

Centros de Controlo Operacional Organização e Ferramentas

António Jesus Monteiro de Castro

Mestre em Inteligência Artificial e Sistemas Inteligentes
pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Trabalho efectuado sob a orientação do Sr. Paulo Piques

Outubro de 2008

Pós-graduação em Operações de Transporte Aéreo
Instituto Superior de Educação e Ciências

*Dedicado à memória do meu avô
António Magalhães Monteiro
Os conselhos que me deu durante a minha infância
Ainda estão na minha memória
Nunca deixei de os seguir*

Índice

1. INTRODUÇÃO	9
2. ESTRUTURA DAS ORGANIZAÇÕES	17
Organizações mais comuns	24
Sumário e Conclusões	28
3. FERRAMENTAS	29
Sistemas em uso nas companhias aéreas	31
Disponíveis comercialmente	38
Disponíveis nos laboratórios de investigação	40
Sumário e Conclusões	44
4. CONCLUSÃO	47
5. REFERÊNCIAS	49

A vida é para nós o que concebemos dela. Para o rústico cujo campo lhe é tudo, esse campo é um império. Para o César cujo império lhe ainda é pouco, esse império é um campo. O pobre possui um império; o grande possui um campo. Na verdade, não possuímos mais que as nossas próprias sensações; nelas, pois, que não no que elas vêem, temos que fundamentar a realidade da nossa vida.

Fernando Pessoa

1. Introdução

De acordo com (Kohl, Larsen, Larsen, Ross, & Tiourine, 2004) o processo de escalonamento numa companhia aérea é composto pela fases indicadas na figura 1.

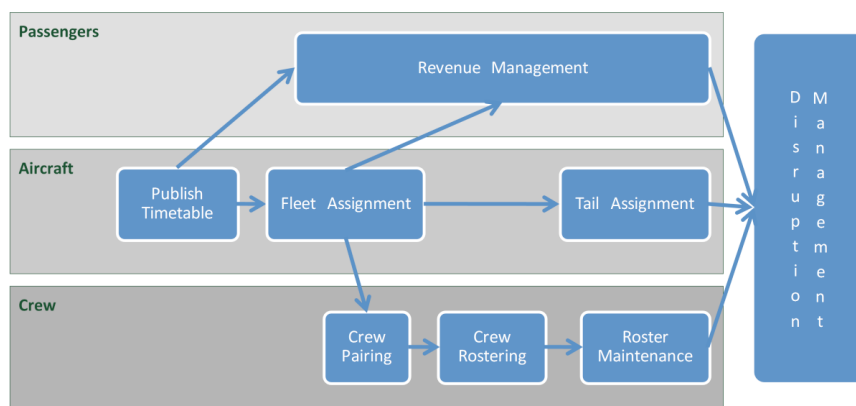


Figura 1 - Fases do processo de escalonamento

Tudo começa com a publicação do calendário de voos (*Publish Timetable*) que a companhia vai oferecer para um determinado período de tempo (normalmente, seis meses). De seguida, a companhia começa a vender lugares para esses voos procurando maximizar os rendimentos durante a fase de *Revenue Management*. Em simultâneo iniciam-se as fases de escalonamentos de dois dos mais importantes recursos: os aviões e as tripulações. Relativamente aos aviões, na fase de *Fleet Assignment* começa-se por atribuir o tipo de avião/frota que se prevê utilizar para realizar os voos. Mais perto da realização da operação, atribui-se os voos a um avião específico. É o que acontece na fase *Tail Assignment*. Em paralelo, começa-se a definir os períodos de trabalho que são necessários atribuir aos tripulantes para que a operação seja realizada (*Crew Pairing*) e,

posteriormente, na fase de *Crew Rostering*, atribui-se esses períodos de trabalho a cada tripulante.

Todas estas fases culminam num ponto único: o dia da realização dos voos. Nessa altura e caso tudo corra como previsto, basta acompanhar a execução da operação. Infelizmente, existem várias razões que levam a que isso não aconteça. Nessa altura é necessário gerir as irregularidades que apareçam. Na figura 1 essa fase aparece como *Disruption Management*.

Tal como dito anteriormente e apesar de planeada com antecedência, a operação de uma companhia aérea é frequentemente alvo de alterações. Tal se deve a problemas com tripulantes, aviões, ou passageiros, que afectam a realização de um voo na hora planeada. O Centro de Controlo Operacional (CCO) é a entidade que gere a operação de uma companhia aérea nos momentos que antecedem a realização dos voos, tendo como principal objectivo solucionar eventuais problemas com o menor impacto e custo possível, num processo designado por Gestão de Irregularidades Operacionais (*Disruption Management*).

A gestão da operação, que abrange as actividades de monitorização, detecção de eventos e resolução de problemas é um processo essencialmente manual, fortemente baseado no conhecimento tácito dos vários membros do CCO. O ciclo de actuação dos CCO pode ser visualizado na figura 2.

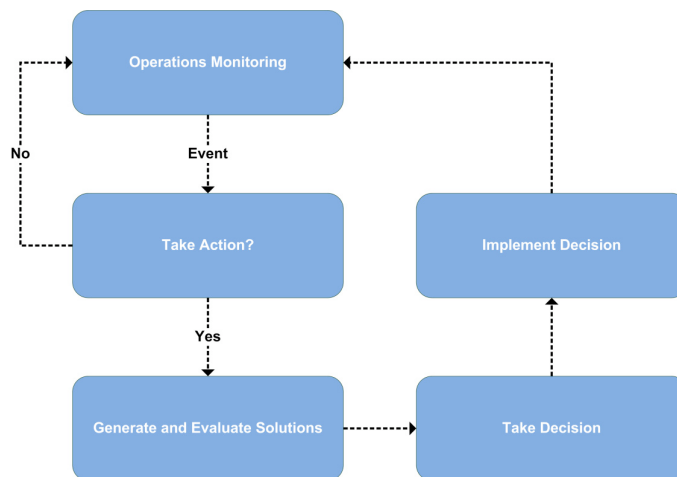


Figura 2 - Ciclo de actuação do CCO

De acordo com (Kohl, Larsen, Larsen, Ross, & Tiourine, 2004) as funções de suporte mais comuns num Centro de Controlo de Operacional são as seguintes:

Despacho de Voo: Prepara os planos de voos e pede novos *slots* às autoridades adequadas, quando necessário.

Controlo dos Aviões: Gere o recurso avião. É o elemento de coordenação central no controlo operacional.

Controlo das Tripulações: Gere o recurso tripulante. É responsável pela alteração e/ou escalonamento dos tripulantes em função das irregularidades que surjam. Faz a gestão adequadas das tripulações de reserva.

Manutenção de Aviões: São responsáveis pelo serviços não previstos de manutenção aos aviões. Também são responsáveis pelo escalonamento da manutenção de curto prazo. As alterações na rotações dos aviões pode ter impacto na manutenção de curto prazo, pois a mesma não pode ser efectuada em todos os aeroportos.

Coordenação de Slots/ATC: São responsáveis por coordenar os *slots*, isto é, um tempo específico de descolagem num calendário

de voos previstos, com as entidades competentes. Por exemplo, o EUROCONTROL (entidade Europeia que gere esses tempos no espaço aéreo Europeu) e/ou os ATC dos vários espaços aéreos por onde o voo tenha de passar.

Serviço ao Cliente: As decisões tomadas no CCO vão, concerteza, afectar os passageiros. A responsabilidade deste serviço é garantir que a eventual inconveniência para os passageiros sejam tomada em conta na decisão. Os atrasos e os cancelamentos vão afectar passageiros que precisam de ser informados e, em alguns casos, reencaminhados para outros voos e/ou para os hotéis. O serviço propriamente dito é executado nas portas de embarque e nos balcões do serviço ao cliente, que não fazem parte do CCO.

Como se pode imaginar, o CCO lida com problemas complexos que afectam o rendimento da empresa e pode afectar a imagem que os passageiros têm da companhia aérea. Para além disso é requerido ao CCO que tome a melhor decisão, minimizando o impacto nos passageiros e no rendimento da empresa. Adicionalmente, terá de resolver os problemas no mais curto espaço de tempo possível.

Dadas as características dos CCO (descritas brevemente no parágrafo anterior) e a sua importância para o sucesso das companhias aéreas, pareceu-nos importante abordar o tema da escolha da melhor estrutura organizacional para os CCO's. Relativamente a esta questão, temos um duplo objectivo:

1. Lançar a discussão sobre a “Importância da Escolha da Melhor Estrutura Organizacional do CCO”, sobretudo como complemento da informatização desse centro. Este é um tema que, muitas das vezes, não é considerado pelas empresas quando decidem criar um Centro de Controlo Operacional.
2. Providenciar aos leitores conteúdo científico, embora não exaustivo, que permita tomar uma decisão devidamente fundamentada, quando

decidirem adoptar um sistema informático para o CCO e, por força dessa adopção, (re)organizar o CCO.

