

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Guido César Carim Júnior

**IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE FONTES DE  
RESILIÊNCIA E FRAGILIDADE EM EMPRESAS DE  
TÁXI AÉREO: ESTUDO DE MÚLTIPLOS CASOS**

Porto Alegre

2010

C277i Carim Júnior, Guido César

Identificação e Análise de fontes de resiliência e fragilidade em empresas de táxi aéreo: estudos de múltiplos casos / Guido César Carim Júnior. – 2010.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Porto Alegre, BR-RS, 2009.

Orientador: Prof. Dr. Tarcísio Abreu Saurin

1. Engenharia de resiliência. 2. Ergonomia cognitiva. 3. Segurança aeronáutica. I. Saurin, Tarcísio Abreu, orient. II. Título

CDU-658.5(043)

Guido César Carim Júnior

**Identificação e análise de Fontes de Resiliência e Fragilidade em Empresas de Táxi  
Aéreo: Estudo de Múltiplos Casos**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Acadêmica, na área de concentração em Sistemas de Produção.

Orientador: Professor Tarcísio Abreu Saurin, Dr.

Porto Alegre

2010

Guido César Carim Júnior

**Identificação e Análise de Fontes de Resiliência e Fragilidade em Empresas de Táxi  
Aéreo: Estudo de Múltiplos Casos**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Acadêmica e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

---

**Prof. Tarcísio Abreu Saurin, Dr.**

Orientador PPGEP/UFRGS

---

**Profa. Carla Ten Caten, Dr.**

Coordenador PPGEP/UFRGS

**Banca Examinadora:**

Professor José Orlando Gomes, Dr. Eng. (DEPOLI/PPGI/UFRJ)

Professora Christine Tessele Nodari, Dr. Eng. (PPGEP/UFRGS)

Professora Lia Buarque de Macedo Guimarães, *Ph.D.* (PPGEP/UFRGS)

Dedicatória

À minha família que proporciona amor e  
carinho únicos.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, meu agradecimento vai a todo cidadão brasileiro que, de forma indireta permitiu a realização deste trabalho. Da mesma forma, agradeço à CAPES pelo apoio financeiro, sem o qual inviabilizaria seu cumprimento.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Tarcísio Abreu Saurin, pela dedicação, paciência e apoio nessa empreitada difícil e gratificante. Mais que orientação, me ensinou a verdadeira virtude da docência e pesquisa.

Aos professores que participaram da banca, pois as sugestões e críticas permitiram maior desenvolvimento do trabalho. Da mesma forma, todos os alunos e bolsistas do Núcleo de Design, Ergonomia e Segurança que contribuíram de forma significativa com sugestões e críticas ao trabalho.

Aos queridos amigos, alunos e professores do Departamento de Engenharia de Produção que me receberam de braços abertos e proporcionaram todo o apoio necessário durante a realização do curso, sendo inclusive o ponto de apoio nos momentos ruins.

Agradeço ainda o apoio dos meus pais e minha irmã, lugares seguros onde encontro paz e carinho, mesmo com a distância. À minha namorada, pela paciência, muita paciência, muitíssima paciência, e pelo apoio incondicional e irrestrito. Vocês foram, são e sempre serão muito importantes para mim, minha essência.

## RESUMO

A Engenharia de Resiliência (ER) é um novo paradigma para gestão da segurança o qual, apesar de possuir uma fraca estrutura teórica, vem sendo aplicado em diversos setores. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo a identificação de fontes de fragilidade e resiliência em empresas de táxi aéreo. Para essa identificação foram utilizados os seguintes princípios da ER: flexibilidade, consciência, aprendizagem e comprometimento da alta direção. O estudo de caso foi à estratégia de pesquisa adotada, tendo sido investigadas duas empresas de táxi aéreo de pequeno porte. O método de pesquisa envolveu as seguintes etapas: (a) caracterização da empresa sob a perspectiva de três subsistemas que compõem seu sistema sócio-técnico (social, técnico e organização do trabalho); (b) identificação dos constrangimentos e adaptações dos funcionários no desempenho de suas atividades; (c) identificação das fontes de fragilidade e resiliência a partir dos 4 princípios da ER, desdobradas em evidências empíricas conforme a literatura. Os resultados mostram que 11 fontes estavam relacionadas à fragilidade da empresa A e 6 da empresa B. Da mesma forma, identificou-se 9 fontes de resiliência na empresa A e na empresa A. Em particular, o objetivo primário da empresa (lucro, no caso de uma das empresas; servir aos proprietários, no caso da outra empresa) revelou-se como uma fonte comum a todas as fontes de resiliência ou fragilidade e quase todas as fontes de resiliência constituíram de ações isoladas dos operadores, revelando a emergência dessas fontes na organização informal das empresas.

Palavras-chave: engenharia de resiliência, empresas de táxi aéreo, fontes de fragilidade e resiliência, segurança na aviação.

## **ABSTRACT**

Resilience Engineering (RE) is a new safety management paradigm which, in spite of its weak theoretical structure, has been applied in many domains. In this context, this research has a main objective of identifying sources of brittleness and resilience on air taxi carriers. To accomplish this objective, this work used as base the following RE principles: flexibility, conscious, learning, top management commitment. Case study was the research strategy used, which investigated two small air taxi carriers. Research method involved the following steps: (a) air taxi carrier characterization from the tree subsystems that compose socio-technical system (social, technical, work system); (b) employees constraints and adaptations identification during the job; (c) brittleness and resilience source identification from 4 RE principles, unfolded in empirical evidences according to literature. The results show that 11 sources were related to brittleness at company A and 6 at company B. At the same way, 9 sources of resilience were identified at company A and company B. In particular, the main air taxi carrier objective (to profit, in of one them; to serve, to another one) appeared as a common to all sources of brittleness and resiliencies and almost all sources of resilience were constituted of isolated action from operators, revealing resilience source emergence from companies informal organization.

Key-words: resilience engineering, air taxi carriers, brittleness and resilience sources, aviation safety.

