

MPRA

Munich Personal RePEc Archive

Is there a Technological Determinism in Complex Work Systems? The Air Traffic Control Case

Sampaio, José João

April 2002

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/9837/>
MPRA Paper No. 9837, posted 05 Aug 2008 13:18 UTC

EXISTE UM DETERMINISMO TECNOLÓGICO? O CASO DOS SERVIÇOS DE CONTROLO DE TRÁFEGO AÉREO

José João Sampaio

SOCIUS – ISEG/UTL

josejmsampaio@netcabo.pt

<http://jjmsampaio.googlepages.com/home>

Resumo O presente documento constitui uma breve reflexão sobre a automatização dos Serviços de Controlo de Tráfego Aéreo, enquanto alicerces da implementação de novas técnicas e equipamentos facilitadores de uma utilização cada vez mais racional do espaço aéreo. Abordaremos a questão da compatibilidade da automatização dos sistemas de controlo de tráfego aéreo, com a necessária preservação da complexidade da natureza humana e da integração social dos indivíduos, através de uma contribuição para o trabalho social, menos mecânica e mais criativa.

Palavras-chave Automatização; controlo de tráfego aéreo ; desenho de sistemas; factor humano.

Introdução

As novas tecnologias de informação e comunicação, ao permitirem a recolha, distribuição e tratamento de dados em tempo real, abrem novos horizontes na automatização de um grande número de tarefas de natureza repetitiva, em todos os sectores de actividade - nomeadamente em aeronáutica civil - libertando pilotos e controladores de tráfego aéreo para a análise e resolução de problemas mais complexos.

Contudo, a natureza Humana tem os seus próprios limites, os quais se podem revelar sérios constrangimentos à implementação de políticas de desenvolvimento global em ambientes competitivos que requerem o estabelecimento e manutenção de elevados padrões de qualidade, o que em aeronáutica significa segurança.

O objectivo deste documento não é o de produzir um estudo elaborado sobre as questões relativas à implementação de sistemas automatizados em ambientes operacionais fortemente dependentes da componente humana. Mais do que teorizar sobre esta questão interessa-nos antes suscitar uma reflexão que se pretende exploratória e catalizadora de eventuais questionamentos mais aprofundados. A avaliação da forma como a automatização de tarefas cognitivamente dependentes se poderá transformar em factor de perturbação do desenvolvimento e manutenção de um quadro mental coerente com um processo de tomada de decisão centrado no humano – *A Propósito de*

Automação Cognitiva - constitui a nossa primeira aproximação a esta problemática. Passando pela questão do posicionamento relativo do elemento humano em ambientes automatizados – *Factor Humano?* - propomos a discussão do desenho dos novos sistemas operacionais – *Factor Tecnológico?* - e do respeito que, em nosso entender deve merecer, nesse processo, a cultura organizacional existente quer se trate de rotinas e procedimentos formais e informais quer se trate da questão relacional subjacente ao trabalho em equipa¹. Concluiremos propondo o alargamento da discussão ao projecto europeu de gestão e desenvolvimento dos serviços de tráfego aéreo, protagonizado pelo Eurocontrol²

A Propósito de Automação Cognitiva

Ao contribuir de forma decisiva para o processo de globalização a que temos vindo a assistir, a banalização do transporte aéreo funciona igualmente como factor de pressão sobre o ambiente aeronáutico, no sentido de exigir o desenvolvimento e implementação de novas tecnologias que permitam acomodar o crescente volume de procura³. Esta pressão surge, assim, como causa e efeito⁴ da evolução tecnológica e sócio-cultural das sociedades modernas, devendo o volume de tráfego - que segundo o Eurocontrol poderá atingir em 2015 um volume praticamente duplo daquele atingido em 1998 (Gráfico 1) - ser acomodado através do desenvolvimento de duas estratégias globais principais⁵:

1. Incremento das políticas de gestão de tráfego, através da reconfiguração da estrutura do espaço aéreo (redução da separação vertical mínima entre aeronaves e estabelecimento de uma rede de rotas que privilegie ligações cada vez mais directas entre origem e destino) ;
2. Aumento da capacidade dos sistemas de controlo de tráfego aéreo, através da automatização progressiva da sua componente operacional;

Para o controlador de tráfego aéreo, a consequência imediata do aumento do volume de tráfego assim proporcionado, é uma evidente sobrecarga de toda a estrutura cognitiva, nomeadamente ao nível das áreas de trabalho e do conhecimento⁶, obrigando ao processamento, pela memória de trabalho⁷, de uma quantidade considerável de

¹ No sentido de verificar até que ponto os novos sistemas se assumem como facilitadores ou inibidores da comunicação interpessoal.