Para além da estrutura organizacional é fundamental que os CCO tenham as ferramentas adequadas à execução das suas tarefas. Assim, decidimos incluir neste trabalho um resumo das ferramentas existentes em alguns CCO de algumas companhias aéreas, bem como as suas características principais.

Adicionalmente, apresentamos produtos comerciais existentes no mercado e que poderão ser adequados para os CCO. Apesar da existência desses produtos é um facto que a adopção dos mesmos nas companhias aéreas ainda é muito fraca. Dado o nosso conhecimento, acreditamos que a principal razão tem a ver com a não completa adequação dos produtos à realidade das empresas. Talvez por isso, a investigação relacionada com a gestão de irregularidades das companhias aéreas ainda é uma área muito activa em vários centros de investigação e universidades em todo o mundo. Neste trabalho, resolvemos incluir um pequeno resumo dos trabalhos mais recentes nesta matéria.

O resto deste documento está estruturado da seguinte forma: no capítulo 2 introduzimos o tema da estrutura das organizações e apresentamos algumas estruturas que são possíveis de ser adoptadas pelos CCO's. Concluimos este capítulo sugerindo uma estrutura para o CCO.

No capítulo 3, apresentamos uma classificação para as ferramentas que podem ser usadas nos CCO's. Adicionalmente, fazemos um resumo das ferramentas que actualmente são usadas por algumas companhias aéreas, das ferramentas disponíveis comercialmente e, também, daquelas que existem nos laboratórios de investigação.

Terminamos, apresentando no capítulo 4 as conclusões do nosso trabalho.

Conformar-se é submeter-se e vencer é conformar-se, ser vencido. Por isso toda a vitória é uma grosseria. Os vencedores perdem sempre todas as qualidades de desalento com o presente que os levaram à luta que lhes deu a vitória. Ficam satisfeitos, e satisfeito só pode estar aquele que se conforma, que não tem a mentalidade do vencedor. Vence só quem nunca consegue.

Fernando Pessoa

2. Estrutura das Organizações

A estrutura de uma organização é fundamental para o sucesso dos objectivos que a mesma se propõe a atingir. Nesse sentido, os Centros de Controlo Operacional (CCO) das companhias aéreas, dada a importância que têm no sucesso comercial da empresa (Piques, 2006), deverão ter uma estrutura tal que, adequada à dimensão da empresa, permita o melhor relacionamento e comunicação possível entre os *especialistas* que fazem parte do CCO e, ao mesmo tempo, tirar o melhor partido possível dos sistemas de informação/ferramentas de apoio à decisão existentes.

No seu trabalho de mestrado (Castro A. J., 2007), Castro propõe o desenho de um sistema computadorizado que representa as funções existentes no CCO, automatizando as tarefas mais comuns e propondo aos supervisores humanos possíveis soluções para os problemas que possam surgir. Nesse trabalho, o CCO é visto como um sistema distribuído composto por vários sub-sistemas de acordo com as *competências/especialidades* que são necessárias existir, nomeadamente, *controladores*, *escalonamento de aviões*, *escalonamento de tripulantes* e *despacho operacional*, entre outras. Para mais informações sobre estas competências o leitor deverá ler o trabalho de Paulo Piques (Piques, 2006) nas páginas 22 e 23. A estrutura do sistema e respectivos sub-sistemas, foi definida tendo como base o trabalho seminal de Mark S. Fox (Fox, 1981).

No seu trabalho, Mark refere que “a capacidade de processamento da mente humana é limitada” e que este facto resulta no que Simon (March & Simon, 1993) chama de *Capacidade de Raciocínio Finita (Bounded Rationality)*. Esta característica implica que, quer a informação que uma pessoa pode absorver quer o detalhe do controlo que uma pessoa pode manejar, seja limitado. Sendo assim, quando as tarefas ficam maiores e mais

complexas é necessário encontrar uma forma efectiva de limitar o aumento de informação que uma pessoa vê, assim como, limitar a complexidade do controlo. Neste sentido a *Capacidade de Raciocínio Finita* é o factor principal na evolução que as organizações (com múltiplas pessoas) têm feito de um grupo não regimentado para alternativas mais estruturadas (Fox, 1981).

Continuando a ver o CCO como um sistema distribuído (Castro A. J., 2007) verificamos que existem duas características que as organizações terão de ter: uma estrutura e um regime de controlo. Na tabela 1 podemos verificar as possíveis estruturas duma organização de acordo com (Fox, 1981).

Table 1 - Estrutura das organizações

Estrutura	Características
Uma pessoa	Realiza todas as tarefas. Funciona enquanto tiver recursos para atingir o objectivo. Deixa de ser útil quando as tarefas ficam mais complexas e/ou o trabalho aumenta
Grupo	Permite coordenação cooperativa dos indivíduos para atingirem um objectivo comum. À medida que o grupo aumenta, o custo de manter uma tomada de decisão colectiva também aumenta e deixa de ser útil.
Hierarquia simples	Tem dois níveis: o nível de topo contém um decisor que coordena os esforços das pessoas no nível de baixo. Deixa de funcionar quando o único decisor é incapaz de processar toda a informação (<i>Capacidade de Raciocínio Finita</i>).
Hierarquia uniforme	Existem vários níveis de gestão para garantir a tomada de decisão adequada e de forma centralizada. Cada nível da hierarquia age como um filtro sobre a informação e as decisões que são propagadas para cima. À medida que a hierarquia cresce em tamanho e em número de produtos, começam a existir competição pelos mesmos recursos. A atribuição de recursos começa a ficar complexa.
Hierarquia multidivisional	A organização é dividida em linhas de produtos e/ou serviços. Cada divisão tem o controlo total da estratégia de produção. À medida que a organização cresce, também cresce o problema da coordenação e a informação a ser processada.
Sistema	Neste sistema, todas as formas de controlo entre as divisões

mercado	são eliminadas. Toda a comunicação fica contida num contrato de compra de um produto ou serviço. O controlo passa a ser exercido pelo preço do produto ou do serviço.
Organização colectiva	A hierarquia é dividida em organizações separadas que cooperam para atingir um objectivo comum. A partir de um determinado ponto de vista, podem-se ver como um conjunto de organizações que partilham contratos de longo prazo.

Na tabela 2 podemos verificar os vários tipos de regime de controlo de acordo com (Zambonelli, Jennings, & Wooldridge, 2003).

Table 2 - Regimes de Controlo

Regime de controlo	Características
Partição do trabalho	Cada elemento tem a mesma função e providenciam o mesmo tipo de serviço/actividade.
Especialização do trabalho	Cada elemento providencia um serviço/actividade específico.
Modelos de mercado	A distribuição da carga de trabalho e o fornecimento de serviços é efectuada baseando-se neste tipo de modelo. Utilizada quando as organizações são grandes e quando comportamentos <i>egoístas</i> e competitivos começam a emergir.

A estrutura e o regime de controlo, por si só, não são suficientes para determinar a forma como um sistema deve ser distribuído. Mark refere que os factores mais importantes para levar em conta quando se tem de decidir a forma como um sistema deve ser distribuído, são os seguintes: (1) Complexidade da(s) tarefa(s), (2) Incerteza e (3) Restrições dos recursos.

Todos estes factores existem nos CCO's das companhias aéreas, nomeadamente:

Complexidade das tarefas - a maioria das tarefas estão relacionadas com o re-escalonamento de um ou mais recursos

(aviões/tripulações), num período de tempo necessariamente curto, reduzindo os impactos negativos sobre os passageiros e, ao mesmo tempo, levando em linha de conta que o re-escalonamento pode propagar-se para os voos seguintes. Tudo isto são tarefas muito complexas.

Incerteza – Não se consegue prever quando e quais os eventos que podem levar a alterações na execução da operação numa companhia aérea. Desde questões meteorológicas (difíceis de prever na altura em que o plano da companhia aérea é criado), até avarias dos aviões e/ou faltas dos tripulantes aos voos para os quais estão escalados, são vários os eventos possíveis de afectar a execução da operação.

Restrições dos recursos – Numa companhia aérea, os dois recursos principais numa operação são os aviões e as tripulações. No entanto, muitas das vezes, a resolução de eventos não previstos não está somente dependente destes dois recursos. Facilidades de manutenção, *slot's* para sobrevoos e/ou aterragem em determinado destino, entre outros, são recursos escassos que complicam seriamente a tarefa de resolução dos problemas com que os CCO's são confrontados. Tal como referido em (Piques, 2006) o objectivo é que "(...) os recursos estejam disponíveis na quantidade certa, no momento oportuno e na qualidade desejada (...)". Se levarmos em linha de conta os factores anteriores, facilmente verificamos que os recursos são uma séria restrição para que se atinja o objectivo pretendido.