## SUMÁRIO

1.1	CONTEXTO .....	16
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA .....	22
1.3	QUESTÕES DE PESQUISA .....	24
1.4	OBJETIVO GERAL.....	24
1.5	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	24
1.6	DELIMITAÇÕES.....	25
1.7	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	25
2.1	ORGANIZAÇÃO DO SISTEMA DE AVIAÇÃO (SAC) BRASILEIRO ...	27
2.1.1	<b>Autoridade Aeronáutica .....</b>	<b>28</b>
2.1.2	<b>Autoridade de Segurança de Voo .....</b>	<b>30</b>
2.1.3	<b>Sistema de Gerenciamento do Tráfego Aéreo .....</b>	<b>31</b>
2.1.4	<b>Infra-estrutura Aeronáutica .....</b>	<b>33</b>
2.1.5	<b>Instituições de Formação de Pilotos de Avião .....</b>	<b>33</b>
2.2	EMPRESAS DE TÁXI AÉREO .....	35
2.3	PRÁTICAS DE GESTÃO DE SEGURANÇA NA AVIAÇÃO .....	37
2.3.1	<b>Definições iniciais .....</b>	<b>37</b>
2.3.2	<b>Sistema de gestão da segurança na aviação.....</b>	<b>38</b>
2.4	SISTEMAS SÓCIO-TÉCNICOS COMPLEXOS.....	43
2.4.1	<b>Origens.....</b>	<b>43</b>
2.4.2	<b>Teoria Geral dos Sistemas .....</b>	<b>47</b>
2.4.3	<b>Teoria dos Sistemas Sócio-Técnicos .....</b>	<b>49</b>
2.4.4	<b>Cibernética.....</b>	<b>51</b>
2.4.5	<b>Pensamento Complexo.....</b>	<b>52</b>
2.4.6	<b>Sistemas complexos.....</b>	<b>52</b>
2.5	A ENGENHARIA DE RESILIÊNCIA COMO NOVO PARADIGMA NOS ESTUDOS SOBRE GESTÃO DE SEGURANÇA .....	58
2.5.1	<b>Origens.....</b>	<b>59</b>
2.5.2	<b>Conceitos Fundamentais sobre a Gestão de Segurança.....</b>	<b>70</b>
2.5.3	<b>Desenvolvimentos.....</b>	<b>73</b>
2.5.4	<b>Fundamentos .....</b>	<b>76</b>
2.5.5	<b>Princípios da Engenharia de Resiliência.....</b>	<b>83</b>
2.5.6	<b>Métodos para avaliação da resiliência em empresas.....</b>	<b>87</b>
3.1	ESTRATÉGIA DE PESQUISA.....	94
3.2	DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	96
3.2.1	<b>Instrumentos de coleta de dados.....</b>	<b>97</b>
3.2.2	<b>Seleção das empresas participantes.....</b>	<b>103</b>
3.2.3	<b>Estudo de múltiplos casos .....</b>	<b>104</b>
3.2.4	<b>Análise conjunta dos dados .....</b>	<b>110</b>
3.2.5	<b>Análise das fontes de fragilidade e resiliência .....</b>	<b>111</b>

4.1	ESTUDO DE CASO NA EMPRESA A.....	114
4.1.1	<b>Caracterização do sistema sócio-técnico complexo.....</b>	<b>114</b>
4.1.2	<b>Fontes de fragilidade .....</b>	<b>126</b>
4.1.3	<b>Fontes de resiliência.....</b>	<b>146</b>
4.1.4	<b>Considerações Finais .....</b>	<b>157</b>
4.2	ESTUDO DE CASO NA EMPRESA B.....	159
4.2.1	<b>Análise do sistema sócio-técnico complexo .....</b>	<b>159</b>
4.2.2	<b>Fontes de fragilidade .....</b>	<b>168</b>
4.2.3	<b>Fontes de resiliência.....</b>	<b>177</b>
4.2.4	<b>Considerações Finais .....</b>	<b>190</b>
	APÊNDICE 01 - CARTA DE APRESENTAÇÃO E INTENÇÃO DE PESQUISA .	213
	APÊNDICE 02 - TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA REALIZAR AS ATIVIDADES DE PESQUISA E DE CONFIDENCIALIDADE DE INFORMAÇÕES.....	215
	APÊNDICE 03 - FORMULÁRIO A: DOCUMENTOS SOLICITADOS JUNTO À EMPRESA.....	216
	APÊNDICE 04 - FORMULÁRIO B: AVALIAÇÃO DO SUBSISTEMA SOCIAL E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	218
	APÊNDICE 05 - FORMULÁRIO C: AVALIAÇÃO DO SUBSISTEMA TÉCNICO.	219
	APÊNDICE 06 - FORMULÁRIO D: AVALIAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRABALHO .....	220
	APÊNDICE 07 - FORMULÁRIO E: AVALIAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA ENGENHARIA DE RESILIÊNCIA .....	221

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Organograma do Ministério da Defesa após a criação da ANAC .....	30
Figura 2 - Os doze volumes das Normas de Segurança do Comando da Aeronáutica aplicados a qualquer instituição no meio aeronáutico .....	40
Figura 3 – Comparação entre as características de sistemas complexos e lineares.....	55
Figura 4 – Matriz que estabelece a relação entre as duas dimensões e os quatro resultados. ....	71
Figura 5 - Representação gráfica dos resultados da interação entre as conseqüências dos eventos e a probabilidade de ocorrência.....	72
Figura 6 – Variação na porcentagem total das causas atribuídas aos acidentes conforme as três grandes categorias.....	80
Figura 7 – Representação gráfica da teoria Tripod. ....	88
Figura 8 - Categorias e itens de avaliação do MASST segundo a fonte de evidência. ....	90
Figura 9 - Delineamento da pesquisa .....	96
Figura 10 – O princípio da flexibilidade e as características associadas bem como os estudos referidos .....	101
Figura 11 – O princípio da consciência e as características associadas bem como os estudos referidos.....	101
Figura 12 – O princípio da aprendizagem e as características associadas bem como os estudos referidos .....	102
Figura 13 – O princípio do comprometimento da alta direção e as características associadas, bem como os estudos referidos.....	103
Figura 14 – Exemplo de perguntas definidas para avaliar o princípio da consciência considerando somente algumas características.....	103
Figura 15 - Cronograma de coleta de dados na empresa A.....	105
Figura 16 - Cronograma de coleta de dados na empresa B .....	106
Figura 17 - Distribuição dos funcionários entrevistados ou não da empresa A .....	108
Figura 18 – Distribuição dos funcionários entrevistados ou não da empresa B.....	109
Figura 19 – Exemplo da planilha de análise das entrevistas realizadas para analisar a extensão dos princípios da ER.....	111
Figura 20 – Estrutura de análise utilizada para caracterizar as fontes de fragilidade.....	112