² Agência Europeia para a Segurança da Navegação Aérea.

³ O último quartel do século XX assiste a um desenvolvimento significativo da aviação civil comercial, traduzido actualmente no transporte anual de mais de 1,5 mil milhões de passageiros (Cf. SLOAN Alfred P. (2000) *Global Airline Industry Study*, Alfred P. Sloan Foundation).

⁴ Ao permitir a utilização de sofisticados meios técnicos de apoio à navegação, resultando no incremento do tráfego acomodado, o qual exercerá novamente pressão...

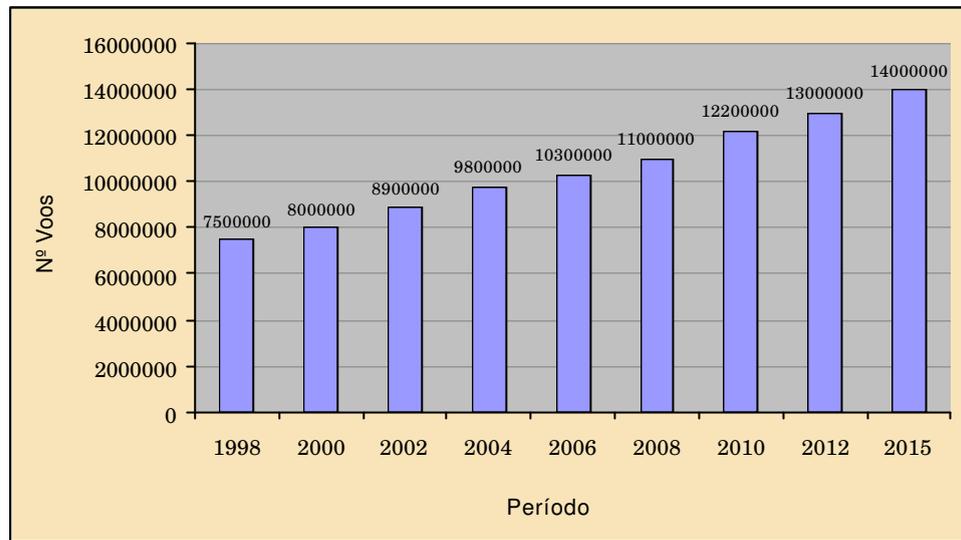
⁵ Embora em rigor se deva antes falar de estratégias integradas de desenvolvimento entre utilizadores (operadores comerciais) e prestadores de serviços de tráfego aéreo, a nossa reflexão pretende abordar apenas a realidade dos serviços de controlo de tráfego aéreo.

⁶ Embora muito haja ainda por desvendar na compreensão da memória humana, a maioria dos cientistas concordam na utilidade de a descrever genericamente como um conjunto de áreas (Sensitiva, Curto Prazo ou de Trabalho e Longo Prazo ou do Conhecimento) onde a informação é armazenada e tem lugar um conjunto de procedimentos (codificação, manutenção e recuperação da informação).

⁷ A memória de trabalho é normalmente descrita como possuindo uma capacidade de armazenagem restrita (sete, mais ou menos dois elementos) apenas disponível durante um curto intervalo de tempo (12 a 30 segundos) e altamente vulnerável a acontecimentos imprevisíveis. É essencialmente uma unidade de planeamento de curto prazo integrando informação de origem externa (percepção) ou interna (memória de longo prazo) e constitui a área de memória onde a imagem mental actual é mantida e comparada com os parâmetros do modelo mental existente.

informação, não raro ultrapassando a sua capacidade de processamento⁸. O resultado poderá ser uma percepção e/ou tratamento deficiente do maior volume de informação agora disponível.

Gráfico 1 . – Previsão da Evolução do Número de Voos na Europa



Fonte : Estratégia ATM⁹ 2000+, Eurocontrol, Bruxelas, 1998.