Tendo em vista a nossa ideia de ver o CCO como um sistema distribuído e levando em linha de conta a estrutura das organizações, o regime de controlo e os factores atrás referidos, a questão que interessa colocar é: Qual é a melhor organização que um CCO deve adoptar tendo em consideração o tipo de tarefas que

têm de desempenhar? De acordo com (Fox, 1981) é necessário definir três coisas para tomar a melhor decisão:

1. Características das tarefas
2. Um conjunto de estruturas organizacionais e de regimes de controlo que possam lidar com as tarefas anteriores e,
3. Uma forma de medir o desempenho da organização.

As duas primeiras, características das tarefas e estruturas organizacionais, já foram abordadas anteriormente. Relativamente à forma de medir o desempenho da organização é de salientar que o objectivo da(s) tarefa(s) (que a organização desempenha) providenciam o critério necessário. Objectivos do género, minimizar o consumo de recursos, maximizar a produção, minimizar a qualidade, etc., encontram-se com facilidade nas empresas. Esses objectivos são semelhantes à redução do tempo e do espaço, aumento da capacidade de processamento e produção de resultados de maior validade nos sistemas distribuídos.

Uma técnica de medição com interesse é a análise de transacções (Williamson, 1975). Neste caso o termo transacções tem um âmbito alargado. Inclui contratos, comunicação de informação, monitorização, delegação e controlo e a maior parte das actividades que requerem interacção entre os participantes numa organização ou mercado. Como para lidar com as transacções são necessários recursos, poderemos dizer que as transacções são demasiado complexas quando requerem mais recursos do que aqueles que estão disponíveis (*Capacidade de Raciocínio Finita*). Sendo assim, a redução da complexidade torna-se num problema de minimização do consumo de recursos, ou seja, é necessário estruturar devidamente as transacções entre processos para que o consumo de recursos seja minimizado. Outra característica das transacções é a diferença assumida na informação, motivação e comportamento entre os participantes da transacção. Se

detalharmos as transacções entre os participantes numa organização será possível medirmos a eficácia de estruturas organizacionais alternativas. Em (Fox, 1981) são apresentadas uma variedade grande de técnicas de redução da complexidade e da incerteza, bem como de organizações adequadas para reduzir os seus efeitos. O autor usa a análise de transacções como forma de medir a incerteza e a complexidade das estruturas organizacionais.

De uma forma geral e como poderemos ver no gráfico da figura 3 a complexidade e a incerteza são dois factores importantes a ter em conta na forma como decidimos estruturar uma organização. A complexidade força a distribuição de tarefas levando a uma estrutura mais distribuída. A incerteza tem tendência a forçar a estrutura no sentido contrário, integrando as tarefas numa estrutura mais hierárquica.

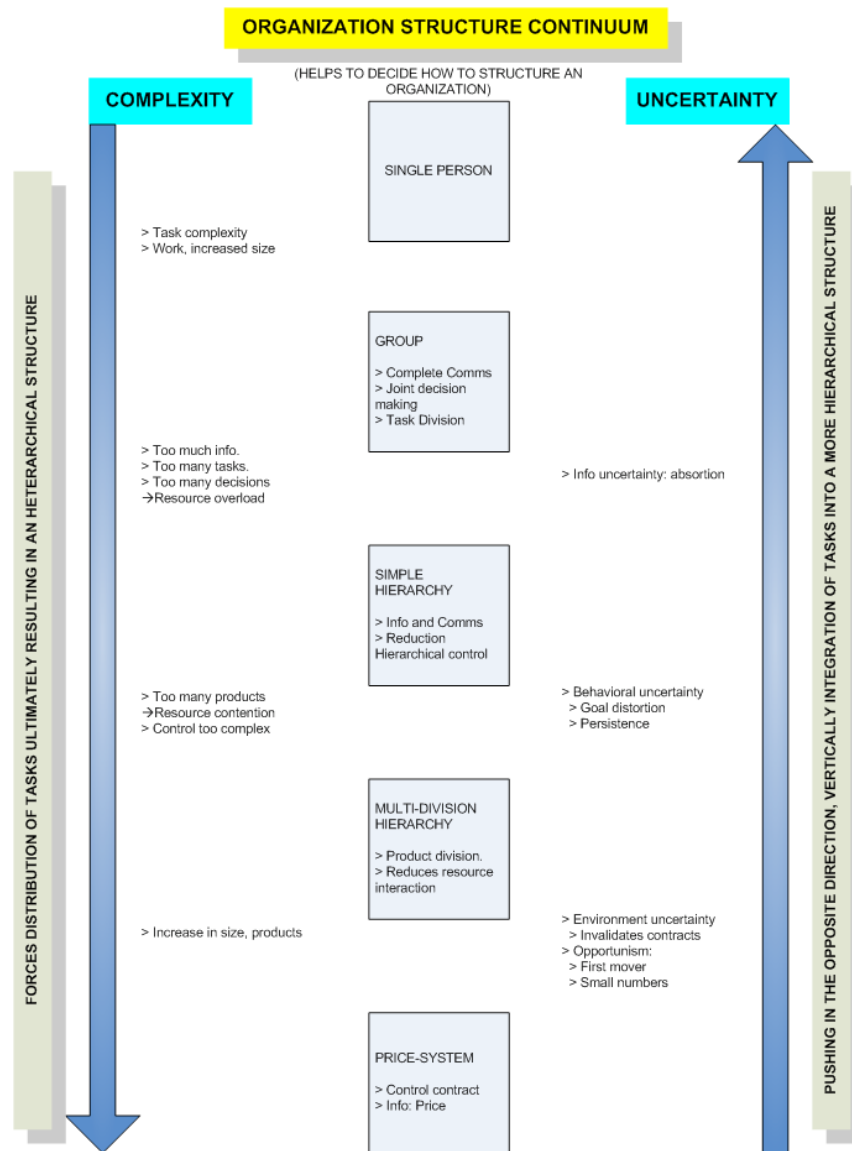


Figura 3 - Estrutura das Organizações

Respondendo à questão colocada anteriormente sobre a melhor estrutura organizacional que o CCO deve adoptar e tendo em conta o que dissemos anteriormente, poderemos tirar uma conclusão preliminar de que terá de ser uma estrutura mista hierárquica/distribuída.

Organizações mais comuns

Antes de falarmos sobre as organizações mais comuns, convém relembrar que, num Centro de Controlo Operacional (CCO), as funções de suporte mais comuns são (Kohl, Larsen, Larsen, Ross, & Tiourine, 2004):

- Despacho de voo.
- Controlo dos aviões.
- Controlo das tripulações.
- Manutenção dos aviões.
- Coordenação de *Slot's*/ATC.
- Serviço ao cliente.

Nas companhias aéreas é possível encontrar três tipos de organizações de CCO:

1. Centros de Decisão
2. Centros Integrados
3. HUB/HCC (Hub Control Center)

Os *Centros de Decisão* são caracterizados por, normalmente, só terem no mesmo espaço físico os controladores dos aviões e, em espaço físico separados, as restantes funções de suporte (com as quais mantém ligação). Nestes caso, o CCO tem autonomia para decidir sobre o que fazer relativamente aos voos (atrasar, cancelar, etc.) mas precisa da colaboração das outras funções de suporte (que não dependem hierarquicamente do CCO). Na figura 4 apresentamos um exemplo de uma estrutura deste tipo.

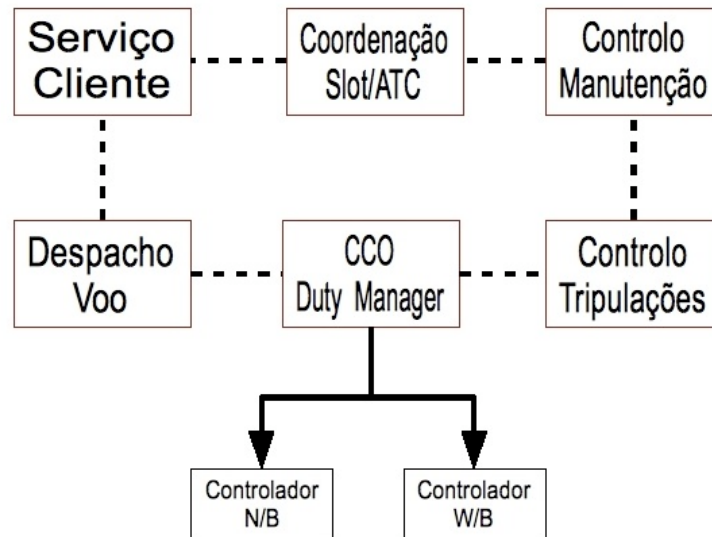


Figura 4 - Centro de Decisão

Como se pode ver pela figura acima, o supervisor do CCO está, em termos de estrutura da organização, ao mesmo nível que as restantes funções. Esta estrutura tem as características de uma *Organização Colectiva* pelo que todos têm de colaborar para atingir um objectivo comum e, nesse sentido, as decisões têm de partir de uma negociação entre todos.