Figura 21 – Estrutura de análise utilizada para caracterizar as fontes de resiliência.....	113
Figura 22 – Função dos funcionários entrevistados na empresa A .....	115
Figura 23 - Esquerda: distribuição dos funcionários da empresa A por idade. Direita: distribuição dos funcionários da empresa A pelo nível de educação formal.....	115
Figura 24 - Tempo de serviço dos funcionários da empresa A .....	116
Figura 25 – Processos executados pela empresa A .....	121
Figura 26 – Organograma da empresa A conforme o MGO .....	123
Figura 27 – Real distribuição hierárquica da empresa A.....	123
Figura 28 – As 11 fontes de fragilidade identificadas na empresa A, analisadas segundo categorias pré-estabelecidas .....	127
Figura 29 – Relação entre a decisão de realizar ou não o vôo e a condição meteorológica real encontrada e as conseqüências .....	132
Figura 30 – As fontes de resiliência identificadas na empresa A.....	147
Figura 31 – Distribuição dos funcionários entrevistados da empresa B por função desempenhada.....	159
Figura 32 – Esquerda: distribuição dos funcionários da empresa B por idade. Direita: distribuição dos funcionários da empresa B por nível de escolaridade.....	160
Figura 33 - Tempo de serviço na empresa B .....	161
Figura 34 – Processos identificados na empresa B e na empresa controladora .....	164
Figura 35 - Organograma prescrito da empresa B.....	165
Figura 36 – Real distribuição hierárquica da empresa B.....	166
Figura 37 – A função principal e secundária dos tripulantes da empresa B, bem como a disposição deles por aeronave .....	167
Figura 38 – As 06 fontes de fragilidade identificadas na empresa B, analisadas segundo as categorias pré-estabelecidas .....	169
Figura 39 – As fontes de resiliência identificadas na empresa B .....	177
Figura 40 – Quantidade de ocorrências de solo, incidentes, acidentes e relatórios de segurança preenchidos por ano.....	185

## LISTA DE ABREVIATURAS

- ADSO – Auditoria de Segurança Operacional
- ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil
- APP – *Approach Control* (Controle de Aproximação)
- ASV – Agente de Segurança de Vôo
- ATC – *Air Traffic Control* (Controle de Tráfego Aéreo)
- ATS – Serviço de Tráfego Aéreo
- ATZ – Zona de Tráfego Aéreo
- BSI – *British Standards Institution* (Instituto de Padrões Britânico)
- CAA – (*Australian*) *Civil Aviation Authority*
- CAS – *Complex Adaptive Systems* (Sistemas Adaptativos Complexos)
- CASA – *Australian Civil Aviation Safety Authority* (Autoridade de Segurança na Aviação Civil Australiana)
- CBAer – Código Brasileiro de Aeronáutica
- CENIPA – Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
- CIAA – Comissão Investigadora de Acidentes Aeronáuticos
- CINDACTA – Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle do Tráfego Aéreo
- CIPAA – Comissão de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
- COCOM – *Contextual Control Model* (Modelo de Controle Contextual)
- COMAER – Comando da Aeronáutica
- CONAC – Conselho Nacional de Aviação Civil
- CRM – *Company Resource Management* (Gerenciamento dos Recursos da Empresa)
- CTA – *Cognitive Task Analysis* (Análise da Tarefa Cognitiva)
- CTM – Controle Técnico da Manutenção
- DAC – Departamento de Aviação Civil
- DECEA – Departamento de Controle do Espaço Aéreo
- DEPV – Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Vôo
- DR – Diretoria de Rotas Aéreas
- EASA – *European Aviation Safety Agency* (Agência de Segurança na Aviação Européia)
- EASHW – *European Agency for Safety and Health at Work* (Agência Européia para a Segurança e Saúde no Trabalho)

EC – Elemento Credenciado

EC-Prev – Elemento Credenciado em Prevenção

ECOM – *Extended Control Model* (Modelo de Controle Estendido)

EO – Especificações Operativas

ER – Engenharia de Resiliência

ESC – Engenharia de Sistemas Cognitivos

EWV – *Emerging Worlview* (Visão de Mundo Emergente)

FAA – *Federal Aviation Authority* (Autoridade Federal de Aviação)

FIR – *Flight Information Region* (Região de Informação de Vôo)

FOQA – *Flight Operations Quality Assurance* (Garantia da Qualidade das Operações de Vôo)

FSF – *Flight Safety Foundation* (Fundação de Segurança de Vôo)

GAIN – *Global Aviation Information Network* (Rede global de Informação na Aviação)

HFES – *Human Factors and Ergonomics Society* (Sociedade de Ergonomia e Fatores Humanos)

HRO – *High Reliability Organizations* (Organizações de Alta Confiabilidade)

IATA – *International Air Transport Association* (Associação Internacional das Empresas Aéreas de Transporte)

ICAO – *International Civil Aviation Organization* (Organização da Aviação Civil)

IFR – *Instrument Flight Rules* (Regras de Vôo por Instrumento)

IGA – Inspeção Geral da Aeronáutica

ILO – *International Labor Organisation* (Organização Internacional do Trabalho)

Infraero – Empresa Brasileira de Infra-estrutura Aeroportuária

IOSA – *IATA's Operational Safety Audit* (Auditoria de Segurança Operacional da IATA)

IPS – *Information Process System* (Sistema de Processamento da Informação)

KAB – *Knowledge, Attitude, Behaviour* (Conhecimento, Atitude, Comportamento)

KBB – *Knowledge Based Behaviour* (Comportamento Baseado no Conhecimento)

MAer – Ministério da Aeronáutica

MASST – Método de Avaliação do Sistema de Segurança e Saúde no Trabalho

MGM – Manual Geral de Manutenção

MGO – Manual Geral de Operação

MPS – Ministério do Planejamento Social

MTE – Ministério do Trabalho e do Emprego

NR – Normas Regulamentadoras

NSCA – Norma de Segurança do Comando da Aeronáutica

OFSH – *Operator's Flight Safety Handbook* (Manual de Segurança de Vôo dos Operadores Aéreos)

OHSAS – *Occupational Health and Safety Assessment Series* (Série de Avaliação da Segurança e Saúde Ocupacional)

OIT – Organização Internacional do Trabalho

ONU – Organização das Nações Unidas

OSV – Oficial de Segurança de Vôo

PDCA – *Plan, Do, Control, Action* (Planejar, Fazer, Controlar, Agir)

PPAA – Programa de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos

P-PSAC – Pequenos Provedores de Serviços de Aviação Civil

RAB – Registro Aeronáutico Brasileiro

RBAC – Requisito Brasileiro de Aviação Civil

RBB – *Rule Based Behaviour* (Comportamento Baseado na Regra)

RBHA – Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica

RCSO – Relatório Confidencial de Segurança Operacional

RELPREV – Relatório de Prevenção

ROTAER – Manual Auxiliar de Rotas

NOTAM – *Notice To Airmen* (Alerta Aos Pilotos)

