TLS ORY 12:40 14:00 0
2988 TLS ORY 13:40 15:00 0
2989 ORY TLS 13:50 15:00 0
2991 ORY TLS 14:50 16:00 0
2992 TLS ORY 14:40 16:00 0
2995 ORY TLS 15:50 17:00 0
2996 TLS ORY 15:40 17:00 0
2999 ORY TLS 16:50 18:00 0
3000 TLS ORY 16:40 18:00 0
3003 ORY TLS 17:50 19:00 0
3004 TLS ORY 17:40 19:00 0
3007 ORY TLS 18:50 20:00 0
3008 TLS ORY 18:40 20:00 0
3011 ORY TLS 19:50 21:00 0
3063 ORY NCE 14:00 15:25 0
3064 NCE ORY 06:05 07:30 0
3065 ORY NCE 07:00 08:20 0
3067 ORY NCE 07:30 08:50 0
3068 NCE ORY 08:05 09:30 0
3069 ORY NCE 08:00 09:20 0
3070 NCE ORY 09:05 10:30 0
3071 ORY MRS 19:20 20:35 0
3073 ORY NCE 10:00 11:20 0
3074 NCE ORY 10:05 11:30 0
3075 ORY NCE 11:00 12:20 0
3076 NCE ORY 11:35 13:00 0
3077 ORY NCE 12:00 13:20 0
3080 NCE ORY 13:05 14:30 0
3081 ORY NCE 14:00 15:20 0
3082 NCE ORY 14:05 15:30 0
3083 ORY NCE 15:00 16:20 0
3084 NCE ORY 15:05 16:30 0
3085 ORY NCE 16:00 17:20 0
3086 NCE ORY 12:35 14:00 0
3088 NCE ORY 12:05 13:30 0
3090 NCE ORY 17:05 18:30 0
3091 ORY NCE 13:00 14:20 0
3092 NCE ORY 18:05 19:30 0
3093 ORY NCE 19:00 20:20 0
3094 NCE CFE 19:25 20:25 0
3095 ORY NCE 20:00 21:20 0
3097 ORY NCE 10:35 11:55 0
3099 ORY NCE 17:10 18:30 0
3102 NCE ORY 16:05 17:30 0

3103 ORY NCE 06:00 07:20 0
3106 NCE ORY 17:05 18:30 0
3107 ORY NCE 06:30 07:50 0
3108 NCE ORY 08:35 10:00 0
3111 ORY NCE 11:30 12:50 0
3112 NCE ORY 13:35 15:00 0
3117 ORY BOD 07:15 08:20 0
3118 BOD ORY 06:10 07:20 0
3119 ORY BOD 08:10 09:15 0
3121 ORY BOD 10:10 11:15 0
3122 BOD ORY 08:00 09:10 0
3123 ORY BOD 12:10 13:15 0
3124 BOD ORY 10:05 11:15 0
3127 ORY BOD 15:10 16:15 0
3128 BOD ORY 14:05 15:15 0
3131 ORY BOD 17:25 18:30 0
3134 BOD ORY 17:05 18:15 0
3135 ORY BOD 17:10 18:15 0
3138 BOD ORY 19:25 20:35 0
3144 BOD ORY 09:10 10:20 0
4164 SXB ORY 07:00 08:00 0
4165 ORY SXB 08:00 09:00 0
4167 ORY SXB 10:25 11:25 0
4168 SXB ORY 08:10 09:10 0
4169 ORY SXB 20:00 21:00 0
4170 SXB ORY 10:10 11:10 0
4171 ORY SXB 14:25 15:25 0
4174 SXB ORY 13:35 14:35 0
4180 SXB ORY 17:00 18:00 0
4189 ORY SXB 19:25 20:25 0
4194 MLH ORY 05:30 06:40 0
4195 ORY MLH 08:15 09:15 0
4197 ORY MLH 12:10 13:10 0
4200 MLH ORY 10:05 11:15 0
4202 MLH ORY 13:55 15:05 0
4203 ORY MLH 18:45 19:45 0
4213 RNS ORY 14:00 15:05 0
4214 ORY RNS 16:15 17:15 0
4224 BES ORY 05:35 06:50 0
4225 ORY BES 08:10 09:20 0
4228 BES ORY 10:05 11:20 0
4229 ORY BES 11:15 12:25 0
4232 BES ORY 13:05 14:20 0
4237 ORY BES 20:20 21:30 0
4238 BES ORY 16:35 17:50 0

4239 ORY BES 14:40 15:50 0
4264 LYS ORY 05:50 06:55 0
4265 ORY LYS 07:40 08:45 0
4268 LYS ORY 09:30 10:35 0
4269 ORY LYS 09:30 10:35 0
4270 LYS ORY 11:20 12:25 0
4271 ORY LYS 13:40 14:45 0
4272 LYS ORY 13:10 14:15 0
4273 ORY LYS 11:20 12:25 0
4274 LYS ORY 16:50 17:55 0
4275 ORY LYS 18:40 19:45 0
4276 LYS ORY 16:10 17:15 0
4279 ORY LYS 15:00 16:05 0
4295 ORY CFE 08:10 09:05 0
4296 CFE ORY 05:40 06:35 0
4298 CFE ORY 09:50 10:45 0
4301 ORY CFE 16:55 17:50 0
4314 PUF ORY 05:40 07:00 0
4315 ORY PUF 08:00 09:15 0
4317 ORY PUF 12:05 13:20 0
4319 ORY PUF 16:20 17:35 0
4320 PUF ORY 10:10 11:30 0
4321 ORY PUF 20:25 21:40 0
4322 PUF ORY 14:10 15:30 0
4324 PUF ORY 18:30 19:50 0
4333 ORY AVN 08:15 09:30 0
4334 AVN ORY 05:30 06:45 0
4336 AVN ORY 10:05 11:20 0
4337 ORY AVN 12:20 13:35 0
4342 ORY BIQ 20:05 21:20 0
4343 ORY BIQ 07:55 09:10 0
4344 BIQ ORY 05:50 07:10 0
4345 ORY BIQ 10:45 12:00 0
4347 ORY BIQ 18:20 19:35 0
4348 BIQ ORY 12:50 14:10 0
4349 ORY LDE 12:55 14:15 0
4350 LDE ORY 10:45 12:10 0
4351 ORY BIQ 15:55 17:10 0
4352 BIQ ORY 16:20 17:40 0
4354 BIQ ORY 18:00 19:20 0
4358 BIQ ORY 20:25 21:45 0
4359 ORY LDE 08:45 10:05 0
4360 LDE ORY 06:30 07:55 0
4363 ORY TLN 07:55 09:15 0
4364 TLN ORY 05:45 07:10 0

4365 ORY TLN 15:35 16:55 O
4366 TLN ORY 10:05 11:30 O
4368 TLN ORY 17:35 19:00 O
4369 ORY TLN 12:30 13:50 O
4370 TLN ORY 14:40 16:05 O
4371 ORY TLN 17:55 19:15 O
4375 ORY TLN 06:25 07:50 O
4376 TLN ORY 08:35 10:05 O
4385 ORY PGF 07:25 08:45 O
4386 PGF ORY 09:35 11:00 O
4387 ORY PGF 12:00 13:20 O
4388 PGF ORY 14:05 15:30 O
4389 ORY PGF 15:35 17:00 O
4390 PGF ORY 17:50 19:15 O
4393 ORY FSC 09:40 11:25 O
4394 FSC ORY 12:15 14:00 O
4400 FSC ORY 07:30 09:15 O
4404 MPL ORY 05:40 07:05 O
4405 ORY MPL 07:45 09:00 O
4406 MPL ORY 08:05 09:25 O
4407 ORY MPL 18:30 19:35 O
4408 MPL ORY 09:50 11:10 O
4409 ORY MPL 10:15 11:30 O
4410 MPL ORY 12:20 13:40 O
4411 ORY MPL 12:15 13:30 O
4412 MPL ORY 14:20 15:40 O
4413 ORY MPL 14:25 15:40 O
4414 MPL ORY 16:25 17:45 O
4415 ORY MPL 16:15 17:30 O
4416 MPL ORY 18:20 19:40 O
4421 ORY MPL 20:15 21:30 O
4431 ORY AJA 11:40 13:20 O
4432 AJA ORY 14:35 16:15 O
4434 AJA ORY 19:30 21:10 O
4435 AJA ORY 14:40 16:20 O
4436 ORY AJA 17:10 18:50 O
4437 ORY AJA 17:00 18:40 O
4454 BIA ORY 19:35 21:10 O
4459 ORY BIA 17:10 18:45 O
4475 ORY CLY 08:10 09:45 O
4476 CLY ORY 10:45 12:15 O
4483 CDG BOD 06:30 07:50 O
4485 CDG BOD 09:55 11:15 O
4486 BOD CDG 07:25 08:50 O
4487 CDG BOD 12:25 13:45 O

4488 BOD CDG 09:20 10:45 O
4489 CDG BOD 17:45 19:05 O
4490 BOD CDG 12:35 14:00 O
4492 BOD CDG 15:30 16:55 O
4498 BIQ CDG 06:15 07:45 O
4499 CDG BIQ 20:25 21:50 O
4501 CDG BIQ 12:35 14:00 O
4502 BIQ CDG 09:50 11:20 O
4503 CDG LYS 08:30 09:40 O
4504 LYS CDG 10:00 11:10 O
4506 LYS CDG 12:40 13:50 O
4507 CDG LYS 12:15 13:25 O
4508 LYS CDG 16:00 17:10 O
4509 CDG LYS 13:10 14:20 O
4510 LYS CDG 16:15 17:25 O
4511 CDG LYS 17:55 19:05 O
4512 LYS LIG 19:55 20:55 O
4513 CDG LYS 20:30 21:40 O
4514 LYS CDG 06:25 07:35 O
4515 CDG LYS 08:35 09:45 O
4516 LYS CDG 10:55 12:05 O
4517 CDG CFE 07:15 08:15 O
4518 CFE CDG 08:55 10:00 O
4519 CDG CFE 14:25 15:25 O
4520 CFE CDG 16:05 17:10 O
4522 CFE CDG 05:35 06:40 O
4523 CDG MRS 06:15 07:40 O
4524 MRS CDG 09:05 10:35 O
4525 CDG MRS 09:30 10:55 O
4526 MRS CDG 09:50 11:20 O
4527 CDG MRS 11:35 13:00 O
4528 MRS CDG 12:05 13:35 O
4529 CDG MRS 14:35 16:00 O
4530 MRS CDG 15:20 16:50 O
4531 CDG MRS 17:35 19:00 O
4533 CDG MRS 20:20 21:45 O
4534 MRS CDG 19:45 21:15 O
4536 MRS CDG 06:35 08:05 O
4543 CDG MPL 10:25 11:50 O
4544 MPL CDG 05:55 07:25 O
4546 MPL CDG 12:40 14:10 O
4547 CDG MPL 19:50 21:15 O
4548 MPL CDG 20:00 21:30 O
4549 CDG MPL 17:45 19:10 O
4551 CDG MPL 08:10 09:35 O