Nos *Centros Integrados* todas as funções necessárias estão contidas no mesmo espaço e dependem hierarquicamente do supervisor do CCO. Na figura 5 apresentamos um exemplo.

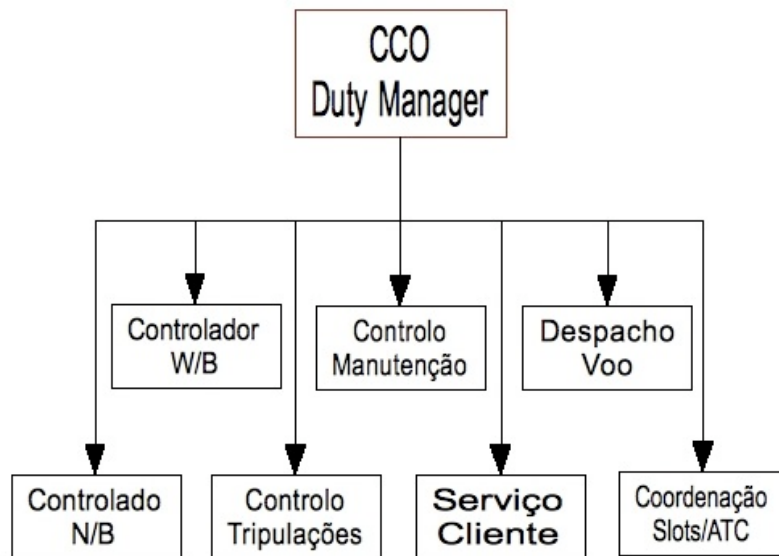


Figura 5 - Centro Integrado

Neste caso, a estrutura da organização tem as características de uma *Hierarquia Simples* ou, no caso das empresas de maior dimensão, de uma *Hierarquia Multidivisional*. A grande vantagem é que a decisão é tomada somente por um decisor. Os problemas poderão aparecer quando esse decisor atingir o máximo da sua capacidade. Nesse caso, a passagem para outro tipo de estrutura será necessária.

Numa estrutura em *HUB* a principal característica é o facto de a maior partes das funções ficarem separadas fisicamente no aeroporto ou aeroportos onde as companhias aéreas têm *HUB's*. Como se pode verificar na figura 6, se no CCO só ficar a função de Controlo dos Aviões, teremos uma estrutura a que poderemos chamar *Centro de Decisão com HUB*. Se o CCO ficar, também, com a função de Controlo de Tripulações como indicado na figura 7, teremos uma estrutura a que poderemos chamar *Centro Integrado com HUB*. Este tipo de estrutura tem a vantagem de

colocar mais perto do local onde a maior parte da operação se realiza (HUB) as funções que estão mais relacionadas com esse espaço físico. Por exemplo, serviço ao cliente, catering, limpeza, transferência de passageiros, etc.

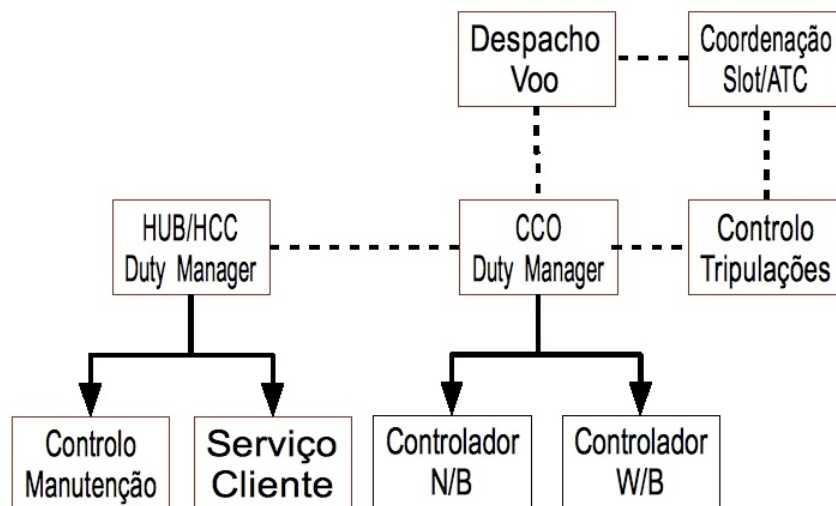


Figura 6 – Centro de Decisão com HUB

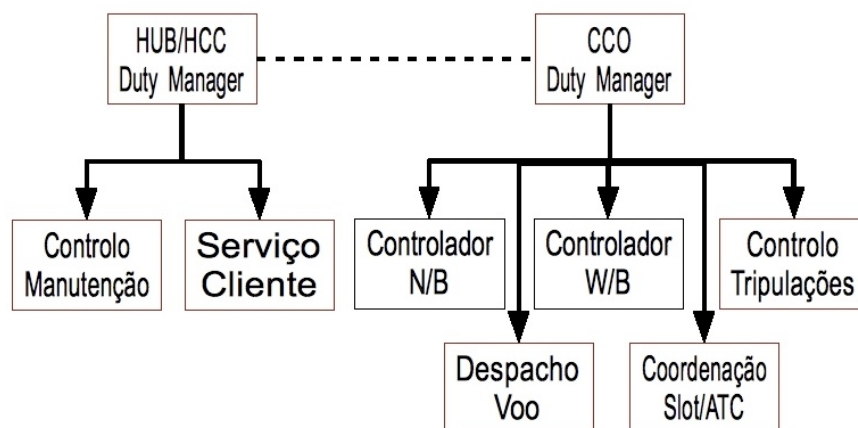


Figure 7 - Centro Integrado com HUB

Sumário e Conclusões

Neste capítulo foram abordadas as estruturas das organizações e os regimes de controlo, de acordo com o trabalho de (Fox, 1981). Salientou-se que as principais características das tarefas que levam a definir a estrutura de uma organização, quando a mesma é vista como um sistema distribuído (Fox, 1981), são: complexidade, incerteza e restrição dos recursos. Todas estas características se encontram num Centro de Controlo Operacional (CCO).

Numa tentativa de se responder à questão inicial, ou seja, de saber qual a melhor estrutura para um CCO, verificou-se que é necessário, para além da característica das tarefas e de uma estrutura, definir uma forma de medir o desempenho da organização. Nesse sentido abordou-se uma técnica de medição chamada Análise de Transacções (Williamson, 1975).

Baseando-nos nos pressupostos apresentados, chegamos à conclusão preliminar de que um CCO, visto como um sistema distribuído, deverá ter estrutura mista hierárquica/distribuída (Castro A. J., 2007).

Adicionalmente, foram apresentados três tipos de organizações mais comuns dos CCO's, nomeadamente: Centros de Decisão, Centros Integrados e Centros com HUB Control.

3. Ferramentas

Os Centros de Controlo Operacionais (CCO) das companhias aéreas são estruturas complexas. A diversidade de tarefas que são necessário realizar, a complexidade das mesmas e a necessidade de obter uma solução em tempo real, com o mínimo impacto possível na operação e com o menor custo, explicam uma grande parte da complexidade de um CCO. Para além destes factos, devemos também ter em conta o tamanho da operação da companhia aérea. Nesse sentido, a existência de ferramentas que permitam uma boa monitorização e uma boa tomada de decisão (de preferência com características pró-activas e não só reactivas) são essenciais.

De uma forma geral, podemos dizer que existem três tipos de ferramentas (ou sistemas informáticos que providenciam essas ferramentas) mais comuns:

1. Sistemas de consultas a bases de dados (SCBD).
2. Sistemas de apoio à decisão (SAD).
3. Sistemas automáticos e/ou semi-automáticos (SASA).