RSCV – Relatório Confidencial de Segurança de Vôo

SAC – Sistema de Aviação Civil

SBB – *Skill Based Behaviour* (Comportamento Baseado na Habilidade)

SGQ – Sistemas de Gestão da Qualidade

SGS – Sistema de Gestão da Segurança

SGST – sistema de Gestão da Segurança no Trabalho

SGSO – Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional

SIPAER – Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos

SIPAA – Serviço de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos

SISDACTA – Sistema de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo

SMM – *Safety Management Manual* (Manual de Gestão de Segurança)

SOP – *Standard Operating Procedures* (Procedimentos Padrões de Operação)

TAM – Transportes Aéreos Marília

TC – *Transport Canadá* (Transportes Canadá)

TGS – Teoria Geral dos Sistemas

TMA – *Terminal Maneuvering Area* (Área de Controle de Terminal)

TWR – *Tower* (Torre de Controle)

TWV – *Traditional Worldview* (Visão de Mundo Tradicional)

VFR – Regras de Voo Visuais

VSO – Vistoria de Segurança Operacional

VSV – Vistoria de Segurança de Voo

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTO

Historicamente, a aviação civil mundial tem buscado diminuir os índices de acidentes chegando a ser considerada um sistema sócio-técnico complexo ultra-seguro, considerando o transporte aéreo regular (AMALBERTI, 2001a; 2001b). Essa constatação pode ser feita ao se observar os dados de acidentes relativos às últimas décadas.

De acordo com a macro análise da Boeing (2007), o índice de acidentes por milhão de decolagens com aeronaves de transporte aéreo regular de passageiros tem reduzido a ponto de atingir um patamar constante de aproximadamente 0,75. Esse índice é calculado considerando o número de acidentes com perda total do casco de aeronaves fabricadas no ocidente, com mais de 27.000 kg de peso máximo de decolagem e certificada na categoria de transporte aéreo. Amalberti (1996) afirma que uma possível explicação para a estagnação das taxas nesse patamar se deve ao fato das atuais práticas de gerenciamento da segurança de vôo terem atingido sua efetividade máxima. Conforme Braithwaite (2001), Vicente (2005) e Dekker (2007), somente a análise de indicadores reativos sobre a segurança acaba limitando o entendimento do real *status* de determinada indústria em termos de segurança. Na aviação civil, assim como em outras indústrias, não existem indicadores pró-ativos em nível setorial, tanto no âmbito mundial como no nacional, conforme é possível constatar observando os índices medidos pelas principais organizações de aviação civil.

Já a partir de uma perspectiva micro, tem sido observado um aumento no índice mundial de acidentes. De acordo com a Associação Internacional de Empresas de Transporte Aéreo (*International Air Transport Airlines – IATA*), os índices de acidentes por milhão de decolagens de 2006, 2007 e 2008 têm aumentado. Foram registrados respectivamente os índices de 0,65, 0,75 e 0,81 (IATA, 2007; 2008b; 2009).

Segundo a IATA (2009), a tendência de aumento nos índices de acidentes ocorreu principalmente devido às regiões da Ásia do Pacífico, à África e à América Latina. De

modo geral, os índices de acidentes acima da média mundial pertencem a países de terceiro mundo (IATA, 2008a). Tal tendência já vem sendo percebida desde a década de 90. Considerando os dados sobre acidente de 1992, Faizi (1996) avalia que as empresas aéreas de países do terceiro mundo possuem índices de acidentes fatais pelo menos 10 vezes maiores que empresas do primeiro mundo. Dentre as principais causas atribuídas a essa constatação, o autor aponta a negligência das autoridades regulatórias, o treinamento profissional inadequado, a falta de profissionalismo no gerenciamento da segurança, a escassez e a má gestão dos recursos.

Na América Latina, o aumento do índice de acidentes em 2007 foi influenciado principalmente pelo Brasil (IATA, 2008a). Nesse período, o número total de acidentes, incluindo aeronaves e helicópteros, aumentou aproximadamente 47% em relação ao ano anterior, sendo o maior número de acidentes registrados desde 1995 (97 acidentes) segundo dados do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes, autoridade aeronáutica responsável pelos aspectos de segurança de vôo do sistema de aviação civil brasileiro (CENIPA 2008). Desse total, ocorreram 78 acidentes envolvendo somente aviões, um aumento de 62,5% em relação ao ano de 2006. Recentemente, o CENIPA (2009) divulgou informações apontando um aumento de 12,5% no número de acidente com aviões em 2008 em comparação ao ano de 2007. Esse é o terceiro ano consecutivo que se registra um aumento no número absoluto de acidente na aviação civil brasileira.

Além do segmento de transporte aéreo regular, os índices de acidentes de outros dois segmentos da aviação brasileira também devem ser considerados, quais sejam: a) transporte aéreo não-regular; b) aviação geral. O primeiro é caracterizado por realizar o transporte de passageiros ou de cargas apenas quando há demanda, ou seja, os vôos não saem em horários pré-determinados regulamente. Por este motivo é que são chamadas empresas de táxi aéreo, empresas de transporte aéreo por demanda ou empresas de vôos *charters* (WELLS; CHADBOURNE, 2003). Já o segundo segmento é relativo à utilização das aeronaves para transporte de carga ou pessoas sem fins comerciais. Em 2007, esses dois segmentos foram responsáveis por 62,9% do total de acidentes no Brasil. Contudo, devido ao menor porte das aeronaves empregadas nesses segmentos, a participação no índice de fatalidades foi baixo, representando 17,4% do total de fatalidades ocorridas no mesmo ano (CENIPA, 2008). É importante lembrar que o índice foi influenciado pelo acidente ocorrido com muitas vítimas.

Uma das ferramentas para gerir a segurança em uma empresa é o Sistema de Gestão da Segurança (SGS), como os utilizados na indústria manufatureira, na qual é comum a

existência de um departamento responsável unicamente por assuntos de SST. Neste tipo de abordagem, a segurança é gerenciada através de princípios, políticas e práticas, as quais podem ou não incluir um sistema documentado de gestão e certificado com base em normas (DE CICCO, 1999; BSI, 1999; 2000; ILO, 2001). Esses sistemas entendem a segurança como um processo que precisa ser controlado, baseando-se geralmente no ciclo PDCA (*Plan, Do, Control, Action*) amplamente difundido nos sistemas de gestão da qualidade (CAMPOS, 1992; BENITE, 2004).

Até 2006, a gestão da segurança da aviação civil internacional estabelecida pela *International Civil Aviation Organization* (ICAO), entidade responsável por padronizar, regular e fiscalizar a aviação civil internacional, baseava-se em práticas recomendadas e não em um SGS formal e estruturado. Essas práticas estavam relacionadas à investigação de acidentes e incidentes aeronáuticos (ICAO, 2001; ICAO, 2003) e à prevenção de acidentes (ICAO, 1984).