4552 MPL CDG 10:30 12:00 0
4563 CDG NCE 06:20 07:55 0
4564 NCE CDG 09:05 10:40 0
4565 CDG NCE 09:35 11:10 0
4566 NCE CDG 12:00 13:35 0
4567 CDG NCE 11:35 13:10 0
4568 NCE CDG 13:55 15:30 0
4569 CDG NCE 14:40 16:15 0
4571 CDG NCE 17:25 19:00 0
4572 NCE ORY 19:50 21:15 0
4574 NCE CDG 06:25 08:00 0
4575 CDG NCE 18:30 20:05 0
4576 NCE CDG 05:40 07:15 0
4577 CDG NCE 12:50 13:25 0
4578 NCE CDG 15:35 17:10 0
4583 CDG NTE 08:05 09:10 0
4584 NTE CDG 05:35 06:40 0
4585 CDG NTE 13:00 14:05 0
4586 NTE CDG 15:15 16:20 0
4587 CDG NTE 11:45 12:50 0
4588 NTE CDG 10:00 11:05 0
4590 NTE CDG 13:35 14:40 0
4591 CDG NTE 20:00 21:05 0
4593 CDG NTE 16:15 17:20 0
4594 NTE CDG 18:05 19:10 0
4595 CDG BES 20:00 21:15 0
4596 BES CDG 17:00 18:20 0
4599 CDG BES 09:30 10:45 0
4600 BES CDG 05:25 06:45 0
4601 CDG BES 14:45 16:00 0
4602 BES CDG 12:15 13:35 0
4617 ORY ETZ 08:40 09:40 0
4618 ETZ ORY 07:00 08:10 0
4619 ETZ MRS 14:30 16:10 0
4620 MRS ETZ 18:50 20:30 0
4623 ORY SXB 06:35 07:35 0
4624 SXB CDG 10:30 11:40 0
4625 CDG SXB 11:40 12:50 0
4626 SXB CDG 09:35 10:45 0
4627 CDG SXB 13:10 14:20 0
4628 SXB CDG 15:15 16:25 0
4629 CDG SXB 16:30 17:40 0
4630 SXB CDG 18:25 19:35 0
4631 CDG SXB 17:45 18:50 0
4634 SXB CDG 14:10 15:20 0

4636 PUF CDG 05:25 06:55 0
4637 CDG PUF 20:10 21:35 0
4638 PUF CDG 09:45 11:15 0
4639 CDG PUF 07:30 09:00 0
4641 CDG PUF 17:20 18:50 0
4642 PUF CDG 19:30 21:00 0
4643 CDG TLS 06:15 07:40 0
4645 CDG TLS 09:30 10:55 0
4647 CDG TLS 20:30 21:55 0
4648 TLS CDG 11:55 13:25 0
4649 CDG TLS 15:00 16:25 0
4650 TLS CDG 15:00 16:30 0
4651 CDG TLS 17:25 18:50 0
4652 TLS CDG 17:15 18:45 0
4654 TLS CDG 19:45 21:15 0
4655 CDG TLS 19:25 20:50 0
4656 TLS CDG 06:05 07:35 0
4657 CDG TLS 11:55 13:20 0
4658 TLS CDG 09:35 11:05 0
4664 BOD LYS 16:55 18:05 0
4665 LYS BOD 19:00 20:05 0
4668 BOD LYS 12:45 13:55 0
4669 LYS BOD 14:55 16:00 0
4673 LIL LYS 05:45 07:00 0
4676 LYS LIL 07:40 08:55 0
4678 LYS LIL 14:45 16:00 0
4679 LIL LYS 12:35 13:50 0
4684 MRS LYS 05:35 06:35 0
4685 LYS MRS 07:30 08:30 0
4693 LYS NCE 07:50 08:50 0
4694 NCE LYS 05:40 06:35 0
4695 LYS NCE 15:00 16:00 0
4696 NCE LYS 09:50 10:45 0
4699 LYS NCE 11:25 12:25 0
4700 NCE LYS 13:05 14:00 0
4703 LYS TLS 07:45 08:50 0
4704 TLS LYS 05:50 06:50 0
4705 LYS TLS 15:00 16:05 0
4706 TLS LYS 16:55 17:55 0
4723 NTE LYS 05:45 07:00 0
4725 NTE LYS 10:10 11:25 0
4726 LYS NTE 07:55 09:10 0
4730 LYS NTE 18:45 20:00 0
4763 BOD NCE 15:05 16:20 0
4764 NCE BOD 05:45 07:10 0

4765 BOD NCE 07:45 09:00 0
4768 NCE BOD 13:05 14:30 0
4784 NCE LIL 10:00 11:40 0
4791 LIL NCE 09:50 11:35 0
4837 SXB NCE 09:15 10:35 0
4838 NCE SXB 11:15 12:35 0
5093 AMS CFE 14:00 15:30 0
5094 CFE AMS 16:40 18:15 0
5123 TLS AMS 05:05 07:20 0
5124 AMS TLS 08:25 10:20 0

5125 TLS AMS 11:00 13:10 0
5126 AMS TLS 14:30 16:25 0
5127 TLS AMS 17:05 19:15 0
5128 AMS TLS 20:05 22:00 0
5163 BOD AMS 05:50 07:40 0
5164 AMS BOD 08:55 10:45 0
5165 BOD AMS 11:25 13:15 0
5166 AMS BOD 19:00 20:50 0
#

Tabela 0.6 - Dados do arquivo *position.csv*.

ORY CRJ100 0/0/50 2 A320 0/0/172 2 A319 0/0/138 1 A321 0/0/206 2 A319 0/0/142 4 A318 0/0/123 1 #
LEH ERJ135 0/0/37 1 #
CFR ERJ145 0/0/50 1 #
LIL F100 0/0/100 1 #
NCE A318 0/0/123 2 ERJ145 0/0/50 1 A320 0/0/165 1 CRJ700 0/0/72 1 #
BIQ A320 0/0/172 1 A318 0/0/123 1 #
LYS A321 0/0/206 1 A319 0/28/51 1 #
AVN ERJ145 0/0/50 1 #
BES A320 0/0/172 1 A319 0/28/51 1 ERJ135 0/0/37 1 F100 0/0/100 1 #
AJA A320 0/0/172 1 #
BIA A320 0/0/172 1 #
CFE A318 0/0/123 1 A320 0/0/172 1 #
ETZ A318 0/0/123 1 #
LDE ERJ145 0/0/50 1 #
LIG BAE300 0/0/100 1 A318 0/0/123 1 #
PUF A319 0/0/142 1 F100 0/0/100 1 #
BOD A319 0/0/138 1 CRJ100 0/0/50 1 A320 0/0/165 1 A319 0/0/142 1 #
RDZ BAE200 0/0/94 1 #
MLH A320 0/0/165 1 A320 0/0/172 1 #
UIP BAE200 0/0/94 1 #
LRT BAE300 0/0/100 1 #
SXB F100 0/0/100 1 A320 0/0/172 1 A319 0/0/142 1 BAE300 0/0/100 1 #
TLN A319 0/0/142 1 #
TLS A320 0/0/165 1 A320 0/0/172 4 CRJ700 0/0/72 1 A319 0/0/138 1 #
MRS A320 0/0/172 2 A320 0/0/165 2 A319 0/28/51 1 #
RNS BAE200 0/0/94 1 CRJ100 0/0/50 1 F100 0/0/100 1 CRJ700 0/0/72 1 #
MPL A319 0/0/142 1 A321 0/0/206 1 A319 0/0/138 1 #
FSC A319 0/28/51 1 #
NTE A320 0/0/165 2 F100 0/0/100 1 A318 0/0/123 1 #
CDG A321 0/0/206 1 ERJ145 0/0/50 1 A320 0/0/165 1 A319 0/0/138 1 #
#

Tabela 0.7 - Dados do arquivo *rotations.csv*.

4344 07/01/06 CRJ100#1	2655 07/01/06 F100#1	2648 07/01/06 F100#2
4343 07/01/06 CRJ100#1	2656 07/01/06 F100#1	2647 07/01/06 F100#2
4502 07/01/06 CRJ100#1	4296 07/01/06 A318#1	4837 07/01/06 F100#2
4501 07/01/06 CRJ100#1	4295 07/01/06 A318#1	4838 07/01/06 F100#2
4352 07/01/06 CRJ100#1	4298 07/01/06 A318#1	2644 07/01/06 F100#2
4347 07/01/06 CRJ100#1	4229 07/01/06 A318#1	2643 07/01/06 F100#2
4358 07/01/06 CRJ100#1	4232 07/01/06 A318#1	4623 07/01/06 A320#5
4334 07/01/06 ERJ145#1	4301 07/01/06 A318#1	4626 07/01/06 A320#5
4333 07/01/06 ERJ145#1	4618 07/01/06 A318#2	4625 07/01/06 A320#5
4336 07/01/06 ERJ145#1	4617 07/01/06 A318#2	4634 07/01/06 A320#5
4337 07/01/06 ERJ145#1	4619 07/01/06 A318#2	4629 07/01/06 A320#5
4224 07/01/06 A320#1	4620 07/01/06 A318#2	4630 07/01/06 A320#5
4225 07/01/06 A320#1	4400 07/01/06 CRJ100#2	4647 07/01/06 A320#5
4228 07/01/06 A320#1	4393 07/01/06 CRJ100#2	2610 07/01/06 BAE200#2
4239 07/01/06 A320#1	4394 07/01/06 CRJ100#2	2661 07/01/06 BAE200#2
4238 07/01/06 A320#1	4360 07/01/06 ERJ145#2	2662 07/01/06 BAE200#2
4237 07/01/06 A320#1	4359 07/01/06 ERJ145#2	2609 07/01/06 BAE200#2
1364 07/01/06 A320#2	4350 07/01/06 ERJ145#2	4404 07/01/06 A319#3
1363 07/01/06 A320#2	4349 07/01/06 ERJ145#2	4405 07/01/06 A319#3
4435 07/01/06 A320#2	2573 07/01/06 BAE300#1	4408 07/01/06 A319#3
4436 07/01/06 A320#2	2574 07/01/06 BAE300#1	4411 07/01/06 A319#3
4600 07/01/06 A319#1	2581 07/01/06 BAE300#1	4412 07/01/06 A319#3
4599 07/01/06 A319#1	2582 07/01/06 BAE300#1	4415 07/01/06 A319#3
4602 07/01/06 A319#1	4314 07/01/06 A319#2	4416 07/01/06 A319#3
4601 07/01/06 A319#1	4315 07/01/06 A319#2	4421 07/01/06 A319#3
4596 07/01/06 A319#1	4320 07/01/06 A319#2	4584 07/01/06 A320#6
4595 07/01/06 A319#1	4317 07/01/06 A319#2	4583 07/01/06 A320#6
1374 07/01/06 A320#3	4322 07/01/06 A319#2	4588 07/01/06 A320#6
1379 07/01/06 A320#3	4319 07/01/06 A319#2	4587 07/01/06 A320#6
1378 07/01/06 A320#3	4324 07/01/06 A319#2	4590 07/01/06 A320#6
1375 07/01/06 A320#3	4321 07/01/06 A319#2	4593 07/01/06 A320#6
1380 07/01/06 A320#3	2543 07/01/06 BAE200#1	4594 07/01/06 A320#6
1377 07/01/06 A320#3	2544 07/01/06 BAE200#1	4591 07/01/06 A320#6
2653 07/01/06 ERJ135#1	152 07/01/06 A320#4	2520 07/01/06 F100#3
2654 07/01/06 ERJ135#1	145 07/01/06 A320#4	2519 07/01/06 F100#3
2657 07/01/06 ERJ135#1	146 07/01/06 A320#4	2518 07/01/06 F100#3
2658 07/01/06 ERJ135#1	147 07/01/06 A320#4	2517 07/01/06 F100#3
2534 07/01/06 F100#1	148 07/01/06 A320#4	2626 07/01/06 F100#3
2634 07/01/06 F100#1	149 07/01/06 A320#4	2625 07/01/06 F100#3
2633 07/01/06 F100#1	150 07/01/06 A320#4	2624 07/01/06 A318#3
2533 07/01/06 F100#1	151 07/01/06 A320#4	2623 07/01/06 A318#3