No *caso dos SCBD* (o mais comum), os sistemas informáticos limitam-se a permitir que os operadores dos CCO's realizem consultas às bases de dados existentes, de forma a fazer a monitorização da operação e, também, obter outros dados essenciais para a tomada de decisão. Por exemplo, a escala prevista dos recursos (avião e/ou tripulações), calendário de manutenção, reservas dos passageiros, etc. São úteis e relativamente fáceis de implementar e/ou adquirir mas têm a desvantagem de deixar todo o trabalho de procura da melhor solução, bem como da tomada de decisão, nas mãos do operador humano. Na nossa opinião, existem

dois grandes problemas quando se utilizam somente este tipo de sistemas: (i) a qualidade da solução está dependente do maior ou menor conhecimento do operador humano e (2), devido à dificuldade normal dos seres humanos em lidarem com um grande volume de dados simultaneamente, não são usadas todas as informações (variáveis) necessárias para a melhor tomada de decisão.

No caso dos SAD, para além de incluírem as características dos primeiros, os sistemas de informação incluem algumas funcionalidades que permitem apoiar a tomada de decisão pelo operador. Por exemplo, a pedido do operador, podem recomendar qual a melhor solução para resolver um problema relacionado com um voo que está atrasado devido à chegada tardia do avião. Em alguns casos limitam-se a sugerir uma re-calendarização da operação mas, noutros casos, têm a capacidade de justificar a solução proposta e, até, indicar o custo da solução ou soluções apresentadas. Estes sistemas permitem eliminar algumas das desvantagens do sistema anterior. Nomeadamente, têm a capacidade de analisar um grande volume de dados e, assim, propor as soluções tomando em linha de conta mais informações (variáveis). A tomada de decisão continua a estar do lado do operador humano mas, neste caso, o operador pode tomar as decisões de uma forma mais fundamentada. Infelizmente, um dos grandes problemas nas companhias aéreas é a inexistência e/ou (quando existe) complexidade do sistema de informação computadorizado com toda a informação relativa à operação e que é determinante para que as ferramentas de apoio à decisão possam sugerir a melhor solução. Este problema, referido em (Kohl, Larsen, Larsen, Ross, & Tiourine, 2004) como o problema da *qualidade dos dados* e da *acessibilidade dos sistemas*, torna-se mais importante à medida que se procura implementar ferramentas/sistemas de apoio à decisão e/ou sistemas automáticos/semi-automáticos.

No terceiro tipo de sistemas, *SASA*, procura-se automatizar todo o CCO, substituindo a parte funcional por programas computadorizados. Em especial, procura-se automatizar as tarefas repetitivas e, também, as tarefas relacionadas com a procura da melhor solução. Num sistema totalmente automático, a tomada de decisão também é efectuada pelo sistema. Num sistema semi-automático, deixa-se a decisão final para o operador humano. Neste tipo de sistemas, são necessários muito menos operadores humanos para trabalharem num CCO. Normalmente, nestes sistemas, as funções relacionadas com a monitorização, procura da melhor solução para um problema de tripulantes, avião, passageiros ou outros e re-escalonamento de qualquer dos recursos, são efectuadas por programas especialistas (Castro & Oliveira, 2007) em substituição dos vários especialistas humanos. A decisão final sobre a aplicação de uma solução para o problema fica a cargo de um supervisor humano. Neste tipo de sistemas é de realçar a aplicação de agentes de software e sistemas multi-agentes, como um novo paradigma mais adequado para ser utilizado neste domínio (Wooldridge, 1996),(Castro A. J., 2007).

Nos capítulos seguinte, apresentamos alguns dos sistemas em uso por algumas das companhias aéreas (não necessariamente disponíveis para comercialização). Também apresentamos alguns dos sistemas disponíveis comercialmente para os CCO's e sistemas existentes nos laboratórios de investigação e/ou em fase de desenvolvimento.

Sistemas em uso nas companhias aéreas

Nesta secção procuramos mostrar um resumo dos sistemas em uso em algumas das principais companhias aéreas. A informação baseia-se no trabalho de (Cavanagh, et al., 1998), que nos mostra os sistemas em uso (ou que estavam em uso até 1998) nas principais companhias aéreas dos Estados Unidos da América e

numa companhia aérea internacional da Ásia. A informação sobre a TAP Portugal, foi obtida por nós e refere-se ao ano de 2008.

United Airlines - System Operations Advisor (SOA) (Rakshit, Krishnamurthy, & Yu, 1996): um sistema de suporte à decisão em tempo real que foi desenvolvido e colocado em produção no CCO da United Airlines, para aumentar a eficácia das suas decisões operacionais. Este sistema consiste em três componentes principais: o Monitor de Estado, o Assessor de Atrasos e Trocas, e o Assessor de Atrasos e Cancelamentos. O objectivo do monitor de estado é alertar o operador do CCO para potenciais irregularidades, tais como, atrasos e cancelamentos através de um interface gráfico com o utilizador. Este interface tem mecanismos que permitem lançar ferramentas tais como o Assessor de Atrasos e Trocas para obter soluções para problemas operacionais. O outro Assessor é para ser usado para determinar potenciais procedimentos para resolução de problemas derivados das irregularidades na rede da companhia aérea. É importante realçar que as decisões relativamente a atrasos ou cancelamentos de voos são feitos independentemente de cada voo.

American Airlines – System Operations Center (SOC): utiliza um conjunto de ferramentas de suporte à decisão para tomar decisões mais bem fundamentadas. No SOC o principal objectivo após as irregularidades é voltar à operação programada o mais breve possível, independentemente do impacto das decisões nas receitas potenciais. Os controladores consideram o número de passageiros com reserva num determinado segmento de um voo, em vez do valor actual do voo (passageiros embarcados). Ao resolver as irregularidades, os controladores incluem, subjectivamente, questões relacionadas com os fluxos dos passageiros tais como, ligações, *boa-vontade* e volume de tráfego, no processo de decisão. A companhia identificou o problema do escalonamento das tripulações como o parâmetro mais importante

na resolução das irregularidades e, consequentemente, a maior parte da substituição (troca) dos aviões são realizadas dentro da mesma frota. Havendo irregularidades, a companhia estabelece em primeiro lugar um novo horário reduzido do voo e, depois, tenta descobrir como escalonar este voo. Ao fazê-lo toma em consideração questões críticas tais como: tempos de saída, compatibilidade da missão e balanceamento do sistema no ciclo de voos do dia. A companhia define *compatibilidade da missão* como qualquer decisão que minimiza os efeitos a jusante na variação da operação prevista e que providencia uma resolução exequível num período de tempo adequado. Normalmente, as decisões iniciais são no sentido de atrasar os voos e, depois, determinar se é necessário ou não cancelá-los.

Delta Airlines: A companhia aérea usa dados operacionais existentes para afinar o horário da operação para acomodar condições meteorológicas predominantes. Em 1996 era notório que a maior parte das decisões relativas aos atrasos/cancelamentos dos voos eram tomadas como base em processos manuais. Na altura, a companhia aérea estava num processo de desenvolvimento de um sistema que incluía um programa chamado *Inconvenienced Passenger Rebooking System*, que permitia à companhia notificar os passageiros sobre os atrasos/cancelamentos dos voos e dar-lhes recomendações sobre a melhor forma de lidar com a situação. Adicionalmente, também estavam a meio do desenvolvimento de um programa para ajudar no re-escalonamento das tripulações após as irregularidades.

Continental Airlines – Severe Weather Action Plan e CrewSolver: A Continental desenvolveu este procedimento que é usado para minimizar o número de aviões e tripulações em regiões onde o mau tempo está previsto pelos serviços de meteorologia. Os controladores acreditam que estas medidas preventivas são benéficas para a empresa, pois tornam a recuperação da operação

mais fácil no caso de existirem irregularidades. No entanto, a utilização deste plano também pode evitar uma operação mais rentável pois as previsões podem não se verificar.

Posteriormente, a Continental passou a usar o sistema de apoio à decisão CrewSolver (Yu, Arguello, Song, McCowan, & White, 2003) como forma de obter soluções óptimas ou quase óptimas, quando existem irregularidades na operação. De acordo com os autores do sistema e da própria Continental, o CrewSolver conseguiu lidar com irregularidades bastante grandes ocorridas em Dezembro de 2000 e Março de 2001 (devido a tempestades de neve) e, também, com as irregularidades resultantes do 11 de Setembro. A Continental estima que, em 2001, o sistema CrewSolver ajudou a poupar 40 milhões de dólares só nas irregularidades maiores.