Com o intuito de preencher esta lacuna, diversas instituições ligadas à aviação civil internacional propuseram modelos de SGS em empresas aéreas. Propostas da *Federal Aviation Agency* (FAA, 2000), dos EUA, da *UK Civil Aviation Authority* (2002), do Reino Unido, da *Transport Canada Civil Aviation* (2008) do Canadá, entre outros, objetivaram compilar as melhores práticas utilizadas na gestão da segurança pelas empresas aéreas. Essas iniciativas resultaram em manuais que continham as principais práticas de gestão da segurança em empresas de transporte aéreo.

Também houve iniciativas de entidades não-governamentais ligadas à aviação. A *Flight Safety Foundation* (FSF), por exemplo, propôs um manual contendo as melhores práticas de segurança utilizadas pelas maiores empresas aéreas do mundo, o *Operator's Flight Safety Handbook* (OFSH) (FSF, 2004; CARIM JÚNIOR. *et al.*, 2005). Já a IATA propôs diretrizes para a gestão da segurança nas empresas aéreas associadas. O intuito da instituição é certificar as empresas aéreas a partir de um programa de padronização do SGS chamado de *IATA Operational Safety Audit* (IOSA). No Brasil, a TAM (2007) foi uma das primeiras empresas aéreas certificadas por esse programa.

Com o intuito de tornar obrigatória a implantação de sistemas de gestão da segurança nas empresas aéreas, a ICAO exigência que um SGS que deve ser implantado em cada país membro e por todas as instituições ligadas à aviação. A estrutura e os princípios do SGS estão dispostos no *Safety Management Manual* (SMM), sendo determinado que a implantação seja cumprida até o final de 2008 (ICAO, 2006; 2009).

No país, ainda estão em desenvolvimento regulamentos que estabelecem a obrigatoriedade de um sistema de gestão de segurança para as empresas aéreas, para se adequar as normas da ICAO. Recentemente, o CENIPA adequou o conjunto de normas que regem as práticas de segurança utilizadas na aviação civil brasileira, as Normas de segurança do Comando da Aeronáutica (NSCA). Esse conjunto de normas é composto por 12 volumes, cujo objetivo é direcionar a implantação de práticas de segurança e são aplicadas a qualquer tipo de empresa aérea operando em território nacional (BRASIL, 2008a).

Tanto a proposta da ICAO como as das autoridades aeronáuticas mencionadas anteriormente utilizam práticas similares. Assim como os tradicionais SGS da indústria manufatureira, o da aviação baseia-se, entre outras coisas, no planejamento das atividades de segurança, identificação de perigos, gerenciamento do risco e proposição de medidas para reduzir o risco em um patamar operacionalmente aceitável e medidas para o contínuo melhoramento do sistema. Em caso de ocorrência de acidentes ou incidentes, as diretrizes estabelecem ainda procedimentos para a investigação e para a gestão de crises (FSF, 2004; BENITE, 2004; DIJKSTRA, 2006).

Uma das práticas utilizadas nos SGS e amplamente difundida é a auditoria de segurança, a qual pode ser definida como uma abrangente e sistemática avaliação das atividades e resultados de uma organização, quando confrontados contra um modelo de excelência (EFQM, 1995). O objetivo é avaliar se o modelo de SGS está sendo cumprido, verificando se as práticas foram implantadas e estão sendo utilizadas adequadamente. A auditoria permite ainda que a organização identifique claramente os pontos fortes e fracos relativos à segurança de suas operações, culminando com planos de ações de melhoria, sendo sua implantação monitorada (CAMBON *et al.*, 2006; CHIESA *et al.* 1996). Aliada aos sistemas de coleta de dados por relatos voluntários e não punitivos (VICENTE, 2005; DIJKSTRA, 2006), as auditorias são ricas fontes de informação, pois procuram identificar os perigos antes da ocorrência de acidentes ou incidentes.

Contudo, as atuais práticas de gestão de segurança utilizadas pelas empresas aéreas, propostas pelos diversos órgãos anteriormente citados, contribuíram para reduzir o número de acidentes a um platô, cuja estagnação tem sido discutida por vários autores (AMALBERTI, 1996, DIJKSTRA, 2006, WOODS; HOLLNAGEL, 2006b).

Tal estagnação está associada a vários fatores: (a) a dinamicidade da sociedade moderna, que faz com que o projeto original dos sistemas fique defasado em relação às características do meio, pois os projetistas não possuem informações suficientes para

prever as características futuras do meio no qual o sistema está inserido (VICENTE, 1999); (b) as características peculiares do sistema de transporte aéreo, tais como o uso de equipamentos de alta tecnologia, a complexidade e o acoplamento entre as operações que estão em curso ao mesmo tempo; c) a visão tradicional de que a segurança é um resultado linear da utilização das práticas de segurança pelas empresas (ROCHLIN, 1993); d) o fato de que na aviação os acidentes são eventos raros e geralmente catastróficos, se comparados com os acidentes ocupacionais na indústria (PERROW, 1984; REASON, 1997). Em função desse último fator, os esforços dos profissionais ligados ao setor estão voltados na aquisição de informações sobre eventos de menores conseqüências, tais como incidentes e ocorrências de solo (VICENTE, 2001; AMALBERTI, 2001a). Contudo, essas informações não são investigadas devidamente, pois a ênfase está em categorizá-las para gerar resultados estatísticos sobre tendências, com o objetivo de orientar as empresas e as autoridades aeronáuticas sobre os investimentos em segurança (DIJKSTRA, 2006).

É a partir dessa problemática que é proposto um novo paradigma dentro da gestão da segurança, denominado Engenharia de Resiliência (ER) (WOODS; WREATHALL, 2003; HOLLNAGEL *et al.*, 2006). Como premissa básica, a ER entende a segurança como uma propriedade emergente de um sistema sócio-técnico complexo, ou seja, a segurança decorre de complexas interações entre todos os elementos materiais e humanos de uma organização e seu ambiente externo (HOLLNAGEL; WOODS, 2006; DEKKER, 2006).

A ER é uma evolução natural dos estudos sobre fatores que levam a falhas de organizações complexas, sobre erros humanos e sobre fatores por trás dos erros humanos (re-interpretação dos erros humanos) (WOODS; WREATHALL, 2003). Sendo assim, esse novo paradigma na gestão da segurança tem por objetivos “[...] desenvolver meios para incorporar a gestão do risco nas ferramentas da engenharia de sistemas e desenvolver ferramentas para gestão do conhecimento que capturem pró ativamente o efeito dos fatores humanos e organizacionais sobre o risco” (WOODS; WREATHALL, 2003, p. 1).