2630 07/01/06 A318#3
2629 07/01/06 A318#3
2966 07/01/06 A320#7
2973 07/01/06 A320#7
2980 07/01/06 A320#7
2983 07/01/06 A320#7
2988 07/01/06 A320#7
2995 07/01/06 A320#7
3004 07/01/06 A320#7
3011 07/01/06 A320#7
2965 07/01/06 A320#8
2974 07/01/06 A320#8
2977 07/01/06 A320#8
2984 07/01/06 A320#8
2989 07/01/06 A320#8
2996 07/01/06 A320#8
3003 07/01/06 A320#8
2969 07/01/06 A320#9
2976 07/01/06 A320#9
2981 07/01/06 A320#9
2986 07/01/06 A320#9
2991 07/01/06 A320#9
3000 07/01/06 A320#9
3007 07/01/06 A320#9
2970 07/01/06 A320#10
2975 07/01/06 A320#10
2982 07/01/06 A320#10
2985 07/01/06 A320#10
2992 07/01/06 A320#10
2999 07/01/06 A320#10
3008 07/01/06 A320#10
4704 07/01/06 A321#1
4703 07/01/06 A321#1
4658 07/01/06 A321#1
4657 07/01/06 A321#1
4650 07/01/06 A321#1
4651 07/01/06 A321#1
4654 07/01/06 A321#1
4643 07/01/06 A319#4
2972 07/01/06 A319#4
4431 07/01/06 A319#4
4432 07/01/06 A319#4
4437 07/01/06 A319#4
4434 07/01/06 A319#4
2978 07/01/06 A320#11

4345 07/01/06 A320#11
4348 07/01/06 A320#11
4351 07/01/06 A320#11
4354 07/01/06 A320#11
4342 07/01/06 A320#11
4264 07/01/06 A321#2
4265 07/01/06 A321#2
4268 07/01/06 A321#2
4273 07/01/06 A321#2
4272 07/01/06 A321#2
4279 07/01/06 A321#2
4274 07/01/06 A321#2
4275 07/01/06 A321#2
3118 07/01/06 A321#3
3119 07/01/06 A321#3
3124 07/01/06 A321#3
3123 07/01/06 A321#3
3128 07/01/06 A321#3
3131 07/01/06 A321#3
3138 07/01/06 A321#3
4375 07/01/06 A319#5
4376 07/01/06 A319#5
3111 07/01/06 A319#5
3112 07/01/06 A319#5
4365 07/01/06 A319#5
4368 07/01/06 A319#5
2872 07/01/06 A320#12
2879 07/01/06 A320#12
2886 07/01/06 A320#12
2919 07/01/06 A320#12
2896 07/01/06 A320#12
2899 07/01/06 A320#12
2912 07/01/06 A320#12
3067 07/01/06 F100#4
4784 07/01/06 F100#4
4679 07/01/06 F100#4
4678 07/01/06 F100#4
3064 07/01/06 A318#4
3069 07/01/06 A318#4
3074 07/01/06 A318#4
3077 07/01/06 A318#4
3082 07/01/06 A318#4
3085 07/01/06 A318#4
3092 07/01/06 A318#4
3095 07/01/06 A318#4

3065 07/01/06 A318#5
3070 07/01/06 A318#5
3075 07/01/06 A318#5
3080 07/01/06 A318#5
3083 07/01/06 A318#5
3090 07/01/06 A318#5
3093 07/01/06 A318#5
4168 07/01/06 A320#13
4167 07/01/06 A320#13
4174 07/01/06 A320#13
4389 07/01/06 A320#13
4390 07/01/06 A320#13
4169 07/01/06 A320#13
4364 07/01/06 A319#6
4363 07/01/06 A319#6
4366 07/01/06 A319#6
4369 07/01/06 A319#6
4370 07/01/06 A319#6
4371 07/01/06 A319#6
4475 07/01/06 A320#14
4476 07/01/06 A320#14
3091 07/01/06 A320#14
3084 07/01/06 A320#14
3099 07/01/06 A320#14
3094 07/01/06 A320#14
4522 07/01/06 ERJ145#3
4517 07/01/06 ERJ145#3
4518 07/01/06 ERJ145#3
2584 07/01/06 ERJ145#3
2585 07/01/06 ERJ145#3
4641 07/01/06 ERJ145#3
4642 07/01/06 ERJ145#3
4385 07/01/06 A319#7
4386 07/01/06 A319#7
4387 07/01/06 A319#7
4388 07/01/06 A319#7
4459 07/01/06 A319#7
4454 07/01/06 A319#7
2597 07/01/06 ERJ135#2
2598 07/01/06 ERJ135#2
2599 07/01/06 ERJ135#2
2600 07/01/06 ERJ135#2
2601 07/01/06 ERJ135#2
2602 07/01/06 ERJ135#2
2603 07/01/06 ERJ135#2

2604 07/01/06 ERJ135#2
2587 07/01/06 ERJ145#4
2588 07/01/06 ERJ145#4
2595 07/01/06 ERJ145#4
2596 07/01/06 ERJ145#4
2593 07/01/06 A318#6
4504 07/01/06 A318#6
4507 07/01/06 A318#6
4508 07/01/06 A318#6
4511 07/01/06 A318#6
4512 07/01/06 A318#6
4164 07/01/06 A319#8
2883 07/01/06 A319#8
2892 07/01/06 A319#8
2895 07/01/06 A319#8
2908 07/01/06 A319#8
4189 07/01/06 A319#8
4194 07/01/06 A320#15
4195 07/01/06 A320#15
4200 07/01/06 A320#15
4197 07/01/06 A320#15
4202 07/01/06 A320#15
4203 07/01/06 A320#15
2793 07/01/06 BAE200#3
2794 07/01/06 BAE200#3
2795 07/01/06 BAE200#3
2796 07/01/06 BAE200#3
2797 07/01/06 BAE200#3
2525 07/01/06 BAE200#3
2524 07/01/06 BAE300#2
2523 07/01/06 BAE300#2
2526 07/01/06 BAE300#2
2798 07/01/06 BAE300#2
4498 07/01/06 A318#7
4515 07/01/06 A318#7
4506 07/01/06 A318#7
4519 07/01/06 A318#7
4520 07/01/06 A318#7
4499 07/01/06 A318#7
4636 07/01/06 F100#5
4639 07/01/06 F100#5
4638 07/01/06 F100#5
4585 07/01/06 F100#5
4586 07/01/06 F100#5
4637 07/01/06 F100#5

4483 07/01/06 A319#9
4488 07/01/06 A319#9
4487 07/01/06 A319#9
4492 07/01/06 A319#9
4489 07/01/06 A319#9
4486 07/01/06 A320#16
4485 07/01/06 A320#16
4490 07/01/06 A320#16
4549 07/01/06 A320#16
4548 07/01/06 A320#16
5123 07/01/06 CRJ700#1
5124 07/01/06 CRJ700#1
5125 07/01/06 CRJ700#1
5126 07/01/06 CRJ700#1
5127 07/01/06 CRJ700#1
5128 07/01/06 CRJ700#1
4563 07/01/06 A321#4
4564 07/01/06 A321#4
4567 07/01/06 A321#4
4568 07/01/06 A321#4
4571 07/01/06 A321#4
4572 07/01/06 A321#4
4656 07/01/06 A319#10
4645 07/01/06 A319#10
4648 07/01/06 A319#10
4649 07/01/06 A319#10
4652 07/01/06 A319#10
4655 07/01/06 A319#10
2868 07/01/06 A320#17
2877 07/01/06 A320#17
2888 07/01/06 A320#17
2889 07/01/06 A320#17
2900 07/01/06 A320#17
2903 07/01/06 A320#17
2605 07/01/06 CRJ100#3
2606 07/01/06 CRJ100#3
2521 07/01/06 CRJ100#3
2522 07/01/06 CRJ100#3
4213 07/01/06 CRJ100#3
4214 07/01/06 CRJ100#3
5163 07/01/06 CRJ100#4
5164 07/01/06 CRJ100#4
5165 07/01/06 CRJ100#4
5093 07/01/06 CRJ100#4
5094 07/01/06 CRJ100#4

5166 07/01/06 CRJ100#4
4694 07/01/06 ERJ145#5
4693 07/01/06 ERJ145#5
4696 07/01/06 ERJ145#5
4699 07/01/06 ERJ145#5
4700 07/01/06 ERJ145#5
4695 07/01/06 ERJ145#5
3107 07/01/06 A319#11
3108 07/01/06 A319#11
3097 07/01/06 A319#11
3086 07/01/06 A319#11
3127 07/01/06 A319#11
3134 07/01/06 A319#11
3103 07/01/06 A318#8
3068 07/01/06 A318#8
3073 07/01/06 A318#8
3088 07/01/06 A318#8
3081 07/01/06 A318#8
3102 07/01/06 A318#8
4165 07/01/06 A319#12
4170 07/01/06 A319#12
4171 07/01/06 A319#12
4180 07/01/06 A319#12
4406 07/01/06 A321#5
4409 07/01/06 A321#5
4410 07/01/06 A321#5
4413 07/01/06 A321#5
4414 07/01/06 A321#5
4407 07/01/06 A321#5
4673 07/01/06 A319#13
4676 07/01/06 A319#13
4791 07/01/06 A319#13
4768 07/01/06 A319#13
4763 07/01/06 A319#13
2663 07/01/06 A319#13
2673 07/01/06 BAE300#3
2674 07/01/06 BAE300#3
4624 07/01/06 BAE300#3
4627 07/01/06 BAE300#3
4628 07/01/06 BAE300#3
4631 07/01/06 BAE300#3
2583 07/01/06 F100#6
4543 07/01/06 F100#6
4546 07/01/06 F100#6
2586 07/01/06 F100#6

2613 07/01/06 CRJ700#2
2614 07/01/06 CRJ700#2
2619 07/01/06 CRJ700#2
2620 07/01/06 CRJ700#2
3122 07/01/06 A320#18
3121 07/01/06 A320#18
4668 07/01/06 A320#18
4669 07/01/06 A320#18
4664 07/01/06 A320#18
4665 07/01/06 A320#18
3117 07/01/06 A319#14
3144 07/01/06 A319#14
2869 07/01/06 A319#14
2878 07/01/06 A319#14
3135 07/01/06 A319#14
2968 07/01/06 A320#19
4269 07/01/06 A320#19
4270 07/01/06 A320#19
4271 07/01/06 A320#19
4276 07/01/06 A320#19
2967 07/01/06 A320#19
4723 07/01/06 A320#20
4726 07/01/06 A320#20
4725 07/01/06 A320#20
4705 07/01/06 A320#20
4706 07/01/06 A320#20
4730 07/01/06 A320#20
4536 07/01/06 A320#21
4525 07/01/06 A320#21
4528 07/01/06 A320#21
4529 07/01/06 A320#21
2870 07/01/06 A320#21
2867 07/01/06 A320#21
4576 07/01/06 A320#22
4551 07/01/06 A320#22
4552 07/01/06 A320#22
4577 07/01/06 A320#22
4578 07/01/06 A320#22
4575 07/01/06 A320#22
4544 07/01/06 A319#15
4547 07/01/06 A319#15
4764 07/01/06 CRJ700#3
4765 07/01/06 CRJ700#3
3076 07/01/06 CRJ700#3
3063 07/01/06 CRJ700#3