Esta situação é geralmente interpretada como um deficiente desempenho operacional. E de facto assim é, se for entendido por desempenho operacional apenas a fase final (a mais visível) de um processo cognitivo altamente complexo de recolha , análise e tratamento da informação que suporta a tomada de decisão, por sua vez corporizada na emissão de uma autorização de voo¹⁰.

Fala-se então em Erro Humano!...¹¹

Este constrangimento (limitada capacidade de processamento da memória de trabalho) tem constituído a justificação para um contínuo incremento dos níveis de automatização em ambientes operacionais, a qual pode igualmente evoluir no sentido da chamada *automação cognitiva*. Neste quadro, as autorizações de controlo continuam a ser emitidas por controladores de tráfego aéreo, enquanto o correspondente processo de tomada de decisão tende a tornar-se condicionado pelo ambiente automatizado, o qual progressivamente substitui a percepção que o controlador tem da situação de tráfego¹², detecta potenciais conflitos e efectua a maior parte das coordenações de tráfego, para além de outras tarefas acessórias.

Confiar apenas no elemento Humano levará a um desequilíbrio crítico entre capacidade e procura, dentro de poucos anos» (Eurocontrol, estratégia ATM 2000+ , 2.3.3.).

⁸ Naturalmente que se devem salvaguardar as características individuais.

⁹ Air Traffic Management.

¹⁰ De facto trata-se, nestas circunstâncias, do desempenho possível, isto é, a qualidade do serviço prestado não depende da vontade e/ou destreza do CTA.

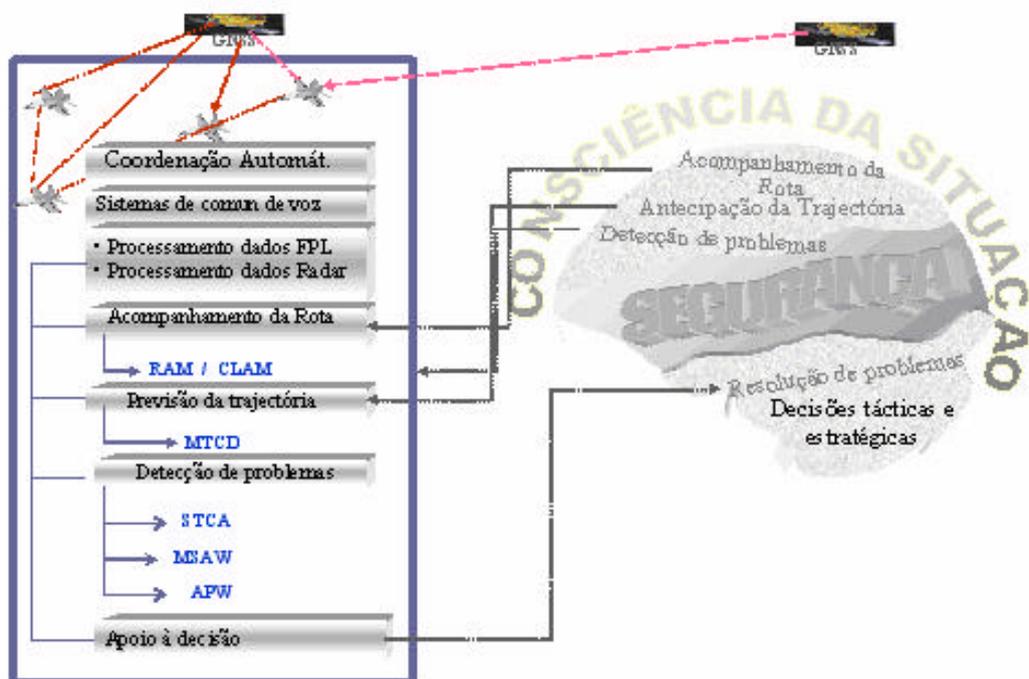
¹¹ Cf. Sampaio José (2002), *Errar (ainda) é Humano?* Revista Sociedade e Trabalho, Lisboa, Ministério do Trabalho e da Solidariedade.

¹² PERCEPÇÃO SITUACIONAL é o processo pelo qual o elemento humano extrai do ambiente externo a informação pertinente, integra essa informação com o modelo mental previamente adquirido e constrói uma imagem mental coerente, tendo em vista a actualização dos esquemas cognitivos de tomada de decisão.