Com relação à abordagem utilizada para prevenir os perigos de natureza organizacional, a ER se baseia principalmente em estudos sobre organizações de alta confiabilidade (*High Reliability Organizations - HRO*) e a Resiliência Institucional (ROCHLIN; 1993; REASON, 1997; 2001; WEICK; SUTCLIFFE, 2001). Os estudos sobre HRO inspiraram a ER ao propor características de empresas que trabalham com operações de alto risco e ainda assim mantêm um ótimo índice de segurança, como a alta consciência de todos na empresa para sempre esperar por erros e acidentes. Os estudos sobre Resiliência Institucional, desenvolvidos a partir da HRO, procuraram determinar fatores

específicos que caracterizam uma empresa resiliente, gerando uma lista de verificação. Apesar de ter sido proposto ao contexto médico (CARTHEY *et al.*, 2001), foi realizada uma aplicação da lista em empresas aéreas (WOOD *et al.*, 2006).

Com relação ao desempenho humano, a ER procura aplicar os conhecimentos desenvolvidos principalmente pela Engenharia de Sistemas Cognitivos (ESC) (WOODS; HOLLNAGEL; 2006a). A ESC, dentre outras propostas, procura alternativa às limitações das teorias sobre a cognição humana proferidas pelas ciências cognitivas as quais estabelecem que o ser humano é um processador de informações (WICKENS, 1992), sendo o processo mental realizado exclusivamente dentro da mente (NORMAN, 1988; RASMUSSEN *et al.*, 1994; HUTCHINS, 1995).

A ESC é uma área multidisciplinar da engenharia de sistemas que procura projetar sistemas sócio-técnicos complexos, tomando como unidade de análise os sistemas cognitivos. Estes, por sua vez, são definidos como um sistema que pode mudar seu comportamento baseado no conhecimento e experiência, com o objetivo de manter o controle e se adequar ao meio em que está inserido. Ao interagir com mais de um sistema cognitivo, os sistemas cognitivos correlacionados tornam-se a unidade de análise, representando a relação indissociável entre o ser humano, o artefato e o trabalho (RASMUSSEN *et al.*, 1994; HOLLNAGEL; WOODS, 1999; 2005; GUIMARÃES, 2006a).

Já com relação ao erro humano, a ER se baseia em estudos que procuram identificar quais são os fatores que criaram as condições que levaram ao erro humano (REASON, 1990; WOODS; COOK, 2002; DEKKER, 2006; WOODS; HOLLNAGEL, 2006b). O erro humano é visto como resultado de adaptações mal sucedidas realizadas pelos operadores frente aos constrangimentos impostos pelo sistema. Constrangimentos são todos os fatores que impedem que o trabalho seja realizado da forma como foi planejado (GOMES *et al.*, 2008), sejam eles de ordem organizacional, coletiva ou individual (VICENTE, 1999). São exemplos de constrangimentos, as pressões econômicas e de tempo (HOLLNAGEL *et al.* 2008).

A essência da ER recai na compreensão e melhoria da resiliência dos sistemas, seja em nível individual, de equipes ou organizacional (WOODS; HOOLNAGEL, 2006b). Resiliência é definida como a capacidade de um sistema de antecipar, adaptar e recuperar seu estado normal de operação a partir de distúrbios do meio (LEVESON *et al.*, 2006) que geram ameaças regulares, irregulares ou eventos inesperados (WESTRUM, 2006). Portanto, as aplicações da ER são particularmente adequadas para sistemas de alto risco e

com características de complexidade (CHRISTOFFERSEN; WOODS, 1999; VICENTE, 1999; PARIÉS, 2006; ZARBOUTIS; WRIGHT, 2006), como é o caso das empresas de transporte aéreo.

A partir dessas premissas, alguns estudos têm buscado identificar princípios, características e ferramentas que regem o comportamento de sistemas resilientes, ainda que não haja um consenso. Segundo Reason (2008), os princípios estão no nível mais abstrato e geral, enquanto que as ferramentas no nível mais prático e específico. Hale e Heijer (2006a) e Hale *et al.* (2006) propõem oito princípios, tendo verificado a extensão pela qual os mesmos eram usados no transporte ferroviário da Holanda.

Saurin *et al.* (2008), baseando-se em estudos de Rasmussen *et al.* (1994) e Rasmussen (1997), sobre projeto de sistemas a partir da ESC, definiram 3 princípios para projeto de sistemas resilientes. Já Wreathall (2006) propõe a utilização de sete indicadores como propriedades de sistemas resilientes. Costella (2008), baseando-se nesses estudos, definiu quatro princípios a partir dos quais é possível verificar a resiliência do SGS das empresas manufatureiras, sendo eles: comprometimento da alta direção, flexibilidade, consciência e aprendizagem.

## 1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Tendo em vista a sua consolidação como um novo paradigma, a ER necessita de estudos aplicados, particularmente na aviação civil, bem como o desenvolvimento de métodos e ferramentas que (WOODS; WREATHALL, 2003; HOLLNAGEL; WOODS; 2005; WOODS; HOLLNAGEL, 2006b; WREATHALL, 2006; WOODS, 2006b): a) analisem, meçam e monitorem a resiliência nas organizações; b) aumentem a resiliência da organização frente ao meio em que está inserida; c) modelem e prevejam os efeitos e o risco das mudanças organizacionais e das decisões da alta gerência na resiliência da empresa.

Paralelamente, os autores afirmam a necessidade de que haja estudos que mostrem quais as características de resiliência e fragilidade encontradas nas organizações. Essas características podem ser levantadas a partir de situações de crise, colapso e acidente, ou em situações onde houve uma recuperação do estado normal de operação ou foram detectados perigos não esperados e adotadas ações para mantê-los em níveis aceitáveis de risco (WOODS; WREATHALL, 2003; WOODS, 2006a).

Desde a proposição desse novo paradigma, alguns estudos têm sido realizados no intuito de elaborar métodos de avaliação de fontes de resiliência e fragilidades em

sistemas. Outros foram propostos para identificar fontes de resiliência e fragilidade dos sistemas por meio de outros tipos de métodos cuja finalidade principal não seja a mesma dos resultados.