4684 07/01/06 A319#16
4685 07/01/06 A319#16
4526 07/01/06 A319#16
4533 07/01/06 A319#16
2866 07/01/06 A320#23
2873 07/01/06 A320#23
2874 07/01/06 A320#23
2907 07/01/06 A320#23
4574 07/01/06 A320#24
4565 07/01/06 A320#24
4566 07/01/06 A320#24
4569 07/01/06 A320#24
3106 07/01/06 A320#24
3071 07/01/06 A320#24
4523 07/01/06 A319#17
4524 07/01/06 A319#17
4527 07/01/06 A319#17
4530 07/01/06 A319#17
4531 07/01/06 A319#17
4534 07/01/06 A319#17
4514 07/01/06 A319#18
4503 07/01/06 A319#18
4516 07/01/06 A319#18
4509 07/01/06 A319#18
4510 07/01/06 A319#18
4513 07/01/06 A319#18
1 07/01/06 TranspCom#1
75 07/01/06 TranspCom#1
5 07/01/06 TranspCom#1
79 07/01/06 TranspCom#1
9 07/01/06 TranspCom#1
83 07/01/06 TranspCom#1
13 07/01/06 TranspCom#1
87 07/01/06 TranspCom#1
17 07/01/06 TranspCom#1
91 07/01/06 TranspCom#1
21 07/01/06 TranspCom#1
95 07/01/06 TranspCom#1
25 07/01/06 TranspCom#1
99 07/01/06 TranspCom#1
29 07/01/06 TranspCom#1
103 07/01/06 TranspCom#1
33 07/01/06 TranspCom#1
107 07/01/06 TranspCom#1
37 07/01/06 TranspCom#1

111 07/01/06 TranspCom#1
41 07/01/06 TranspCom#1
115 07/01/06 TranspCom#1
45 07/01/06 TranspCom#1
119 07/01/06 TranspCom#1
49 07/01/06 TranspCom#1
123 07/01/06 TranspCom#1
53 07/01/06 TranspCom#1
127 07/01/06 TranspCom#1
57 07/01/06 TranspCom#1
131 07/01/06 TranspCom#1
61 07/01/06 TranspCom#1
135 07/01/06 TranspCom#1
65 07/01/06 TranspCom#1
139 07/01/06 TranspCom#1
69 07/01/06 TranspCom#1
143 07/01/06 TranspCom#1
2 07/01/06 TranspCom#2
76 07/01/06 TranspCom#2
6 07/01/06 TranspCom#2
80 07/01/06 TranspCom#2
10 07/01/06 TranspCom#2
84 07/01/06 TranspCom#2
14 07/01/06 TranspCom#2
88 07/01/06 TranspCom#2
18 07/01/06 TranspCom#2
92 07/01/06 TranspCom#2
22 07/01/06 TranspCom#2
96 07/01/06 TranspCom#2
26 07/01/06 TranspCom#2
100 07/01/06 TranspCom#2
30 07/01/06 TranspCom#2
104 07/01/06 TranspCom#2
34 07/01/06 TranspCom#2
108 07/01/06 TranspCom#2
38 07/01/06 TranspCom#2
112 07/01/06 TranspCom#2
42 07/01/06 TranspCom#2
116 07/01/06 TranspCom#2
46 07/01/06 TranspCom#2
120 07/01/06 TranspCom#2
50 07/01/06 TranspCom#2
124 07/01/06 TranspCom#2
54 07/01/06 TranspCom#2
128 07/01/06 TranspCom#2

58 07/01/06 TranspCom#2	39 07/01/06 TranspCom#3	94 07/01/06 TranspCom#4
132 07/01/06 TranspCom#2	113 07/01/06 TranspCom#3	24 07/01/06 TranspCom#4
62 07/01/06 TranspCom#2	43 07/01/06 TranspCom#3	98 07/01/06 TranspCom#4
136 07/01/06 TranspCom#2	117 07/01/06 TranspCom#3	28 07/01/06 TranspCom#4
66 07/01/06 TranspCom#2	47 07/01/06 TranspCom#3	102 07/01/06 TranspCom#4
140 07/01/06 TranspCom#2	121 07/01/06 TranspCom#3	32 07/01/06 TranspCom#4
70 07/01/06 TranspCom#2	51 07/01/06 TranspCom#3	106 07/01/06 TranspCom#4
144 07/01/06 TranspCom#2	125 07/01/06 TranspCom#3	36 07/01/06 TranspCom#4
73 07/01/06 TranspCom#3	55 07/01/06 TranspCom#3	110 07/01/06 TranspCom#4
3 07/01/06 TranspCom#3	129 07/01/06 TranspCom#3	40 07/01/06 TranspCom#4
77 07/01/06 TranspCom#3	59 07/01/06 TranspCom#3	114 07/01/06 TranspCom#4
7 07/01/06 TranspCom#3	133 07/01/06 TranspCom#3	44 07/01/06 TranspCom#4
81 07/01/06 TranspCom#3	63 07/01/06 TranspCom#3	118 07/01/06 TranspCom#4
11 07/01/06 TranspCom#3	137 07/01/06 TranspCom#3	48 07/01/06 TranspCom#4
85 07/01/06 TranspCom#3	67 07/01/06 TranspCom#3	122 07/01/06 TranspCom#4
15 07/01/06 TranspCom#3	141 07/01/06 TranspCom#3	52 07/01/06 TranspCom#4
89 07/01/06 TranspCom#3	71 07/01/06 TranspCom#3	126 07/01/06 TranspCom#4
19 07/01/06 TranspCom#3	74 07/01/06 TranspCom#4	56 07/01/06 TranspCom#4
93 07/01/06 TranspCom#3	4 07/01/06 TranspCom#4	130 07/01/06 TranspCom#4
23 07/01/06 TranspCom#3	78 07/01/06 TranspCom#4	60 07/01/06 TranspCom#4
97 07/01/06 TranspCom#3	8 07/01/06 TranspCom#4	134 07/01/06 TranspCom#4
27 07/01/06 TranspCom#3	82 07/01/06 TranspCom#4	64 07/01/06 TranspCom#4
101 07/01/06 TranspCom#3	12 07/01/06 TranspCom#4	138 07/01/06 TranspCom#4
31 07/01/06 TranspCom#3	86 07/01/06 TranspCom#4	68 07/01/06 TranspCom#4
105 07/01/06 TranspCom#3	16 07/01/06 TranspCom#4	142 07/01/06 TranspCom#4
35 07/01/06 TranspCom#3	90 07/01/06 TranspCom#4	72 07/01/06 TranspCom#4
109 07/01/06 TranspCom#3	20 07/01/06 TranspCom#4	#

Temos, assim, após a execução do programa, as rotações das aeronaves e, consequentemente, seus horários de vôos, para o período de recuperação, as quais são exibidas pela Tabela 0.9. Em outras palavras, dados os arquivos iniciais e as perturbações nos vôos mostradas na Tabela 0.8 (no exemplo aqui utilizado, o mais simples fornecido, não há perturbações nos aeroportos, *alt_airports.csv*, e nas aeronaves, *alt_aircraft.csv*), construiu-se o plano provisório para retornar às operações normais após o fim do período de recuperação.

É importante ressaltar que esse é um exemplo bastante simples e, portanto, de fácil compreensão.

Tabela 0.8 - Dados das perturbações nos vôos, contidos no arquivo *alt_flights.csv*.

145 07/01/06 9	2970 07/01/06 39	4393 07/01/06 49
146 07/01/06 14	2975 07/01/06 39	4400 07/01/06 43
152 07/01/06 6	2976 07/01/06 45	4502 07/01/06 105
1378 07/01/06 6	2977 07/01/06 35	4524 07/01/06 22
2518 07/01/06 38	2981 07/01/06 35	4584 07/01/06 28
2521 07/01/06 19	2982 07/01/06 48	4599 07/01/06 120
2522 07/01/06 24	2983 07/01/06 18	4600 07/01/06 75
2526 07/01/06 27	2984 07/01/06 42	4617 07/01/06 34
2581 07/01/06 43	3074 07/01/06 29	4618 07/01/06 33
2593 07/01/06 20	3075 07/01/06 75	4657 07/01/06 43
2597 07/01/06 4	3111 07/01/06 5	4723 07/01/06 25
2598 07/01/06 11	3118 07/01/06 32	4726 07/01/06 18
2605 07/01/06 18	3119 07/01/06 30	4784 07/01/06 120
2606 07/01/06 18	3124 07/01/06 27	4837 07/01/06 70
2647 07/01/06 75	4167 07/01/06 15	4838 07/01/06 61
2657 07/01/06 19	4200 07/01/06 27	5124 07/01/06 38
2661 07/01/06 90	4225 07/01/06 43	5125 07/01/06 30
2662 07/01/06 84	4228 07/01/06 44	#
2868 07/01/06 19	4229 07/01/06 17	
2877 07/01/06 17	4296 07/01/06 4	
2883 07/01/06 8	4344 07/01/06 18	
2888 07/01/06 27	4375 07/01/06 34	
2969 07/01/06 43	4376 07/01/06 24	

Tabela 0.9 - Solução para as rotações no Plano Provisório.

4296 CFE ORY 05:44 06:39 O 07/01/06 A318#1	3064 NCE ORY 06:05 07:30 O 07/01/06 A318#4
4295 ORY CFE 08:10 09:05 O 07/01/06 A318#1	3069 ORY NCE 08:00 09:20 O 07/01/06 A318#4
4298 CFE ORY 09:50 10:45 O 07/01/06 A318#1	3074 NCE ORY 10:34 11:59 O 07/01/06 A318#4
4229 ORY BES 11:32 12:42 O 07/01/06 A318#1	3077 ORY NCE 12:29 13:49 O 07/01/06 A318#4
4232 BES ORY 13:12 14:27 O 07/01/06 A318#1	3082 NCE ORY 14:19 15:44 O 07/01/06 A318#4
4301 ORY CFE 16:55 17:50 O 07/01/06 A318#1	3085 ORY NCE 16:14 17:34 O 07/01/06 A318#4
4618 ETZ ORY 07:33 08:43 O 07/01/06 A318#2	3092 NCE ORY 18:05 19:30 O 07/01/06 A318#4
4617 ORY ETZ 09:14 10:14 O 07/01/06 A318#2	3095 ORY NCE 20:00 21:20 O 07/01/06 A318#4
4619 ETZ MRS 14:30 16:10 O 07/01/06 A318#2	3065 ORY NCE 07:00 08:20 O 07/01/06 A318#5
4620 MRS ETZ 18:50 20:30 O 07/01/06 A318#2	3070 NCE ORY 09:05 10:30 O 07/01/06 A318#5
2624 NTE MRS 07:05 08:25 O 07/01/06 A318#3	3075 ORY NCE 12:15 13:35 O 07/01/06 A318#5
2623 MRS NTE 09:00 10:25 O 07/01/06 A318#3	3080 NCE ORY 14:05 15:30 O 07/01/06 A318#5
2630 NTE MRS 11:00 12:20 O 07/01/06 A318#3	3083 ORY NCE 16:00 17:20 O 07/01/06 A318#5
2629 MRS NTE 12:55 14:20 O 07/01/06 A318#3	3090 NCE ORY 17:50 19:15 O 07/01/06 A318#5