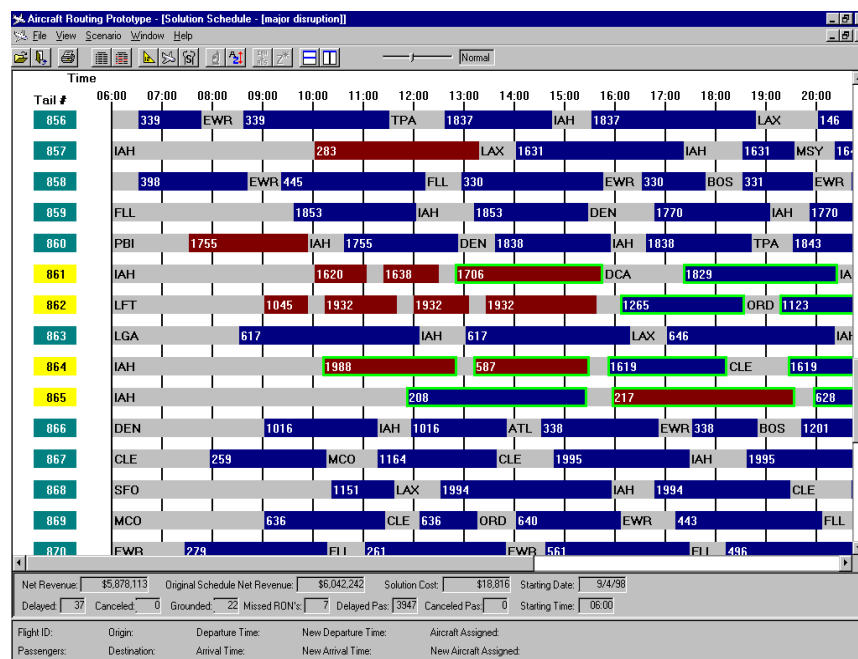


Figura 8 - CrewSolver

Northwest Airlines: Em 1996 a Northwest estava a desenvolver o seu próprio sistema de apoio à decisão. Até à sua conclusão, a companhia desenvolveu e implementou vários pequenos procedimentos alternativos que incluíam factores operacionais e económicos no processo de tomada da decisão. Estes procedimentos têm algumas semelhanças com o *Severe Weather Action Plan* da Continental. O objectivo é responder às irregularidades, de forma a maximizar o rendimento operacional e a minimizar os inconvenientes para os passageiros e as irregularidades nas escalas de tripulações e da manutenção dos aviões.

Numa conferência da AGIFORS (AGIFORS) em 2001, a empresa Caleb Technologies (Caleb) anunciou que a Northwest era um dos seus clientes e que utilizava o sistema Integrated Operations Recovery Solution. Este sistema é composto por vários módulos, nomeadamente: *OpsSolver*, *CrewSolver*, *PassengerSolver* e *MaintenanceSolver*. O componente *CrewSolver* é o mesmo que a Continental usa.

Southwest Airlines: Em 2001 a Southwest anunciou que usa o software *CrewSolver* da Caleb Technologies (Caleb). O mesmo em uso na Northwest e na Continental.

Garuda Indonésia – Resource Management Operations Control (ROC): O sistema de informação principal chama-se *Resource Operations Control* e é usado para monitorizar a operação de cada voo da Garuda. O planeamento da operação é gerado num sistema chamado *Airline Resource Planner* (ARP) que é transferido para o ROC através de uma disquete, não havendo uma ligação directa entre os dois sistemas.

Os dados da operação em curso, na forma de mensagens de partida de cada aeroporto, são transmitidos via telex SITA e introduzidos automaticamente na base de dados do ROC. A

mensagem de partida inclui a hora real de chegada ao aeroporto, o tipo de avião, o próximo destino do avião, a hora de partida prevista (ETD), a hora prevista de chegada ao novo destino (ETA), o estado do atraso, o número de passageiros, carga, correio, nome do comandante e combustível abastecido. Estas mensagens de partida são guardadas para cada etapa de um voo num base de dados centralizada. Pode-se aceder e analisar os dados através do sistema Paradox. Qualquer alteração adicional nos voos previstos, tais como, voos charter, voos especiais, etc., são introduzidos manualmente pelo controlador no ROC.

No CCO, quatro PC's são usados como plataforma para o sistema de monitorização ROC. Um computador é usado como servidor dedicado e os restantes três são usados para mostrar graficamente a operação e para acesso limitado à informação operacional guardada nos mesmos. Os sistemas ARP/ROC são usados na Garuda desde 1990. Antes dessa data, todo o controlo operacional era efectuado manualmente.

Adicionalmente o CCO tem acesso ao sistema de reservas ARGa e ao sistema de controlo de partidas DCS, através de um terminal de computador separado. Esta informação é usada durante as irregularidades para que, de uma forma manual, se possa analisar o impacto dos cancelamentos no rendimento da operação. Portanto, não existe nenhum sistema de suporte à decisão que ajude os controladores a resolverem os problemas.

Lufthansa Airlines – LIDO FlightOps: A Lufthansa usa um sistema desenvolvido pela Lufthansa Systems, uma empresa do grupo de Lufthansa. É um sistema bastante completo, quer permite definir as rotas mais adequadas para um determinado voo (*Interactive Flight Planning* e *Airline Operation Support*), acompanhar os voos em tempo real (*In-Flight Monitor* e *AeroView*), etc. Os vários módulos deste sistema permite fornecer informação adequada para uma melhor tomada de decisão pelos operadores humanos.

TAP Portugal – Compass: A TAP usa um sistema integrado, chamado Compass, que engloba a parte de planeamento a curto, médio e longo prazo e, também, a monitorização da operação da companhia aérea. Na figura 9 aparece um exemplo de um ecrã do módulo *Movement Control System* (MCS), que é o módulo que permite ao controlador saber o estado actual da operação relativamente aos voos/aviões.

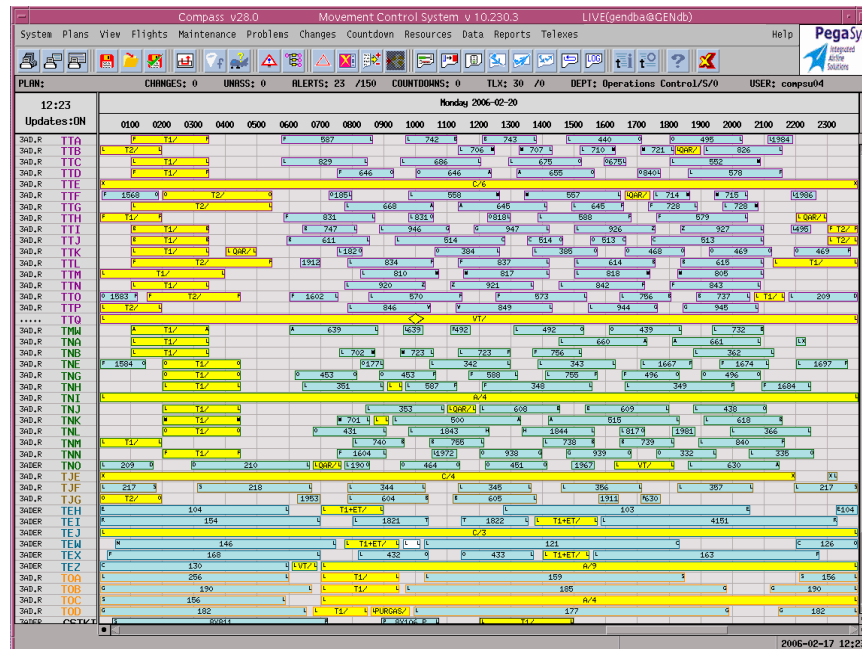


Figure 9 - TAP Compass

O sistema tem capacidade de receber informações sobre as horas actuais dos voos, através de mensagens enviadas dos aeroportos e/ou enviadas dos próprios aviões. Os controladores podem fazer alterações na operação mudando, por exemplo, o

horário de saída de um voo. Caso seja necessário fazer alterações às tripulações, podem solicitar essas alterações à equipa responsável. Essas alterações são efectuadas num outro módulo do Compass. Apesar de ser um sistema integrado e ter uma base de dados comum, não possui ferramentas de apoio à decisão, pelo que os controladores terão de procurar a melhor solução para uma determinada irregularidade e, depois, reflectir essa alteração no sistema. De qualquer forma, o facto de ser um sistema integrado, tem a vantagem de permitir que todos os serviços que fazem parte do CCO possam ver a mesma informação.

No HUB de Lisboa a TAP, para além de utilizar o Compass, também utiliza um sistema chamado *OpsControl* (desenvolvido por uma empresa do grupo chamada Megasis) que permite uma melhor monitorização e controlo da operação nesse HUB.

Disponíveis comercialmente

Nesta secção procuramos indicar alguns dos sistemas actualmente disponíveis comercialmente, que podem ser utilizados nos CCO's. Estão incluídos somente aqueles que tenham funcionalidades de monitorização e controlo e, se possível, funcionalidades de gestão de irregularidades. Ficam excluídos aqueles que tenham somente funcionalidades de escalonamento de tripulações e/ou aviões. A lista apresentada resulta da procura efectuada na internet, da referência do software em artigos científicos e, também, de algum conhecimento pessoal. Não é, de maneira nenhuma, uma lista exaustiva de todo o software que possa existir com aplicação nos CCO's. Na tabela 3, mencionamos o nome da empresa que comercializa o software, a sua designação comercial e, também, o site na internet onde poderá ser obtida mais informação. Os sites indicados foram todos acedidos com sucesso no mês de Outubro de 2008. As empresas são apresentadas por ordem alfabética.