De facto, é precisamente a consciência de que todo o processo de controlo de tráfego aéreo se sustenta na tomada de decisões operacionais, em tempo real e em ambiente complexo, que conduz os responsáveis pela generalidade dos projectos de automatização dos serviços de tráfego aéreo, à conclusão de que o problema se resolve “aliviando” o esforço cognitivo dos controladores de tráfego aéreo, através do desenvolvimento de ferramentas de avaliação de potenciais conflitos, numa perspectiva de antecipação estratégica. Estas ferramentas poderão ainda ser eventualmente “enriquecidas” com elaborados algoritmos de ajuda à resolução desses mesmos conflitos.

Naturalmente que um cenário em que a generalidade das tarefas do controlo de tráfego aéreo são estruturadas, planeadas e desempenhadas exteriormente ao quadro mental do controlador de tráfego aéreo - deixando-lhe embora a “responsabilidade” pela decisão final - poderá criar sérios constrangimentos ao desenvolvimento e manutenção da necessária percepção situacional, a qual tenderá a tornar-se algo difusa, em resultado da mudança operada no normal processo de actualização da informação bruta, o qual deixou de existir ou surge agora de forma intermitente - fig.1 .

Fig. 1 – Automatização (cognitiva) e Consciência da Situação;
Controlo de Tráfego Aéreo



Apesar de todos os estudos efectuados, a verdade é que ainda não foi possível a obtenção de resultados plenamente satisfatórios, parecendo justificar o entendimento da Organização da Aviação Civil Internacional – OACI - no que se refere ao controlo de tráfego aéreo, enquanto actividade eminentemente centrada no Humano:

« Os Controladores de Tráfego aéreo ?...? aplicarão o seu melhor julgamento na resolução de situações de emergência »¹³

¹³ Cf. OACI, Doc. 4444 Part III, parag. 16.1.1.

A ambiguidade resultante da descodificação do que se entende por *o seu melhor juízo* parece reafirmar a convicção que o controlo de tráfego aéreo se alicerça numa actividade essencialmente mental, de elevada complexidade e cuja natureza não pode ser ignorada, se realmente se pretende desenvolver e implementar um ambiente operacional não apenas eficiente (vector economicista) mas essencialmente eficaz, o que em controlo de tráfego aéreo, significa seguro.

Não se tratando de rejeitar a automatização, enquanto tal, parece-nos que a fig. 1, mostra claramente a necessidade de uma reconfiguração dos papeis até agora desempenhados pela componente Tecnológica e pela componente Humana em sistemas integrados de natureza complexa.

Factor Humano?

A evolução no sentido de uma crescente automatização dos ambientes de trabalho, colocará a engenheiros de sistemas e a controladores de tráfego aéreo, questões incontornáveis de entendimento e adaptação das diferentes realidades operacionais. Como afirma Phillipe Domogala (EGATS) no Forum realizado em Maastricht durante a Conferência ATC 1998, a questão resume-se a « ... *Ser ou não ser Humano num ambiente computadorizado*». E continua, referindo-se à introdução da automatização no cockpit:

«Nos anos 1960, 20% de todos os acidentes foram atribuídos ao Factor Humano. Para os anos 1990 a cifra aproxima-se dos 80%. Teremos pedido às pessoas para desempenharem tarefas impossíveis? Poderá o mesmo ser válido para os controladores, quando mais automação for adicionada aos seus sistemas?»¹⁴

Não sendo evidente a resposta a estas questões, parece-nos razoável concluir que a tarefa impossível é a de pedir a pilotos e controladores que se integrem num sistema automatizado, abdicando da sua natureza Humana, i. e., tornando-se parte do sistema. Será possível adaptar os esquemas cognitivos no sentido do desenvolvimento de um “pensamento” binário”? De facto, o que acontece é que o excesso de automatização ou soluções importadas de outros contextos operacionais¹⁵, podem levar o elemento Humano a perder o controlo de uma das fases mais importantes de todo o processo cognitivo envolvido na tomada de decisão: a construção do seu próprio quadro mental, factor decisivo para a percepção da situação de tráfego e para uma coerente interpretação e resolução de problemas¹⁶.

Nestas condições e apesar do aparente envolvimento, poder-se-á ter criado uma situação em que o elemento humano passa a abdicar progressivamente da sua própria iniciativa, deixando para um sistema automatizado a “responsabilidade” do processamento das complexas tarefas que constituem a sua actividade.