3093 ORY NCE 19:45 21:05 0 07/01/06 A318#5
2593 LIG LYS 05:55 06:55 0 07/01/06 A318#6
4504 LYS CDG 10:00 11:10 0 07/01/06 A318#6
4507 CDG LYS 12:15 13:25 0 07/01/06 A318#6
4508 LYS CDG 16:00 17:10 0 07/01/06 A318#6
4511 CDG LYS 17:55 19:05 0 07/01/06 A318#6
4512 LYS LIG 19:55 20:55 0 07/01/06 A318#6
4498 BIQ CDG 06:15 07:45 0 07/01/06 A318#7
4515 CDG LYS 08:35 09:45 0 07/01/06 A318#7
4506 LYS CDG 12:40 13:50 0 07/01/06 A318#7
4519 CDG CFE 14:25 15:25 0 07/01/06 A318#7
4520 CFE CDG 16:05 17:10 0 07/01/06 A318#7
4499 CDG BIQ 20:25 21:50 0 07/01/06 A318#7
3103 ORY NCE 06:00 07:20 0 07/01/06 A318#8
3068 NCE ORY 08:05 09:30 0 07/01/06 A318#8
3073 ORY NCE 10:00 11:20 0 07/01/06 A318#8
3088 NCE ORY 12:05 13:30 0 07/01/06 A318#8
3081 ORY NCE 14:00 15:20 0 07/01/06 A318#8
3102 NCE ORY 16:05 17:30 0 07/01/06 A318#8
5168 ORY BOD 18:00 19:05 0 07/01/06 A318#8
5172 BOD ORY 19:35 20:45 0 07/01/06 A318#8
4600 BES CDG 06:40 08:00 0 07/01/06 A319#1
4599 CDG BES 11:30 12:45 0 07/01/06 A319#1
4602 BES CDG 13:20 14:40 0 07/01/06 A319#1
4601 CDG BES 15:15 16:30 0 07/01/06 A319#1
4596 BES CDG 17:05 18:25 0 07/01/06 A319#1
4595 CDG BES 20:00 21:15 0 07/01/06 A319#1
4314 PUF ORY 05:40 07:00 0 07/01/06 A319#2
4315 ORY PUF 08:00 09:15 0 07/01/06 A319#2
4320 PUF ORY 10:10 11:30 0 07/01/06 A319#2
4317 ORY PUF 12:05 13:20 0 07/01/06 A319#2
4322 PUF ORY 14:10 15:30 0 07/01/06 A319#2
4319 ORY PUF 16:20 17:35 0 07/01/06 A319#2
4324 PUF ORY 18:30 19:50 0 07/01/06 A319#2
4321 ORY PUF 20:25 21:40 0 07/01/06 A319#2
4404 MPL ORY 05:40 07:05 0 07/01/06 A319#3
4405 ORY MPL 07:45 09:00 0 07/01/06 A319#3
4408 MPL ORY 09:50 11:10 0 07/01/06 A319#3
4411 ORY MPL 12:15 13:30 0 07/01/06 A319#3
4412 MPL ORY 14:20 15:40 0 07/01/06 A319#3
4415 ORY MPL 16:15 17:30 0 07/01/06 A319#3
4416 MPL ORY 18:20 19:40 0 07/01/06 A319#3
4421 ORY MPL 20:15 21:30 0 07/01/06 A319#3
4643 CDG TLS 06:15 07:40 0 07/01/06 A319#4
2972 TLS ORY 09:10 10:30 0 07/01/06 A319#4

4431 ORY AJA 11:40 13:20 0 07/01/06 A319#4
4432 AJA ORY 14:35 16:15 0 07/01/06 A319#4
4437 ORY AJA 17:00 18:40 0 07/01/06 A319#4
4434 AJA ORY 19:30 21:10 0 07/01/06 A319#4
4375 ORY TLN 06:59 08:24 0 07/01/06 A319#5
4376 TLN ORY 08:59 10:29 0 07/01/06 A319#5
3111 ORY NCE 11:35 12:55 0 07/01/06 A319#5
3112 NCE ORY 13:35 15:00 0 07/01/06 A319#5
4365 ORY TLN 15:35 16:55 0 07/01/06 A319#5
4368 TLN ORY 17:35 19:00 0 07/01/06 A319#5
4364 TLN ORY 05:45 07:10 0 07/01/06 A319#6
4363 ORY TLN 07:55 09:15 0 07/01/06 A319#6
4366 TLN ORY 10:05 11:30 0 07/01/06 A319#6
4369 ORY TLN 12:30 13:50 0 07/01/06 A319#6
4370 TLN ORY 14:40 16:05 0 07/01/06 A319#6
4371 ORY TLN 17:55 19:15 0 07/01/06 A319#6
4385 ORY PGF 07:25 08:45 0 07/01/06 A319#7
4386 PGF ORY 09:35 11:00 0 07/01/06 A319#7
4387 ORY PGF 12:00 13:20 0 07/01/06 A319#7
4388 PGF ORY 14:05 15:30 0 07/01/06 A319#7
4459 ORY BIA 17:10 18:45 0 07/01/06 A319#7
4454 BIA ORY 19:35 21:10 0 07/01/06 A319#7
4164 SXB ORY 07:00 08:00 0 07/01/06 A319#8
2883 ORY MRS 11:43 12:58 0 07/01/06 A319#8
2892 MRS ORY 13:33 14:53 0 07/01/06 A319#8
2895 ORY MRS 15:35 16:50 0 07/01/06 A319#8
2908 MRS ORY 17:30 18:50 0 07/01/06 A319#8
4189 ORY SXB 19:25 20:25 0 07/01/06 A319#8
4483 CDG BOD 06:30 07:50 0 07/01/06 A319#9
4488 BOD CDG 09:20 10:45 0 07/01/06 A319#9
4487 CDG BOD 12:25 13:45 0 07/01/06 A319#9
4492 BOD CDG 15:30 16:55 0 07/01/06 A319#9
4489 CDG BOD 17:45 19:05 0 07/01/06 A319#9
4656 TLS CDG 06:05 07:35 0 07/01/06 A319#10
4645 CDG TLS 09:30 10:55 0 07/01/06 A319#10
4648 TLS CDG 11:55 13:25 0 07/01/06 A319#10
4649 CDG TLS 15:00 16:25 0 07/01/06 A319#10
4652 TLS CDG 17:15 18:45 0 07/01/06 A319#10
4655 CDG TLS 19:25 20:50 0 07/01/06 A319#10
3107 ORY NCE 06:30 07:50 0 07/01/06 A319#11
3108 NCE ORY 08:35 10:00 0 07/01/06 A319#11
3097 ORY NCE 10:35 11:55 0 07/01/06 A319#11
3086 NCE ORY 12:35 14:00 0 07/01/06 A319#11
3127 ORY BOD 15:10 16:15 0 07/01/06 A319#11
3134 BOD ORY 17:05 18:15 0 07/01/06 A319#11

4165 ORY SXB 08:00 09:00 0 07/01/06 A319#12
4170 SXB ORY 10:10 11:10 0 07/01/06 A319#12
4171 ORY SXB 14:25 15:25 0 07/01/06 A319#12
4180 SXB ORY 17:00 18:00 0 07/01/06 A319#12
4673 LIL LYS 05:45 07:00 0 07/01/06 A319#13
4676 LYS LIL 07:40 08:55 0 07/01/06 A319#13
4791 LIL NCE 09:50 11:35 0 07/01/06 A319#13
4768 NCE BOD 13:05 14:30 0 07/01/06 A319#13
4763 BOD NCE 15:05 16:20 0 07/01/06 A319#13
2663 NCE FSC 17:30 18:25 0 07/01/06 A319#13
5171 FSC BES 19:50 22:00 0 07/01/06 A319#13
3117 ORY BOD 07:15 08:20 0 07/01/06 A319#14
3144 BOD ORY 09:10 10:20 0 07/01/06 A319#14
2869 ORY MRS 12:10 13:25 0 07/01/06 A319#14
2878 MRS ORY 14:55 16:05 0 07/01/06 A319#14
3135 ORY BOD 17:10 18:15 0 07/01/06 A319#14
4544 MPL CDG 05:55 07:25 0 07/01/06 A319#15
4547 CDG MPL 19:50 21:15 0 07/01/06 A319#15
4684 MRS LYS 05:35 06:35 0 07/01/06 A319#16
4685 LYS MRS 07:30 08:30 0 07/01/06 A319#16
4526 MRS CDG 09:50 11:20 0 07/01/06 A319#16
4533 CDG MRS 20:20 21:45 0 07/01/06 A319#16
4523 CDG MRS 06:15 07:40 0 07/01/06 A319#17
4524 MRS CDG 09:27 10:57 0 07/01/06 A319#17
4527 CDG MRS 11:35 13:00 0 07/01/06 A319#17
4530 MRS CDG 15:20 16:50 0 07/01/06 A319#17
4531 CDG MRS 17:35 19:00 0 07/01/06 A319#17
4534 MRS CDG 19:45 21:15 0 07/01/06 A319#17
4514 LYS CDG 06:25 07:35 0 07/01/06 A319#18
4503 CDG LYS 08:30 09:40 0 07/01/06 A319#18
4516 LYS CDG 10:55 12:05 0 07/01/06 A319#18
4509 CDG LYS 13:10 14:20 0 07/01/06 A319#18
4510 LYS CDG 16:15 17:25 0 07/01/06 A319#18
4513 CDG LYS 20:30 21:40 0 07/01/06 A319#18
4224 BES ORY 05:35 06:50 0 07/01/06 A320#1
4225 ORY BES 08:53 10:03 0 07/01/06 A320#1
4228 BES ORY 10:49 12:04 0 07/01/06 A320#1
4239 ORY BES 14:40 15:50 0 07/01/06 A320#1
4238 BES ORY 16:35 17:50 0 07/01/06 A320#1
4237 ORY BES 20:20 21:30 0 07/01/06 A320#1
1364 AJA ORY 05:55 07:35 0 07/01/06 A320#2
1363 ORY AJA 08:25 10:05 0 07/01/06 A320#2
4435 AJA ORY 14:40 16:20 0 07/01/06 A320#2
4436 ORY AJA 17:10 18:50 0 07/01/06 A320#2
1374 BIA ORY 05:55 07:30 0 07/01/06 A320#3

1379 ORY BIA 08:30 10:05 0 07/01/06 A320#3
1378 BIA ORY 11:06 12:41 0 07/01/06 A320#3
1375 ORY BIA 13:25 15:00 0 07/01/06 A320#3
1380 BIA ORY 15:50 17:25 0 07/01/06 A320#3
1377 ORY BIA 19:00 20:35 0 07/01/06 A320#3
152 MLH CDG 06:11 07:26 0 07/01/06 A320#4
145 CDG MLH 08:14 09:24 0 07/01/06 A320#4
146 MLH CDG 10:09 11:24 0 07/01/06 A320#4
147 CDG MLH 12:04 13:14 0 07/01/06 A320#4
148 MLH CDG 13:54 15:09 0 07/01/06 A320#4
149 CDG MLH 15:49 16:59 0 07/01/06 A320#4
150 MLH CDG 17:39 18:54 0 07/01/06 A320#4
151 CDG MLH 19:55 21:05 0 07/01/06 A320#4
4623 ORY SXB 06:35 07:35 0 07/01/06 A320#5
4626 SXB CDG 09:35 10:45 0 07/01/06 A320#5
4625 CDG SXB 11:40 12:50 0 07/01/06 A320#5
4634 SXB CDG 14:10 15:20 0 07/01/06 A320#5
4629 CDG SXB 16:30 17:40 0 07/01/06 A320#5
4630 SXB CDG 18:25 19:35 0 07/01/06 A320#5
4647 CDG TLS 20:30 21:55 0 07/01/06 A320#5
4584 NTE CDG 06:03 07:08 0 07/01/06 A320#6
4583 CDG NTE 08:05 09:10 0 07/01/06 A320#6
4588 NTE CDG 10:00 11:05 0 07/01/06 A320#6
4587 CDG NTE 11:45 12:50 0 07/01/06 A320#6
4590 NTE CDG 13:35 14:40 0 07/01/06 A320#6
4593 CDG NTE 16:15 17:20 0 07/01/06 A320#6
4594 NTE CDG 18:05 19:10 0 07/01/06 A320#6
4591 CDG NTE 20:00 21:05 0 07/01/06 A320#6
2966 TLS ORY 05:40 07:00 0 07/01/06 A320#7
2973 ORY TLS 07:50 09:00 0 07/01/06 A320#7
2980 TLS ORY 09:40 11:00 0 07/01/06 A320#7
2983 ORY TLS 12:08 13:18 0 07/01/06 A320#7
2988 TLS ORY 13:58 15:18 0 07/01/06 A320#7
2995 ORY TLS 15:58 17:08 0 07/01/06 A320#7
3004 TLS ORY 17:48 19:08 0 07/01/06 A320#7
3011 ORY TLS 19:50 21:00 0 07/01/06 A320#7
2965 ORY TLS 05:50 07:00 0 07/01/06 A320#8
2974 TLS ORY 07:40 09:00 0 07/01/06 A320#8
2977 ORY TLS 10:25 11:35 0 07/01/06 A320#8
2984 TLS ORY 12:22 13:42 0 07/01/06 A320#8
2989 ORY TLS 14:22 15:32 0 07/01/06 A320#8
2996 TLS ORY 16:12 17:32 0 07/01/06 A320#8
3003 ORY TLS 18:12 19:22 0 07/01/06 A320#8
5169 TLS CDG 20:02 21:32 0 07/01/06 A320#8
5173 CDG TLS 22:12 23:37 0 07/01/06 A320#8