Tabela 3 - Sistemas Comerciais

Empresa	Produto	Site
AIMS	AIMS Ops Control	http://www.aims.aero/whatisaims.htm
Caleb	OpsSolver	http://www.e-optimization.com/solutions/solution.cfm?id=121
Constraint Technologies	TPAC Operations	http://www.constrainttechnologies.com/products/TPAC_Operations.html
Fujitsu	Pegasys	http://www.fujitsu.com/za/industries/travel/airlines/
Jeppesen	Carmen Integrated Operations Control	http://www.carmensystems.com/air_products/prod_folders/integrated_operations_control/index.htm
IBS	Airline and Airport Operations	http://www.ibsplc.com/airline-and-airport-operations-software.html
Kronos	Ad-Opt	http://www.kronos.com/AD-OPT/Index.htm
Lufthansa Systems	NetLine/Lido FlightOps	http://www.lhsystems.com/topic3/topic32/32_1_1_p3.htm
Navitaire	Geneva Operation Control Management	http://www.navitaire.com/op_and_rec/geneva.asp
Quintiq	Aviation Solutions	http://www.quintiq.com/Industries/Aviation.aspx
Sabre	Sabre Flight Control Suite	http://www.sabreairlinesolutions.com/products/operate/flightcontrol.htm

Convém salientar que muitas das empresas que têm ferramentas comerciais, fazem as suas apresentações nas conferências anuais da AGIFORS (AGIFORS) dedicadas às operações das companhias aéreas. Estas conferências têm como título *AGIFORS Airline Operations*. Os sites das últimas conferências, de onde poderão ser obtidas as apresentações e respectivo local de realização, podem ser encontrados na tabela 4.

Tabela 4 - AGIFORS: Airline Operations Conferences

Ano	Local	Site
2008	Amesterdão	http://www.agifors.org/studygrp/opsctl/2008/
2007	Denver, CO	http://www.agifors.org/studygrp/opsctl/2007/
2006	Dubai	http://www.agifors.org/studygrp/opsctl/2006/
2005	Mainz, Alemanha	http://www.agifors.org/studygrp/opsctl/2005/
2004	Washington, DC	http://www.agifors.org/studygrp/opsctl/2004/
2003	Auckland	http://www.agifors.org/studygrp/opsctl/2003/
2002	Roma	http://www.agifors.org/studygrp/opsctl/2002/
2001	Ocho Rios, Jamaica	http://www.agifors.org/studygrp/opsctl/2001/
2000	Budapeste	http://www.agifors.org/studygrp/opsctl/2000/
1999	Istambul	http://www.agifors.org/studygrp/opsctl/proceedings99.html

Disponíveis nos laboratórios de investigação

Nesta secção pretende-se salientar alguns sistemas propostos pelos vários laboratórios de investigação e que não estão integrados em nenhum dos sistemas existentes comercialmente. Sendo trabalhos de investigação, poderão servir para que as companhias aéreas estabeleçam parcerias com esses laboratórios, no sentido de adaptar os sistemas propostos à realidade das empresas. Alguns argumentarão que a utilização de sistemas que ainda estão nos laboratórios comporta demasiados riscos, pois não existem provas da sua qualidade e/ou adaptabilidade (para além da prova de conceito científica). No entanto, a experiência que temos neste domínio, tem demonstrado que mesmo sistemas comerciais já em uso noutras empresas nem sempre são adequados para os problemas específicos de uma ou outra companhia aérea. Nesse sentido, os sistemas comerciais também comportam os seus riscos. Sendo assim, a opção por um sistema que ainda está num laboratório de investigação até pode ser vantajosa, pois pode fazer com que esse sistema seja adaptado correctamente às necessidades específicas da empresa.

2008/Sistema Multi-Agente para CCO (SMACCO): Em (Mota, 2008) é apresentado a implementação de um sistema multi-agente para os centros de controlo das companhias aéreas. Este trabalho segue algumas das sugestões apresentadas em (Castro A. J., 2007), nomeadamente, a inclusão de agentes especialistas que realizam as funções normalmente existentes num CCO. Segundo o autor “o principal objectivo deste projecto é implementar um sistema multi-agente que automatize várias actividades, aumentando a quantidade e a qualidade de informação disponível à entidade responsável por efectuar as alterações ao planeamento.”

O SMACCO tem um agente que monitoriza a operação da companhia aérea numa determinada base, permitindo identificar os voos que irão aterrar, que já aterraram, que irão partir, e que já partiram, dessa base. Tem, também, um mecanismo de detecção de eventos, que reconhece os problemas existentes com base na definição parametrizável, dada por agentes, do que é um evento. A resolução do problema é efectuada por uma série de agentes especialistas, cada um implementando métodos de resolução distintos baseados em Inteligência Artificial.

O autor conclui dizendo que “os objectivos do projecto foram alcançados, tendo o sistema sido implementado e testado numa companhia aérea real (TAP Portugal). Verifica-se que o sistema desenvolvido possui uma maior facilidade em detectar problemas e permite um acréscimo na qualidade das soluções obtidas relativamente ao sistema anterior.”

2006/Operations Recovery: New Approaches considering Passenger Recovery: Em (Bratu & Barnhart, 2006) os autores apresentam dois modelos para a recuperação de aviões e tripulações e que, através de uma função objectivo, levam em conta a recuperação de passageiros. Incluem custos dos atrasos que consideram os custos mais relevantes de hotéis e bilhetes, no caso de os passageiros serem protegidos noutras companhias aéreas. De

acordo com os autores é possível incluir, embora difícil de estimar, os custos do atraso para os passageiros e, também, as perdas futuras relativas à venda de bilhetes.

Para testar o modelo, os autores desenvolveram um simulador, que simula uma grande companhia aérea americana. Envolve 302 aviões divididos em 4 frotas, 74 aeroportos e 3 *hubs*. Foram simulados 83869 passageiros em 9925 itinerários diferentes por dia. Para todos os cenários simulados, foram geradas soluções com reduções nos atrasos dos passageiros e nas irregularidades.

2006/An Integrated Decision Support Tool for Airlines Schedule recovery during Irregular Operations: Em (Abdelghany, Abdelghany, & Ekollu, 2008) os autores apresentam uma ferramenta de apoio à decisão para apoio na gestão de irregularidades. Esta ferramenta, providencia aos CCO's a capacidade de desenvolver pró-activamente um plano de recuperação que inclua todos os recursos do voo. Um dos módulos projecta a lista dos voos com irregularidades de acordo com a gravidades das irregularidades antecipadas. O módulo de optimização, examina a possibilidade de trocar os recursos e/ou re-planear os voos de forma a gerar um plano de recuperação eficiente que minimize os atrasos e os cancelamentos.

Esta ferramenta foi testada simulando uma grande disrupção numa companhia aérea americana. Os autores apresentam várias conclusões, nomeadamente:

- A ferramenta permite que os controladores detectem antecipadamente as irregularidades e possam gerar um plano integrado de recuperação para todos os recursos utilizados.
- O plano de recuperação gerado incluía consideráveis poupanças.
- Todos os planos de recuperação foram gerados em menos de 1 minuto, o que permitia uma recuperação quase em tempo real.

1998/Modeling of an AOCC: Em (Pujet & Feron, 1998) os autores apresenta um modelo de um CCO de uma grande companhia aérea (United Airlines). O modelo representa cada controlador no CCO como um servidor de filas multi-classe. Os parâmetros do modelo incluem os caminhos e as constantes temporais da informação, bem como o fluxo das decisões no CCO. A identificação destes parâmetros é efectuada através de uma combinação de observações directas com análise estatística aos dados transaccionais do computador. O modelo inclui uma interface gráfica com o utilizador para poder acompanhar a informação e interagir com o sistema, bem como um módulo de simulação.

Os autores concluem dizendo que ficou demonstrado que é possível contruir um modelo de um CCO que capture a dinâmica dos seus operadores e as consequências económicas do fluxo de trabalho entre estes operadores. Uma vez o modelo validado é possível usá-lo para testar estratégias de controlo alternativas e propor modificações na organização dos CCO's. De realçar que o que foi implementado foi um simulador do modelo e que, por isso, não foi utilizado num CCO para fazer a gestão das irregularidades, ao contrário dos sistemas/modelos apresentados anteriormente.