Dentre os estudos que propuseram um método, há um grupo que consiste de reinterpretações de métodos que originalmente se propunham a avaliar a segurança, mas não sob o enfoque da ER. Dentre essas, destaca-se o método ARAMIS, proposto inicialmente no contexto da indústria química, no qual procura avaliar o gerenciamento de barreiras de segurança, conforme Guldenmund *et al.* (2006) e Hale *et al.* (2006). O método Tripod Delta, reinterpretado por Reason (1997) e Cambon *et al.* (2006), adaptado de Hudson *et al.* (1994), procura avaliar ao mesmo tempo aspectos estruturais e operacionais de um SGS.

Há também um segundo grupo de estudos que procurou elaborar métodos originais de avaliação da resiliência segundo os preceitos da ER, utilizando alguma dimensão da empresa como objeto de pesquisa. Costella (2008), ao propor o Método de Avaliação dos Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho (MASST), procurou avaliar a resiliência da empresa a partir da análise do SGS. Entretanto, a resiliência, ou sua falta, está disseminada em todos os elementos e interfaces que compõem a organização, não necessariamente apenas naqueles elementos contemplados por um SGS, conforme constataram Carim Júnior *et al.* (2008) e Costella *et al.* (2008a; 2009).

Há também um terceiro grupo de estudos sobre a ER que apresentam os resultados obtidos a partir da investigação de organizações sob a análise cognitiva da tarefa. Esses resultados são categorizados segundo as principais características das ER, objetivando revelar as fontes de fragilidade e resiliência das organizações. Gomes *et al.* (2008; 2009), por exemplo, identificaram aspectos de resiliência e fragilidade nas operações de helicópteros em empresas de transporte aéreo por demanda realizando transporte de trabalhadores para plataformas petrolíferas. Os pesquisadores utilizaram as técnicas de elicitación de conhecimento propostos na Análise da Tarefa Cognitiva (*Cognitive Task Analysis* - CTA) para identificar constrangimentos inerentes ao trabalho dos pilotos. Apesar dos resultados consistentes, o trabalho não especificou claramente os roteiros de entrevistas utilizados e qual a técnica de CTA empregada, dificultando a reprodução do estudo.

Se por um lado os estudos do primeiro grupo não são adequados à avaliação da resiliência em empresas de táxi aéreo por não terem sido baseados nos preceitos da ER, os estudos do segundo grupo procuram avaliar uma dimensão específica da empresa, como o SGS, por exemplo. Finalmente, o último grupo mostrou que é possível identificar e avaliar

as fontes de resiliência e fragilidade, apesar de não ter como objetivo a proposição de um método de avaliação específico. Esse grupo mostra que os resultados foram obtidos a partir de outros métodos de avaliação de sistemas e do trabalho, principalmente considerado o trabalho de Gomes *et al.*(2008; 2009).

Os trabalhos expostos anteriormente mostraram a possibilidade de identificar as fontes de fragilidade e resiliência a partir de um método que procure analisar todas as dimensões da empresa. Da mesma forma, é possível utilizar técnicas já existentes e adaptá-las como meio de identificar essas fontes. Mendonça (2008) acrescenta que a identificação das fontes de fragilidade e resiliência nos sistemas deve relacionar os conceitos abstratos aos fatos empíricos necessários para avaliação. Sendo assim, para avaliar as fontes de resiliência e fragilidade o mais importante é que essa identificação tenha como origem os princípios da ER e estes, por sua vez, sejam desdobrados em evidências empíricas.

### 1.3 QUESTÕES DE PESQUISA

A partir do exposto, é possível formular a seguinte questão geral: quais são as fontes de resiliência e fragilidade existente em empresas de táxi aéreo? Utilizando a questão anterior como norteadora dos trabalhos, é possível formular as seguintes questões específicas: a) quais são os princípios da ER, desdobrados em evidências empíricas, que explicam o comportamento resiliente de sistemas sócio-técnicos complexos? b) Como é possível identificar as fontes de resiliência em empresa de táxi aéreo?

### 1.4 OBJETIVO GERAL

Para responder a questão principal de pesquisa, este trabalho tem como objetivo geral identificar e analisar fontes de fragilidade e resiliência em empresas de táxi aéreo de pequeno porte a partir dos princípios da Engenharia de Resiliência.

### 1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo geral é possível desdobrá-lo em objetivos específicos, a saber: a) identificar os princípios da ER e as evidências empíricas que explicam o comportamento resiliente ou frágil de sistemas sócio-técnicos complexos; b) desenvolver meios de identificar fontes de fragilidade e resiliência a partir das evidências empíricas associadas aos princípios da ER; c) analisar as fontes segundo estrutura pré-estabelecida.

## 1.6 DELIMITAÇÕES

Devido à extensão dos tópicos abordados e do sistema de aviação civil brasileiro, este trabalho delimitou-se nos seguintes aspectos: apesar dos paradigmas que procuram entender a cognição humana sobre uma perspectiva mais ampla, o presente trabalho não procurou investigar as conseqüências das restrições impostas pelo ambiente organizacional e operacional sobre a cognição dos pilotos. O estudo se limitou somente na identificação de fatores, sejam eles provenientes internamente ou externamente à empresa, que restringem o desempenho das atividades.

Delimitou-se uma empresa de transporte aéreo não-regular como o sistema a ser analisado e tudo que estiver fora de seus limites é considerado seu meio externo. O meio externo, por sua vez, foi generalizado para o contexto nacional, não representando as especificidades de cada região do país ou dos aeroportos operados.

Focou-se nas empresas de transporte aéreo não-regular de pequeno porte (conhecidas como empresas de táxi-aéreo) pela facilidade de obtenção de dados. Se comparadas às empresas de transporte aéreo regular, quase todas possuem uma estrutura reduzida e simplificada, operam aeronaves com menor grau de automação e de complexidade e possuem um quadro de funcionários reduzido.

## 1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos. O primeiro capítulo propiciou uma visão atual sobre o desempenho de segurança do sistema de aviação civil internacional e brasileiro, especificamente nos segmentos de transporte aéreo regular, da aviação geral e por demanda. Também foram discutidos os esforços aplicados à segurança das empresas aéreas através dos SGS e suas limitações. Mostrou-se que novas abordagens baseadas nos princípios da ER podem ser uma alternativa eficiente para as atuais e tradicionais práticas utilizadas no gerenciamento da segurança. Em relação à ER, foram discutidas as necessidades para o desenvolvimento dessa nova área e os métodos propostos para a avaliação da resiliência nas empresas. A partir do contexto, do problema e das questões de pesquisa, foi proposto o objetivo geral e os objetivos específicos. Por fim, mostram-se as delimitações do trabalho.