2969 ORY TLS 07:33 08:43 0 07/01/06 A320#9
2976 TLS ORY 09:25 10:45 0 07/01/06 A320#9
2981 ORY TLS 11:25 12:35 0 07/01/06 A320#9
2986 TLS ORY 13:15 14:35 0 07/01/06 A320#9
2991 ORY TLS 15:15 16:25 0 07/01/06 A320#9
3000 TLS ORY 17:05 18:25 0 07/01/06 A320#9
3007 ORY TLS 19:05 20:15 0 07/01/06 A320#9
2970 TLS ORY 07:19 08:39 0 07/01/06 A320#10
2975 ORY TLS 09:29 10:39 0 07/01/06 A320#10
2982 TLS ORY 11:28 12:48 0 07/01/06 A320#10
2985 ORY TLS 13:28 14:38 0 07/01/06 A320#10
2992 TLS ORY 15:18 16:38 0 07/01/06 A320#10
2999 ORY TLS 17:18 18:28 0 07/01/06 A320#10
3008 TLS ORY 19:08 20:28 0 07/01/06 A320#10
2978 TLS ORY 08:10 09:30 0 07/01/06 A320#11
4345 ORY BIQ 10:45 12:00 0 07/01/06 A320#11
4348 BIQ ORY 12:50 14:10 0 07/01/06 A320#11
4351 ORY BIQ 15:55 17:10 0 07/01/06 A320#11
4354 BIQ ORY 18:00 19:20 0 07/01/06 A320#11
4342 ORY BIQ 20:05 21:20 0 07/01/06 A320#11
2872 MRS ORY 06:30 07:50 0 07/01/06 A320#12
2879 ORY MRS 08:35 09:50 0 07/01/06 A320#12
2886 MRS ORY 10:30 11:50 0 07/01/06 A320#12
2919 ORY MRS 12:35 13:50 0 07/01/06 A320#12
2896 MRS ORY 14:30 15:50 0 07/01/06 A320#12
2899 ORY MRS 16:35 17:50 0 07/01/06 A320#12
2912 MRS ORY 18:30 19:50 0 07/01/06 A320#12
4168 SXB ORY 08:10 09:10 0 07/01/06 A320#13
4167 ORY SXB 10:40 11:40 0 07/01/06 A320#13
4174 SXB ORY 13:35 14:35 0 07/01/06 A320#13
4389 ORY PGF 15:35 17:00 0 07/01/06 A320#13
4390 PGF ORY 17:50 19:15 0 07/01/06 A320#13
4169 ORY SXB 20:00 21:00 0 07/01/06 A320#13
4475 ORY CLY 08:10 09:45 0 07/01/06 A320#14
4476 CLY ORY 10:45 12:15 0 07/01/06 A320#14
3091 ORY NCE 13:00 14:20 0 07/01/06 A320#14
3084 NCE ORY 15:05 16:30 0 07/01/06 A320#14
3099 ORY NCE 17:10 18:30 0 07/01/06 A320#14
3094 NCE CFE 19:25 20:25 0 07/01/06 A320#14
4194 MLH ORY 05:30 06:40 0 07/01/06 A320#15
4195 ORY MLH 08:15 09:15 0 07/01/06 A320#15
4200 MLH ORY 10:32 11:42 0 07/01/06 A320#15
4197 ORY MLH 12:22 13:22 0 07/01/06 A320#15
4202 MLH ORY 14:02 15:12 0 07/01/06 A320#15
4203 ORY MLH 18:45 19:45 0 07/01/06 A320#15

4486 BOD CDG 07:25 08:50 0 07/01/06 A320#16
4485 CDG BOD 09:55 11:15 0 07/01/06 A320#16
4490 BOD CDG 12:35 14:00 0 07/01/06 A320#16
4549 CDG MPL 17:45 19:10 0 07/01/06 A320#16
4548 MPL CDG 20:00 21:30 0 07/01/06 A320#16
2868 MRS ORY 07:49 09:09 0 07/01/06 A320#17
2877 ORY MRS 09:52 11:07 0 07/01/06 A320#17
2888 MRS ORY 11:57 13:17 0 07/01/06 A320#17
2889 ORY MRS 13:57 15:12 0 07/01/06 A320#17
2900 MRS ORY 15:52 17:12 0 07/01/06 A320#17
2903 ORY MRS 17:52 19:07 0 07/01/06 A320#17
3122 BOD ORY 08:00 09:10 0 07/01/06 A320#18
3121 ORY BOD 10:10 11:15 0 07/01/06 A320#18
4668 BOD LYS 12:45 13:55 0 07/01/06 A320#18
4669 LYS BOD 14:55 16:00 0 07/01/06 A320#18
4664 BOD LYS 16:55 18:05 0 07/01/06 A320#18
4665 LYS BOD 19:00 20:05 0 07/01/06 A320#18
2968 TLS ORY 06:10 07:30 0 07/01/06 A320#19
4269 ORY LYS 09:30 10:35 0 07/01/06 A320#19
4270 LYS ORY 11:20 12:25 0 07/01/06 A320#19
4271 ORY LYS 13:40 14:45 0 07/01/06 A320#19
4276 LYS ORY 16:10 17:15 0 07/01/06 A320#19
2967 ORY TLS 18:25 19:45 0 07/01/06 A320#19
4723 NTE LYS 06:10 07:25 0 07/01/06 A320#20
4726 LYS NTE 08:13 09:28 0 07/01/06 A320#20
4725 NTE LYS 10:10 11:25 0 07/01/06 A320#20
4705 LYS TLS 15:00 16:05 0 07/01/06 A320#20
4706 TLS LYS 16:55 17:55 0 07/01/06 A320#20
4730 LYS NTE 18:45 20:00 0 07/01/06 A320#20
4536 MRS CDG 06:35 08:05 0 07/01/06 A320#21
4525 CDG MRS 09:30 10:55 0 07/01/06 A320#21
4528 MRS CDG 12:05 13:35 0 07/01/06 A320#21
4529 CDG MRS 14:35 16:00 0 07/01/06 A320#21
2870 MRS ORY 17:00 18:20 0 07/01/06 A320#21
2867 ORY MRS 19:10 20:25 0 07/01/06 A320#21
4576 NCE CDG 05:40 07:15 0 07/01/06 A320#22
4551 CDG MPL 08:10 09:35 0 07/01/06 A320#22
4552 MPL CDG 10:30 12:00 0 07/01/06 A320#22
4577 CDG NCE 12:50 13:25 0 07/01/06 A320#22
4578 NCE CDG 15:35 17:10 0 07/01/06 A320#22
4575 CDG NCE 18:30 20:05 0 07/01/06 A320#22
2866 MRS ORY 05:30 06:50 0 07/01/06 A320#23
2873 ORY MRS 07:35 08:50 0 07/01/06 A320#23
2874 MRS ORY 14:00 15:20 0 07/01/06 A320#23
2907 ORY MRS 18:35 19:50 0 07/01/06 A320#23

4574 NCE CDG 06:25 08:00 0 07/01/06 A320#24
4565 CDG NCE 09:35 11:10 0 07/01/06 A320#24
4566 NCE CDG 12:00 13:35 0 07/01/06 A320#24
4569 CDG NCE 14:40 16:15 0 07/01/06 A320#24
3106 NCE ORY 17:05 18:30 0 07/01/06 A320#24
3071 ORY MRS 19:20 20:35 0 07/01/06 A320#24
4704 TLS LYS 05:50 06:50 0 07/01/06 A321#1
4703 LYS TLS 07:45 08:50 0 07/01/06 A321#1
4658 TLS CDG 09:35 11:05 0 07/01/06 A321#1
4657 CDG TLS 12:38 14:03 0 07/01/06 A321#1
4650 TLS CDG 15:00 16:30 0 07/01/06 A321#1
4651 CDG TLS 17:25 18:50 0 07/01/06 A321#1
4654 TLS CDG 19:45 21:15 0 07/01/06 A321#1
4264 LYS ORY 05:50 06:55 0 07/01/06 A321#2
4265 ORY LYS 07:40 08:45 0 07/01/06 A321#2
4268 LYS ORY 09:30 10:35 0 07/01/06 A321#2
4273 ORY LYS 11:20 12:25 0 07/01/06 A321#2
4272 LYS ORY 13:10 14:15 0 07/01/06 A321#2
4279 ORY LYS 15:00 16:05 0 07/01/06 A321#2
4274 LYS ORY 16:50 17:55 0 07/01/06 A321#2
4275 ORY LYS 18:40 19:45 0 07/01/06 A321#2
3118 BOD ORY 06:42 07:52 0 07/01/06 A321#3
3119 ORY BOD 08:40 09:45 0 07/01/06 A321#3
3124 BOD ORY 10:32 11:42 0 07/01/06 A321#3
3123 ORY BOD 12:27 13:32 0 07/01/06 A321#3
3128 BOD ORY 14:17 15:27 0 07/01/06 A321#3
3131 ORY BOD 17:25 18:30 0 07/01/06 A321#3
3138 BOD ORY 19:25 20:35 0 07/01/06 A321#3
4563 CDG NCE 06:20 07:55 0 07/01/06 A321#4
4564 NCE CDG 09:05 10:40 0 07/01/06 A321#4
4567 CDG NCE 11:35 13:10 0 07/01/06 A321#4
4568 NCE CDG 13:55 15:30 0 07/01/06 A321#4
4571 CDG NCE 17:25 19:00 0 07/01/06 A321#4
4572 NCE ORY 19:50 21:15 0 07/01/06 A321#4
4406 MPL ORY 08:05 09:25 0 07/01/06 A321#5
4409 ORY MPL 10:15 11:30 0 07/01/06 A321#5
4410 MPL ORY 12:20 13:40 0 07/01/06 A321#5
4413 ORY MPL 14:25 15:40 0 07/01/06 A321#5
4414 MPL ORY 16:25 17:45 0 07/01/06 A321#5
4407 ORY MPL 18:30 19:35 0 07/01/06 A321#5
2543 RDZ ORY 05:40 06:50 0 07/01/06 BAE200#1
2544 ORY RDZ 07:25 08:30 0 07/01/06 BAE200#1
2610 RNS NCE 07:00 08:35 0 07/01/06 BAE200#2
2661 NCE BES 10:40 12:35 0 07/01/06 BAE200#2
2662 BES NCE 13:09 14:59 0 07/01/06 BAE200#2