Sumário e Conclusões

Relativamente aos sistemas usados pelas companhias aéreas e apesar de não termos apresentado uma lista completamente actualizada, verifica-se que a maior parte das companhias aéreas analisadas, usam, maioritariamente os sistemas de informação para monitorizar e controlar a operação. A existência de ferramentas de apoio à decisão continua a ser uma excepção. Neste último caso, as companhias que optaram pelo CrewSolver parecem levar alguma vantagem.

No que diz respeito aos sistemas de controlo da operação disponíveis comercialmente, verificamos que existem algumas ofertas disponíveis, embora seja difícil analisar se esses sistemas estarão aptos a serem usados em companhias aéreas de média ou grande dimensão. De qualquer forma, através dos sites apresentados com as características dos produtos, parece-nos que a oferta da *Jeppesen* (que adquiriu o software Carmen e, também, o SBS) é bastante completa assim como a da *Constraint Technologies*.

Finalmente e no que diz respeito aos sistemas propostos pelos laboratórios de investigação, gostaríamos de destacar aqueles sistemas que são baseados em agentes e sistemas multi-agentes. Tal como indicado em trabalho anterior (Castro A. J., 2007), acreditamos que o paradigma dos sistemas multi-agentes é mais adequado para termos um sistema que represente as funções existentes nos CCO's, com maior autonomia e automatismo. Nesse sentido gostaríamos de destacar o sistema proposto por Castro (Castro A. J., 2007) que, posteriormente, teve um protótipo desenvolvido para a TAP Portugal com base nesse trabalho (Mota, 2008).

Não sou nada. Nunca serei nada, não posso querer ser nada. À parte isso, tenho em mim todos os sonhos do mundo.

Fernando Pessoa

4. Conclusão

Neste trabalho foram abordadas as estruturas das organizações e os regimes de controlo de acordo com o trabalho de (Fox, 1981). Salientaram-se as principais características das tarefas que levam a definir a estrutura de uma organização, quando a mesma é vista como um sistema distribuído e verificou-se que todas essas características se encontram num Centro de Controlo Operacional (CCO).

Baseando-nos nos pressupostos apresentados, chegamos à conclusão preliminar de que um CCO, visto como um sistema distribuído, deverá ter estrutura mista hierárquica/distribuída (Castro A. J., 2007). Adicionalmente, foram apresentados três tipos de organizações mais comuns dos CCO's, nomeadamente: Centros de Decisão, Centros Integrados e HUB Control.

Relativamente aos sistemas usados pelas companhias aéreas verificamos que a maior parte das companhias aéreas analisadas, usam, maioritariamente, os sistemas de informação para monitorizar e controlar a operação. A existência de ferramentas de apoio à decisão continua a ser uma exceção. Neste último caso, as companhias que optaram pelo CrewSolver parecem levar alguma vantagem.

No que diz respeito aos sistemas de controlo da operação disponíveis comercialmente, verificamos que existem algumas ofertas disponíveis, embora seja difícil analisar se esses sistemas estarão aptos a serem usados em companhias aéreas de média ou grande dimensão. De qualquer forma, através dos sites apresentados com as características dos produtos, pareceu-nos que a oferta da *Jeppesen* (que adquiriu o software *Carmen* e, também, o *SBS*) é bastante completa assim como a da *Constraint Technologies*.

Na nossa opinião, vale a pena uma companhia aérea investir no desenvolvimento de uma ferramenta adequada para a gestão eficaz de um CCO. De acordo com (Shavell, 2000), no ano de 1998, os custos directos relacionados com irregularidades de 10 companhias aéreas americanas foi de \$1.826 biliões de USD. Um estudo efectuado pela Emirates Airline (Reavy, 2003), indica que o custo por minuto de atraso é de \$100 USD. Se a esta informação, juntarmos a informação real dada pela Continental Airlines referente à poupança de \$40 milhões de USD em 2001, pela utilização da ferramenta CrewSolver, facilmente se consegue elaborar um *Business Case* onde se justifique o investimento no desenvolvimento de tal ferramenta. Nesse caso, vale a pena apostar em trabalhos existentes nos laboratórios de investigação, sobretudo naqueles que são baseados em Agentes e Sistemas Multi-Agentes. Serão estes, na nossa opinião, que permitirão construir ferramentas capazes de resolver as irregularidades levando em linha de conta todas as variáveis existentes e, também, utilizar várias técnicas diferentes de resolução de problemas (por exemplo, através de agentes especialistas (Castro & Oliveira, 2007)). Dado que são sistemas que procuram replicar as funções existentes no CCO, substituindo os controladores humanos pelos tais agentes especialistas, também são aqueles que permitem mais poupança na utilização de recursos humanos. Tipicamente e com um sistema multi-agente devidamente adaptado às realidades de uma empresa, será possível ter um CCO composto por, apenas, dois supervisores humanos por turno, dispensando a utilização de controladores. Esta topologia também pode ser aplicada a companhias aéreas que, pela sua dimensão, tenham os CCO/HCC dispersos geograficamente. Os sistemas multi-agente são bastante escaláveis e, como são distribuídos, lidam com facilidade com topologias deste tipo.

5. Referências

Abdelghany, K. F., Abdelghany, A. F., & Ekollu, G. (2008). An Integrated Decision Support Tool for Airlines Schedule Recovery during Irregular Operations. *European Journal of Operational Research* , 185, 825-848.

AGIFORS. (s.d.). *AGIFORS Organization*. Obtido em 09 de 10 de 2008, de AGIFORS web Site: <http://www.agifors.org>

Bratu, S., & Barnhart, C. (2006). Flight Operations Recovery: New Approaches Considering Passenger Recovery. *Journal of Scheduling* , 9 (3), 279-298.

Caleb. (s.d.). *Caleb Technologies*. Obtido em 9 de 10 de 2008, de Caleb Tech Web Site: <http://www.calebtech.com/>

Castro, A. J. (2007, March). Designing a MUlti-Agent System for Monitoring and Operations Recovery for an Airline Operations Control Centre. *MSc Thesis* , 1-133. Porto, Portugal: University of Porto, Faculty of Engineering.

Castro, A. J., & Oliveira, E. (2007). Using Specialized Agents in a Distributed MAS to Solve Airline Operations Problems: A Case Study. *IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology (IAT'07)* (pp. 473-476). Silicon Valley: IEEE Computer Society.

Cavanagh, S. P., Haine, L., Ammori, B., Tate, G., Braithwaite, P., Gough, M. J., et al. (1998). Irregular Airline Operations: A Review of the State-of-the-Practice in Airline Operations Control Centers. *Journal of Air Transportation Management* , 4 (2), 67-76.

Fox, M. S. (1981). An Organizational View of Distributed Systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics* , 11, 70-80.

Kohl, N., Larsen, A., Larsen, J., Ross, A., & Tiourine, S. (2004). *Airline Disruption Management - Perspectives, Experiences and Outlook*. Technical University of Denmark (DTU), Informatics and Mathematical Modelling (IMM). Denmark: Carmen Research.

March, J. G., & Simon, H. A. (1993). *Organizations* (2nd Edition ed.). Wiley.

Mota, A. P. (April de 2008). A Multi-Agent System for an Airline Operations Control Centre. *MsC Thesis* . Porto, Portugal: University of Porto, Faculty of Engineering.

Piques, P. (2006). *A Economia do Transporte Aéreo e a Gestão da sua Capacidade*. Lisboa: Instituto Superior de Educação e Ciências.

Pujet, N., & Feron, E. (1998). Modeling and Airline Operations Control. *2nd USA/Europe Air Traffic Management R&D Seminar*. Orlando.

Rakshit, A., Krishnamurthy, N., & Yu, G. (1996). Systems Operations Advisor: A Real-Time Decision Support System for Managing Airline Operations at United Airlines. *Interfaces* , 26 (2), 50-58.

Reavy, J. (2003). *AGIFORS Airline Operations: Airline Update*. Auckland: AGIFORS.

Shavell, Z. (2000). The Effects of Schedule Disruptions on the Economics of Airline Operations. *3rd USA/Europe Air Traffic Management R&D Seminar*. Napoli.

Williamson, O. E. (1975). *Markets and Hierarchies: A Transactional and Antitrust Analysis of the Firm*. New York, USA: Free Press.

Wooldridge, M. (1996). *An Introduction to Multiagent Systems*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.

Yu, G., Arguello, M., Song, M., McCowan, S., & White, A. (2003). A New Era for Crew Recovery at Continental Airlines. *Interfaces* , 5-22.

Zambonelli, F., Jennings, N. R., & Wooldridge, M. (2003). Developing Multiagent Systems: The Gaia Methodology. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology* , 12 (3), 317-370.