¹⁴ Domogala Phillipe (1998), "To be or not to be Human in a Computerised Environment", The Controller, 37.

¹⁵ E também sociais e culturais.

¹⁶ A construção, manutenção e actualização de um modelo mental do ambiente envolvente, bem como a obtenção de um estado de percepção situacional, definem aquilo a que normalmente chamamos o MODELO COGNITIVO ou QUADRO MENTAL do CTA. Este quadro mental, podendo embora encerrar em si mesmo aspectos comuns à generalidade das situações de tráfego e da sua interpretação por parte dos CTA, contém ainda uma componente individual muito forte, resultante do facto de a realidade não ser cognitivamente uniforme e universal.

A este respeito convirá talvez recordar algumas conclusões de diferentes estudos realizados sobre os efeitos da automatização no cockpit :

?O relatório da administração federal americana (1996) sobre A Interface entre as tripulações de voo e os modernos sistemas de gestão do voo (FMS¹⁷) conclui que «...a introdução do Factor Humano no equacionamento do problema, complica a sua resolução...»¹⁸;

?O relatório da British Airways BASIS (British Airways Safety Information System) conclui que « A evidência mostra que o Glass Cockpit não tem sido uma solução tão bem sucedida como se previra inicialmente, no sentido da melhoria da percepção situacional. A degradação da percepção situacional...é um problema sério ?...? os pilotos habituados a criar e integrar nas suas cabeças a imagem situacional, a partir da dedução efectuada com base na informação bruta, tornam-se observadores em vez de participantes na monitorização do progresso do voo»¹⁹ ;

?Tarnowsky²⁰ enquanto refere que «Um conjunto de orientações para a operação dos sistemas automatizados pode ajudar as tripulações a manterem-se aptas a reagir, no caso de acorrer uma situação inesperada ou crítica » afirma que «Os elevados índices de confiança depositados nos sistemas automatizados tendem a conduzir a uma sobreconfiança na automatização e, eventualmente, a uma operação complacente»

Recordemos o questionamento de Domogala : Poderá o mesmo ser válido para os controladores, quando mais automação for adicionada aos seus sistemas?

Factor Tecnológico ?

Entendemos, pois, que a automatização em controlo de tráfego aéreo não se deve cingir apenas ao desenho, desenvolvimento e implementação de sistemas que permitam o tratamento de volumes cada vez maiores de informação, alicerçados em ferramentas mais ou menos sofisticadas de apoio²¹ da componente Humana no processo decisório. O verdadeiro desafio situa-se no desenvolvimento e implementação de sistemas capazes de tratar a informação e de a disponibilizar ao CTA de forma a facilitar a sua tarefa, mas, salvaguardando a lucidez cognitiva, i. é., não criando condições para um potencial “alheamento” da realidade operacional, resultante de um excesso de confiança no sistema automatizado.

Por outras palavras, cabe aos responsáveis pela inovação tecnológica a responsabilidade de não permitir que esta progrida de forma a aniquilar um dos mais importantes objectivos de uma Gestão de Recursos Humanos responsável: Permitir que as pessoas se sintam profissionalmente envolvidas e responsabilizadas no desempenho de tarefas criativas, condição essencial para um efectivo empenhamento nos objectivos da organização.

¹⁷ Flight Management Systems.

¹⁸ Learmount David (2000), "Data Overload", Flight International 7-13.

¹⁹ *Idem.*

²⁰ Tarnowski Etienne (1999) " Understanding design philosophy can help pilots benefit from modern automated flight systems", ICAO Journal, 54 .

²¹ Ou substituição ?

Para que este objectivo possa ser plenamente atingido é fundamental um conhecimento, diríamos *interiorizado* das diferentes facetas do trabalho de um CTA. Por exemplo, um aspecto que ressalta de imediato na avaliação da actividade de controlo de tráfego aéreo, é o da cooperação entre os CTA, assente em esquemas de comunicação formal e informal, altamente personalizados e que permitem uma avaliação permanente das condições de tráfego e de trabalho existentes.