2609 NCE RNS 15:29 17:09 0 07/01/06 BAE200#2
2793 LRT ORY 06:00 07:10 0 07/01/06 BAE200#3
2794 ORY LRT 07:55 09:00 0 07/01/06 BAE200#3
2795 LRT ORY 09:45 10:50 0 07/01/06 BAE200#3
2796 ORY LRT 12:10 13:15 0 07/01/06 BAE200#3
2797 LRT ORY 14:00 15:05 0 07/01/06 BAE200#3
2525 ORY UIP 16:35 17:40 0 07/01/06 BAE200#3
2573 LIG ORY 05:30 06:35 0 07/01/06 BAE300#1
2574 ORY LIG 08:00 09:00 0 07/01/06 BAE300#1
2581 LIG CDG 10:48 12:03 0 07/01/06 BAE300#1
2582 CDG LIG 12:33 13:48 0 07/01/06 BAE300#1
2524 UIP ORY 05:45 06:55 0 07/01/06 BAE300#2
2523 ORY UIP 07:45 08:50 0 07/01/06 BAE300#2
2526 UIP ORY 10:12 11:22 0 07/01/06 BAE300#2
2798 ORY LRT 13:00 14:05 0 07/01/06 BAE300#2
2673 SXB LGW 05:55 07:20 0 07/01/06 BAE300#3
2674 LGW SXB 07:55 09:25 0 07/01/06 BAE300#3
4624 SXB CDG 10:30 11:40 0 07/01/06 BAE300#3
4627 CDG SXB 13:10 14:20 0 07/01/06 BAE300#3
4628 SXB CDG 15:15 16:25 0 07/01/06 BAE300#3
4631 CDG SXB 17:45 18:50 0 07/01/06 BAE300#3
4344 BIQ ORY 06:08 07:28 0 07/01/06 CRJ100#1
4343 ORY BIQ 07:55 09:10 0 07/01/06 CRJ100#1
4502 BIQ CDG 11:35 13:05 0 07/01/06 CRJ100#1
4501 CDG BIQ 13:30 14:55 0 07/01/06 CRJ100#1
4352 BIQ ORY 16:20 17:40 0 07/01/06 CRJ100#1
4347 ORY BIQ 18:20 19:35 0 07/01/06 CRJ100#1
4358 BIQ ORY 20:25 21:45 0 07/01/06 CRJ100#1
4400 FSC ORY 08:13 09:58 0 07/01/06 CRJ100#2
4393 ORY FSC 10:29 12:14 0 07/01/06 CRJ100#2
4394 FSC ORY 12:39 14:24 0 07/01/06 CRJ100#2
5167 ORY AVN 14:49 16:04 0 07/01/06 CRJ100#2
5174 AVN ORY 16:29 17:44 0 07/01/06 CRJ100#2
2605 RNS TLS 06:58 08:03 0 07/01/06 CRJ100#3
2606 TLS RNS 08:28 09:38 0 07/01/06 CRJ100#3
2521 RNS MPL 10:09 11:24 0 07/01/06 CRJ100#3
2522 MPL RNS 11:59 13:19 0 07/01/06 CRJ100#3
4213 RNS ORY 14:00 15:05 0 07/01/06 CRJ100#3
4214 ORY RNS 16:15 17:15 0 07/01/06 CRJ100#3
5163 BOD AMS 05:50 07:40 0 07/01/06 CRJ100#4
5164 AMS BOD 08:55 10:45 0 07/01/06 CRJ100#4
5165 BOD AMS 11:25 13:15 0 07/01/06 CRJ100#4
5093 AMS CFE 14:00 15:30 0 07/01/06 CRJ100#4
5094 CFE AMS 16:40 18:15 0 07/01/06 CRJ100#4
5166 AMS BOD 19:00 20:50 0 07/01/06 CRJ100#4

5123 TLS AMS 05:05 07:20 0 07/01/06 CRJ700#1
5124 AMS TLS 09:03 10:58 0 07/01/06 CRJ700#1
5125 TLS AMS 11:30 13:40 0 07/01/06 CRJ700#1
5126 AMS TLS 14:30 16:25 0 07/01/06 CRJ700#1
5127 TLS AMS 17:05 19:15 0 07/01/06 CRJ700#1
5128 AMS TLS 20:05 22:00 0 07/01/06 CRJ700#1
2613 RNS LYS 05:30 06:45 0 07/01/06 CRJ700#2
2614 LYS RNS 07:45 09:05 0 07/01/06 CRJ700#2
2619 RNS LYS 12:35 13:50 0 07/01/06 CRJ700#2
2620 LYS RNS 14:45 16:05 0 07/01/06 CRJ700#2
4764 NCE BOD 05:45 07:10 0 07/01/06 CRJ700#3
4765 BOD NCE 07:45 09:00 0 07/01/06 CRJ700#3
3076 NCE ORY 11:35 13:00 0 07/01/06 CRJ700#3
3063 ORY NCE 14:00 15:25 0 07/01/06 CRJ700#3
2653 BES LYS 05:25 06:55 0 07/01/06 ERJ135#1
2654 LYS BES 07:40 09:15 0 07/01/06 ERJ135#1
2657 BES MRS 10:24 12:04 0 07/01/06 ERJ135#1
2658 MRS BES 12:29 14:09 0 07/01/06 ERJ135#1
2597 LEH URO 05:04 05:24 0 07/01/06 ERJ135#2
2598 URO LYS 05:51 07:11 2597 07/01/06 ERJ135#2
2599 LYS LEH 07:40 09:10 0 07/01/06 ERJ135#2
2600 LEH URO 09:30 09:50 2599 07/01/06 ERJ135#2
2601 URO LEH 15:00 15:20 0 07/01/06 ERJ135#2
2602 LEH LYS 15:40 17:10 2601 07/01/06 ERJ135#2
2603 LYS URO 17:50 19:10 0 07/01/06 ERJ135#2
2604 URO LEH 19:30 19:50 2603 07/01/06 ERJ135#2
4334 AVN ORY 05:30 06:45 0 07/01/06 ERJ145#1
4333 ORY AVN 08:15 09:30 0 07/01/06 ERJ145#1
4336 AVN ORY 10:05 11:20 0 07/01/06 ERJ145#1
4337 ORY AVN 12:20 13:35 0 07/01/06 ERJ145#1
4360 LDE ORY 06:30 07:55 0 07/01/06 ERJ145#2
4359 ORY LDE 08:45 10:05 0 07/01/06 ERJ145#2
4350 LDE ORY 10:45 12:10 0 07/01/06 ERJ145#2
4349 ORY LDE 12:55 14:15 0 07/01/06 ERJ145#2
4522 CFE CDG 05:35 06:40 0 07/01/06 ERJ145#3
4517 CDG CFE 07:15 08:15 0 07/01/06 ERJ145#3
4518 CFE CDG 08:55 10:00 0 07/01/06 ERJ145#3
2584 CDG RNS 12:30 13:35 0 07/01/06 ERJ145#3
2585 RNS CDG 14:55 15:55 0 07/01/06 ERJ145#3
4641 CDG PUF 17:20 18:50 0 07/01/06 ERJ145#3
4642 PUF CDG 19:30 21:00 0 07/01/06 ERJ145#3
2587 CFR LYS 05:25 06:35 0 07/01/06 ERJ145#4
2588 LYS CFR 07:40 08:55 0 07/01/06 ERJ145#4
2595 CFR LYS 12:30 13:40 0 07/01/06 ERJ145#4
2596 LYS CFR 15:00 16:15 0 07/01/06 ERJ145#4

4694 NCE LYS 05:40 06:35 0 07/01/06 ERJ145#5
4693 LYS NCE 07:50 08:50 0 07/01/06 ERJ145#5
4696 NCE LYS 09:50 10:45 0 07/01/06 ERJ145#5
4699 LYS NCE 11:25 12:25 0 07/01/06 ERJ145#5
4700 NCE LYS 13:05 14:00 0 07/01/06 ERJ145#5
4695 LYS NCE 15:00 16:00 0 07/01/06 ERJ145#5
2534 BES NTE 06:00 06:45 0 07/01/06 F100#1
2634 NTE SXB 07:15 08:35 0 07/01/06 F100#1
2633 SXB NTE 09:05 10:25 0 07/01/06 F100#1
2533 NTE BES 10:55 11:35 0 07/01/06 F100#1
2655 BES LYS 12:20 13:50 0 07/01/06 F100#1
2656 LYS BES 14:30 15:55 0 07/01/06 F100#1
2648 SXB LYS 05:50 06:50 0 07/01/06 F100#2
2647 LYS SXB 08:55 09:55 0 07/01/06 F100#2
4837 SXB NCE 10:25 11:45 0 07/01/06 F100#2
4838 NCE SXB 12:16 13:36 0 07/01/06 F100#2
2644 SXB LYS 14:06 15:06 0 07/01/06 F100#2
2643 LYS SXB 15:36 16:36 0 07/01/06 F100#2
2520 NTE TLS 07:25 08:25 0 07/01/06 F100#3
2519 TLS NTE 08:55 09:55 0 07/01/06 F100#3
2518 NTE TLS 11:23 12:23 0 07/01/06 F100#3
2517 TLS NTE 12:53 13:53 0 07/01/06 F100#3
2626 NTE MRS 14:23 15:43 0 07/01/06 F100#3
2625 MRS NTE 16:13 17:38 0 07/01/06 F100#3
3067 ORY NCE 07:30 08:50 0 07/01/06 F100#4
4784 NCE LIL 12:00 13:40 0 07/01/06 F100#4
4679 LIL LYS 14:10 15:25 0 07/01/06 F100#4
4678 LYS LIL 15:55 17:10 0 07/01/06 F100#4
5170 LIL BES 17:40 18:55 0 07/01/06 F100#4
5175 BES LIL 19:25 20:40 0 07/01/06 F100#4
4636 PUF CDG 05:25 06:55 0 07/01/06 F100#5
4639 CDG PUF 07:30 09:00 0 07/01/06 F100#5
4638 PUF CDG 09:45 11:15 0 07/01/06 F100#5
4585 CDG NTE 13:00 14:05 0 07/01/06 F100#5
4586 NTE CDG 15:15 16:20 0 07/01/06 F100#5
4637 CDG PUF 20:10 21:35 0 07/01/06 F100#5
2583 RNS CDG 05:25 06:25 0 07/01/06 F100#6
4543 CDG MPL 10:25 11:50 0 07/01/06 F100#6
4546 MPL CDG 12:40 14:10 0 07/01/06 F100#6
2586 CDG RNS 19:00 19:55 0 07/01/06 F100#6
1 CDG ORY 00:00 00:30 0 07/01/06 TranspCom#1
75 ORY CDG 00:40 01:10 0 07/01/06 TranspCom#1
5 CDG ORY 01:20 01:50 0 07/01/06 TranspCom#1
79 ORY CDG 02:00 02:30 0 07/01/06 TranspCom#1
9 CDG ORY 02:40 03:10 0 07/01/06 TranspCom#1