São estes esquemas de comunicação e as interacções emergentes, que permitem uma percepção, em tempo real, das condições de trabalho dos companheiros, quer se trate da observação directa do ambiente de trabalho quer seja através da avaliação do tom de voz e/ou indícios de natureza cognitiva, que o trabalho em equipa e o conhecimento mútuo de cada um, permite aperceber. Muitas vezes basta um olhar ou uma proposta de coordenação de tráfego, para ser possível avaliar o humor, o estado de tensão ou ainda a carga de trabalho de um companheiro. Esta avaliação reveste-se de particular importância na consolidação do espírito de equipa e de solidariedade, muito forte entre os CTA, o qual se revela frequentemente essencial para a manutenção dos elevados padrões de segurança, não raro colmatando as próprias carências do equipamento. É neste contexto, que a implementação de um “Silent Control”, sendo embora bem acolhida pelos CTA, porque os liberta de um conjunto de tarefas repetitivas²² contém, em si mesma, a génese da descaracterização de algumas das componentes mais importantes da centragem no Humano : Capacidade de negociar; nível interno de sociabilidade ; espírito de equipa.

Sendo certo que algum diálogo continuará a ser possível, não é menos certo que um ambiente electrónico é um ambiente inteiramente novo, onde novos “automatismos” e formas de comunicação informais não se adquirem facilmente e de forma espontânea, dada a elevada padronização que caracteriza esses mesmos ambientes.

É por isso, que se revela importante a existência de uma interacção efectiva, entre o pessoal operacional e os responsáveis pelo desenho dos sistemas, tendo em vista a busca de soluções satisfatórias, as quais, no respeito pela realidade local, deverão contemplar programas de formação profissional adequada, enquanto factor decisivo na avaliação e desenvolvimento dos novos papéis e competências profissionais, indispensáveis à efectiva integração do elemento humano nos futuros contextos operacionais:

« Espera-se que os sistemas de Gestão do Tráfego Aéreo continuem centrados no Humano, no futuro previsível, e que as pessoas desempenhem um papel chave na obtenção da segurança sistémica e no desenvolvimento das suas capacidades. Por isso, as pessoas são elementos essenciais na capacidade de fornecimento dos serviços de Gestão de Tráfego Aéreo, pelo que o seu envolvimento e cooperação no desenvolvimento e implementação da mudança, é essencial».(Eurocontrol, Estratégia ATM 2000+ - par.5.2.8).

Apesar de esta ser uma questão aparentemente consensual, o que se verifica na prática é a instalação de sistemas mais ou menos padronizados, testados no final do processo de desenvolvimento, procedendo-se então (quando ainda é possível) às necessárias correcções ou adaptações, quase sempre em prejuízo da componente Humana, a qual por razões técnicas e/ou financeiras acaba por se adaptar à tecnologia desenvolvida.

²² Embora importantes do ponto de vista relacional, como vimos.

Mas, não se pense que o desenvolvimento de sistemas centrados no Humano, é uma tarefa impossível ou incompatível com o aumento da capacidade disponível. Poderá requerer uma maior atenção no período de desenvolvimento do projecto e implicar um desenvolvimento faseado com programação de testes e reajustamentos sucessivos, ao longo do desenvolvimento; mas será certamente uma forma mais eficaz de atingir os objectivos referidos de centragem no Humano.

Outro aspecto importante a ter em conta no desenvolvimento de sistemas automatizados, centrados no Humano, refere-se à existência de determinadas “bengalas”²³ de que o controlador de tráfego aéreo se serve para reconhecer o seu ambiente de trabalho e a partir daí evoluir para o estabelecimento de acções de controlo, de cooperação ou simplesmente de interacção com o ambiente envolvente, não estarem presentes nos novos ambientes electrónicos. É pois necessário verificar de que forma os novos ambientes operacionais permitem a identificação e/ou estabelecimento de novas interfaces que se revelem eficazes (numa perspectiva de interacção) entre as componentes Humana e electrónica²⁴:

- A interface é assumida de forma positiva ou como um constrangimento?;
- A Interface permite uma maior eficácia e uma forma mais criativa de trabalho ou é limitativa?
- A Interface conduz a uma quebra da vigilância ?
- Como evolui a interface relativamente à carga de trabalho? Permite uma efectiva cooperação? Qual a opinião dos operacionais?