83 ORY CDG 03:20 03:50 0 07/01/06 TranspCom#1
13 CDG ORY 04:00 04:30 0 07/01/06 TranspCom#1
87 ORY CDG 04:40 05:10 0 07/01/06 TranspCom#1
17 CDG ORY 05:20 05:50 0 07/01/06 TranspCom#1
91 ORY CDG 06:00 06:30 0 07/01/06 TranspCom#1
21 CDG ORY 06:40 07:10 0 07/01/06 TranspCom#1
95 ORY CDG 07:20 07:50 0 07/01/06 TranspCom#1
25 CDG ORY 08:00 08:30 0 07/01/06 TranspCom#1
99 ORY CDG 08:40 09:10 0 07/01/06 TranspCom#1
29 CDG ORY 09:20 09:50 0 07/01/06 TranspCom#1
103 ORY CDG 10:00 10:30 0 07/01/06 TranspCom#1
33 CDG ORY 10:40 11:10 0 07/01/06 TranspCom#1
107 ORY CDG 11:20 11:50 0 07/01/06 TranspCom#1
37 CDG ORY 12:00 12:30 0 07/01/06 TranspCom#1
111 ORY CDG 12:40 13:10 0 07/01/06 TranspCom#1
41 CDG ORY 13:20 13:50 0 07/01/06 TranspCom#1
115 ORY CDG 14:00 14:30 0 07/01/06 TranspCom#1
45 CDG ORY 14:40 15:10 0 07/01/06 TranspCom#1
119 ORY CDG 15:20 15:50 0 07/01/06 TranspCom#1
49 CDG ORY 16:00 16:30 0 07/01/06 TranspCom#1
123 ORY CDG 16:40 17:10 0 07/01/06 TranspCom#1
53 CDG ORY 17:20 17:50 0 07/01/06 TranspCom#1
127 ORY CDG 18:00 18:30 0 07/01/06 TranspCom#1
57 CDG ORY 18:40 19:10 0 07/01/06 TranspCom#1
131 ORY CDG 19:20 19:50 0 07/01/06 TranspCom#1
61 CDG ORY 20:00 20:30 0 07/01/06 TranspCom#1
135 ORY CDG 20:40 21:10 0 07/01/06 TranspCom#1
65 CDG ORY 21:20 21:50 0 07/01/06 TranspCom#1
139 ORY CDG 22:00 22:30 0 07/01/06 TranspCom#1
69 CDG ORY 22:40 23:10 0 07/01/06 TranspCom#1
143 ORY CDG 23:20 23:50 0 07/01/06 TranspCom#1
2 CDG ORY 00:20 00:50 0 07/01/06 TranspCom#2
76 ORY CDG 01:00 01:30 0 07/01/06 TranspCom#2
6 CDG ORY 01:40 02:10 0 07/01/06 TranspCom#2
80 ORY CDG 02:20 02:50 0 07/01/06 TranspCom#2
10 CDG ORY 03:00 03:30 0 07/01/06 TranspCom#2
84 ORY CDG 03:40 04:10 0 07/01/06 TranspCom#2
14 CDG ORY 04:20 04:50 0 07/01/06 TranspCom#2
88 ORY CDG 05:00 05:30 0 07/01/06 TranspCom#2
18 CDG ORY 05:40 06:10 0 07/01/06 TranspCom#2
92 ORY CDG 06:20 06:50 0 07/01/06 TranspCom#2
22 CDG ORY 07:00 07:30 0 07/01/06 TranspCom#2
96 ORY CDG 07:40 08:10 0 07/01/06 TranspCom#2
26 CDG ORY 08:20 08:50 0 07/01/06 TranspCom#2
100 ORY CDG 09:00 09:30 0 07/01/06 TranspCom#2

30 CDG ORY 09:40 10:10 0 07/01/06 TranspCom#2
104 ORY CDG 10:20 10:50 0 07/01/06 TranspCom#2
34 CDG ORY 11:00 11:30 0 07/01/06 TranspCom#2
108 ORY CDG 11:40 12:10 0 07/01/06 TranspCom#2
38 CDG ORY 12:20 12:50 0 07/01/06 TranspCom#2
112 ORY CDG 13:00 13:30 0 07/01/06 TranspCom#2
42 CDG ORY 13:40 14:10 0 07/01/06 TranspCom#2
116 ORY CDG 14:20 14:50 0 07/01/06 TranspCom#2
46 CDG ORY 15:00 15:30 0 07/01/06 TranspCom#2
120 ORY CDG 15:40 16:10 0 07/01/06 TranspCom#2
50 CDG ORY 16:20 16:50 0 07/01/06 TranspCom#2
124 ORY CDG 17:00 17:30 0 07/01/06 TranspCom#2
54 CDG ORY 17:40 18:10 0 07/01/06 TranspCom#2
128 ORY CDG 18:20 18:50 0 07/01/06 TranspCom#2
58 CDG ORY 19:00 19:30 0 07/01/06 TranspCom#2
132 ORY CDG 19:40 20:10 0 07/01/06 TranspCom#2
62 CDG ORY 20:20 20:50 0 07/01/06 TranspCom#2
136 ORY CDG 21:00 21:30 0 07/01/06 TranspCom#2
66 CDG ORY 21:40 22:10 0 07/01/06 TranspCom#2
140 ORY CDG 22:20 22:50 0 07/01/06 TranspCom#2
70 CDG ORY 23:00 23:30 0 07/01/06 TranspCom#2
144 ORY CDG 23:40 00:10+1 0 07/01/06 TranspCom#2
73 ORY CDG 00:00 00:30 0 07/01/06 TranspCom#3
3 CDG ORY 00:40 01:10 0 07/01/06 TranspCom#3
77 ORY CDG 01:20 01:50 0 07/01/06 TranspCom#3
7 CDG ORY 02:00 02:30 0 07/01/06 TranspCom#3
81 ORY CDG 02:40 03:10 0 07/01/06 TranspCom#3
11 CDG ORY 03:20 03:50 0 07/01/06 TranspCom#3
85 ORY CDG 04:00 04:30 0 07/01/06 TranspCom#3
15 CDG ORY 04:40 05:10 0 07/01/06 TranspCom#3
89 ORY CDG 05:20 05:50 0 07/01/06 TranspCom#3
19 CDG ORY 06:00 06:30 0 07/01/06 TranspCom#3
93 ORY CDG 06:40 07:10 0 07/01/06 TranspCom#3
23 CDG ORY 07:20 07:50 0 07/01/06 TranspCom#3
97 ORY CDG 08:00 08:30 0 07/01/06 TranspCom#3
27 CDG ORY 08:40 09:10 0 07/01/06 TranspCom#3
101 ORY CDG 09:20 09:50 0 07/01/06 TranspCom#3
31 CDG ORY 10:00 10:30 0 07/01/06 TranspCom#3
105 ORY CDG 10:40 11:10 0 07/01/06 TranspCom#3
35 CDG ORY 11:20 11:50 0 07/01/06 TranspCom#3
109 ORY CDG 12:00 12:30 0 07/01/06 TranspCom#3
39 CDG ORY 12:40 13:10 0 07/01/06 TranspCom#3
113 ORY CDG 13:20 13:50 0 07/01/06 TranspCom#3
43 CDG ORY 14:00 14:30 0 07/01/06 TranspCom#3

117 ORY CDG 14:40 15:10 0 07/01/06 TranspCom#3
47 CDG ORY 15:20 15:50 0 07/01/06 TranspCom#3
121 ORY CDG 16:00 16:30 0 07/01/06 TranspCom#3
51 CDG ORY 16:40 17:10 0 07/01/06 TranspCom#3
125 ORY CDG 17:20 17:50 0 07/01/06 TranspCom#3
55 CDG ORY 18:00 18:30 0 07/01/06 TranspCom#3
129 ORY CDG 18:40 19:10 0 07/01/06 TranspCom#3
59 CDG ORY 19:20 19:50 0 07/01/06 TranspCom#3
133 ORY CDG 20:00 20:30 0 07/01/06 TranspCom#3
63 CDG ORY 20:40 21:10 0 07/01/06 TranspCom#3
137 ORY CDG 21:20 21:50 0 07/01/06 TranspCom#3
67 CDG ORY 22:00 22:30 0 07/01/06 TranspCom#3
141 ORY CDG 22:40 23:10 0 07/01/06 TranspCom#3
71 CDG ORY 23:20 23:50 0 07/01/06 TranspCom#3
74 ORY CDG 00:20 00:50 0 07/01/06 TranspCom#4
4 CDG ORY 01:00 01:30 0 07/01/06 TranspCom#4
78 ORY CDG 01:40 02:10 0 07/01/06 TranspCom#4
8 CDG ORY 02:20 02:50 0 07/01/06 TranspCom#4
82 ORY CDG 03:00 03:30 0 07/01/06 TranspCom#4
12 CDG ORY 03:40 04:10 0 07/01/06 TranspCom#4
86 ORY CDG 04:20 04:50 0 07/01/06 TranspCom#4
16 CDG ORY 05:00 05:30 0 07/01/06 TranspCom#4
90 ORY CDG 05:40 06:10 0 07/01/06 TranspCom#4
20 CDG ORY 06:20 06:50 0 07/01/06 TranspCom#4
94 ORY CDG 07:00 07:30 0 07/01/06 TranspCom#4
24 CDG ORY 07:40 08:10 0 07/01/06 TranspCom#4

98 ORY CDG 08:20 08:50 0 07/01/06 TranspCom#4
28 CDG ORY 09:00 09:30 0 07/01/06 TranspCom#4
102 ORY CDG 09:40 10:10 0 07/01/06 TranspCom#4
32 CDG ORY 10:20 10:50 0 07/01/06 TranspCom#4
106 ORY CDG 11:00 11:30 0 07/01/06 TranspCom#4
36 CDG ORY 11:40 12:10 0 07/01/06 TranspCom#4
110 ORY CDG 12:20 12:50 0 07/01/06 TranspCom#4
40 CDG ORY 13:00 13:30 0 07/01/06 TranspCom#4
114 ORY CDG 13:40 14:10 0 07/01/06 TranspCom#4
44 CDG ORY 14:20 14:50 0 07/01/06 TranspCom#4
118 ORY CDG 15:00 15:30 0 07/01/06 TranspCom#4
48 CDG ORY 15:40 16:10 0 07/01/06 TranspCom#4
122 ORY CDG 16:20 16:50 0 07/01/06 TranspCom#4
52 CDG ORY 17:00 17:30 0 07/01/06 TranspCom#4
126 ORY CDG 17:40 18:10 0 07/01/06 TranspCom#4
56 CDG ORY 18:20 18:50 0 07/01/06 TranspCom#4
130 ORY CDG 19:00 19:30 0 07/01/06 TranspCom#4
60 CDG ORY 19:40 20:10 0 07/01/06 TranspCom#4
134 ORY CDG 20:20 20:50 0 07/01/06 TranspCom#4
64 CDG ORY 21:00 21:30 0 07/01/06 TranspCom#4
138 ORY CDG 21:40 22:10 0 07/01/06 TranspCom#4
68 CDG ORY 22:20 22:50 0 07/01/06 TranspCom#4
142 ORY CDG 23:00 23:30 0 07/01/06 TranspCom#4
72 CDG ORY 23:40 00:10+1 0 07/01/06 TranspCom#4
#

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO			
^{1.} CLASSIFICAÇÃO/TIPO TC	^{2.} DATA 18 de novembro de 2010	^{3.} REGISTRO N° DCTA/ITA/TC-085/2010	^{4.} N° DE PÁGINAS 90
^{5.} TÍTULO E SUBTÍTULO: Contribuições na Solução de Problemas Operacionais de Companhias Aéreas			
^{6.} AUTOR(ES): Franco Mendonça Yassoyama			
^{7.} INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA			
^{8.} PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: Problemas Operacionais de Companhias Aéreas, Programação por Restrições, Tráfego Aéreo, IBM ILOG			
^{9.} PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Operações de linhas aéreas; Logística (administração); Algoritmos; Teoria das restrições; Programação matemática; Controle de tráfego aéreo; Manutenção de software; Administração de transportes			
^{10.} APRESENTAÇÃO: X Nacional Internacional ITA, São José dos Campos. Curso de Graduação em Engenharia Civil-Aeronáutica. Orientador: Cláudio Jorge Pinto Alves. Publicado em 2010.			
^{11.} RESUMO: Este trabalho apresenta a concepção e implementação de um algoritmo para a elaboração de um plano provisório, no tocante a horários de vôos e designação de aeronaves, para que uma dada Companhia Aérea, em face a um problema operacional de qualquer ordem, possa retornar às suas operações normais o mais rápido e com o menor custo possível. A concepção da solução foi desenvolvida em conjunto com os pesquisadores do LARA (Laboratoire de Recherche Opérationnelle et Automatique), um dos laboratórios de pesquisa da ENAC (École Nationale de l'Aviation Civile), situada em Toulouse, França. A implementação foi feita em C++, lançando mão do software IBM ILOG Solver V6.7, o qual utiliza a programação por propagação de restrições para solucionar vários tipos de problemas, entre eles os problemas combinatórios.			
^{12.} GRAU DE SIGILO: (X) OSTENSIVO () RESERVADO () CONFIDENCIAL () SECRETO			