Notas Finais

Pretendemos nesta curta abordagem lançar algumas pistas para uma reconceptualização das políticas de gestão em sistemas complexos de trabalho. De facto, entendemos que a questão da capacidade produtiva não se reduz a uma questão de natureza técnica. Teremos de admitir que, enquanto os sistemas complexos de trabalho se mantiverem centrados no elemento humano, do ponto de vista da responsabilização pelo funcionamento do próprio sistema, haverá que pensar decididamente em termos de desenvolvimento humano e não exclusivamente em termos de desenvolvimento tecnológico. Os futuros sistemas de trabalho deverão por isso contemplar as particularidades dos agentes humanos e tecnológicos envolvidos, numa perspectiva de equilíbrio sistémico, em todos os seus múltiplos aspectos e complexidade.

O Plano estratégico do Eurocontrol para o século XXI, a estratégia 2000+, prevê um longo e contínuo período de desenvolvimento tecnológico, quer a bordo das aeronaves quer no que se refere às ajudas e sistemas de apoio terrestres. Este progresso tecnológico, se por um lado deverá permitir melhorar os contextos operacionais, não

²³ Símbolos, Ícones, Mnemónicas, Marcas, etc.

²⁴ Não raro se encontram equipamentos que requerem um elevado e complexo volume de operações para determinadas funcionalidades, acabando por colocar o elemento humano *Out Of The Loop*, mesmo quando essas funcionalidades foram criadas no sentido da “humanização” do sistema de trabalho. O resultado pode passar pela simples ignorância dessa funcionalidade ou, no caso de se revelar importante para o desenvolvimento do trabalho, passará a assistir-se a um consumo desnecessário de tempo e recursos (sobretudo cognitivos) que poderiam certamente ser melhor utilizados. Quase sempre uma interface complexa implica o alheamento do processo, substituindo a compreensão pelo empirismo.

deverá ser a causa de um período de instabilidade, com mudanças radicais nos ambientes de trabalho. Pensamos pois, que o desenvolvimento sistémico eficaz será aquele que contemplar uma compatibilização ascendente entre diferentes versões, quer seja ao nível das suas lógicas e coerência internas quer ao nível dos métodos de trabalho. Contudo, esta capacidade evolutiva não deve resumir-se à simples justaposição de novas funcionalidades, procurando antes, numa perspectiva de antecipação das novas configurações operacionais e dos novos cenários globais, avaliar a coerência das inovações a introduzir.

Esta é, em nosso entender, a verdadeira aproximação Centrada no Humano: Uma aproximação integrativa, alicerçada numa interpretação multidisciplinar, de natureza complexa, do necessário equilíbrio entre Factor Humano e Factor Tecnológico, nas organizações do terceiro milénio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEVERLY D. Sanford, et al. (1993) "Center / TRACON automation system: Development and evaluation in the field", 38th Annual ATC Association Conference Proceedings - <http://www.ctas.arc.nasa.gov/>.

EUROCONTROL (1999), EATCHIP Operational Concept Document (OCD).

DOMOGALA Phillipe (1998), "To be or not to be Human in a Computerised Environment", The Controller, 37.

ERZBERG Heinz, (2000) "Welcome to CTAS". <http://www.ctas.arc.nasa.gov/>.

KAUFMANN Arnold, Pezé Jacques (1978), Sub-Homens e Super- Máquinas, Lisboa, Editorial Pórtico,.

LEARMOUNT David (2000), "Data Overload", Flight International 7-13.

MORIN Edgar, s.d., O Paradigma Perdido - A Natureza Humana. Mem Martins, Europa América.

SAMPAIO José (2002), Errar (ainda) é Humano? Revista Sociedade e Trabalho, Lisboa, Ministério do Trabalho e da Solidariedade;

SAMPAIO José (2002), Factor Humano ou Factor Tecnológico? O Caso dos Serviços de Tráfego Aéreo, Actas do IX Encontro Nacional de Sociologia Industrial, das Organizações e do Trabalho, Lisboa - Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, Celta Editora.

SLOAN Alfred p. (2000) *global airline industry study*, Alfred P. Sloan Foundation).

TARNOWSKI Etienne (1999) " Understanding design philosophy can help pilots benefit from modern automated flight systems", ICAO Journal, 54 .

Towards the 21st Century - IFATCA Magazine special number.

YNTEMA, D. s.d., "Keeping track of several things at once", Human factors, 6.