O capítulo dois aborda o referencial teórico. Nele são discutidos basicamente três tópicos: a) organização do sistema de aviação civil, organização das empresas de táxi aéreo e práticas utilizadas na gestão de segurança em empresas aéreas; b) teorias sobre os

sistemas sócio-técnicos complexos; e c) Engenharia de Resiliência como o novo paradigma aplicado ao gerenciamento da segurança.

O terceiro capítulo consiste na discussão sobre o método de pesquisa. Foram abordados tópicos como a caracterização do estudo, a estratégia de pesquisa adotada, a elaboração da ferramenta e os métodos de coleta e análise dos dados propostos para identificar e analisar as fontes de fragilidade e resiliência.

Os resultados são apresentados e discutidos no quarto capítulo. Primeiro são apresentadas as características das empresas segundo os preceitos dos sistemas sócio-técnicos complexos de cada estudo de caso para então serem realizadas as análises das fontes de fragilidade e resiliência segundo cada um dos princípios. Por fim, compara-se os resultados levantados em cada um dos estudos de casos.

O último capítulo (capítulo cinco) traz os comentários finais. Retomam-se alguns pontos importantes, como os princípios da ER e os resultados atingidos. Ainda apresentam-se as limitações da pesquisa e a proposição de novos estudos.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 ORGANIZAÇÃO DO SISTEMA DE AVIAÇÃO (SAC) BRASILEIRO**

Assim como os sistemas de aviação civil de outros países, o Sistema de Aviação Civil (SAC) brasileiro tem suas origens no final da segunda grande guerra, quando as aeronaves, sobras de guerra, foram utilizadas para o transporte aéreo de passageiros. A primeira estrutura do sistema brasileiro foi definida em 1969, baseada no Código Brasileiro do Ar, de 1938, e, logo em seguida, foi substituída pelo novo Código Brasileiro do Ar, de 1966. Este último instituiu o Ministério da Aeronáutica (MAer) como o principal responsável pela regulação e fiscalização das atividades aéreas.

O Ministério da Aeronáutica, por meio do decreto-lei nº 65.144, de 12 de setembro de 1969, definiu a finalidade, estrutura e atribuições do SAC brasileiro e seu elemento central, o Departamento de Aviação Civil (DAC). O DAC tinha a responsabilidade de implantar a Política Aeroespacial Nacional, conjunto de determinações objetivando o desenvolvimento da aviação civil nacional, e a atribuição de, entre outras, planejar, coordenar e incentivar as atividades da aviação civil pública ou privada (BRASIL, 1969).

Devido à obsolescência do novo Código Brasileiro do Ar foi proposta uma reformulação, originando o Código Brasileiro de Aeronáutica (CBAer), em 1986 (BRASIL, 1986). O código atualmente vigente reafirmou o controle do DAC sobre o mercado de aviação civil (BRASIL, 1997), procurou conciliar a relação entre os interesses comerciais dos usuários, dos trabalhadores e do governo e a estrutura do sistema de aviação civil em subsistemas menores.

De acordo com o CBAer (BRASIL, 1986), a instituição responsável pelo SAC brasileiro é a União, sob a representação do Ministério da Defesa. Devido à complexidade e extensão, a estrutura do SAC brasileiro está dividida em dez subsistemas, a saber: a) aeroportuário; b) proteção ao vôo; c) segurança de vôo; d) Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB); e) investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos; f) facilitação, segurança e coordenação do transporte aéreo; g) formação e adestramento de pessoal; h) indústria aeronáutica; i) serviços auxiliares; e j) coordenação da infra-estrutura aeronáutica.

Da mesma forma, a responsabilidade de cada um dos subsistemas foi designado a uma instituição ou a um conjunto de instituições. Considerando as legislações atuais, é possível verificar que os subsistemas ficam a cargo de sete grandes instituições, a saber: a) autoridade aeronáutica; b) autoridade de segurança de vôo; c) órgãos de controle e gerenciamento do tráfego aéreo; d) instituições responsáveis pela infra-estrutura aeronáutica e aeroportuária; d) empresas fabricantes de aeronaves e de peças aeronáuticas; e) instituições de formação de recursos humanos; e f) empresas de promoção de serviços auxiliares. Mesmo não sendo responsáveis por um subsistema previsto nas legislações aeronáuticas, as representações (sindicatos e associações) exercem influência no sistema e representam os trabalhadores, empresas e usuários.

Este trabalho, a seguir, apresenta algumas instituições importantes para o SAC brasileiro e que representam seus principais subsistemas, sendo eles: i) autoridade aeronáutica; ii) autoridade de segurança de vôo; iii) órgãos de controle e gerenciamento do tráfego aéreo; iv) instituições responsáveis pela infra-estrutura aeronáutica e aeroportuária; e v) instituições de formação de recursos humanos.

### 2.1.1 **Autoridade Aeronáutica**

Após a promulgação do Código Brasileiro de Aeronáutica, uma grande transformação importante, realizada na estrutura do governo brasileiro, foi a criação do Ministério da Defesa, em 1999 (BRASIL, 1999). Anteriormente, cada uma das Forças Armadas (Aeronáutica, Exército e Marinha) possuía um representante que estava ligado diretamente ao Presidente, onde cada Força constituía um Ministério. Para fiscalizar cada Ministério, o poder central do governo contava com uma secretaria de defesa, uma extensão do executivo (ZAVERRUCHA, 2005).

Nessa nova estrutura, o Ministério da Defesa, instituição ligada à presidência e de caráter civil, reúne sob seu comando os antigos Ministérios da Aeronáutica (MAer), do Exército e da Marinha. Embora tenha tido grande repercussão, a criação do Ministério não representou alterações imediatas nas funções do DAC. Mas a mudança representou como ponto inicial do processo de transição do controle do SAC brasileiro para o setor civil (ZAVERRUCHA, 2005).

Essa transição somente seria possível com a criação de uma autarquia especial, uma forma de administração indireta pelo governo federal, seguindo a tendência iniciada em meados da década de 90 quando surgiram as primeiras agências reguladoras no Brasil e no

mundo (MELO, 2000, 2001, MULLER; PEREIRA, 2002, BRASIL, 2003, PACHECO, 2006).

Basicamente, as agências foram criadas para regular os setores de infra-estrutura, considerados monopólios naturais, com o objetivo de corrigir “falhas do mercado”, e setores sociais, com o objetivo de garantir o direito dos usuários e a qualidade dos serviços. Estas autarquias devem, portanto, conciliar os interesses dos usuários, do governo (SANTOS, 2004; PÓ; ABRUCIO, 2006). No momento em que algumas dessas partes possuem maiores benefícios, ocorre um desequilíbrio. Se o desequilíbrio favorece o setor privado, ocorre o risco de captura (BRASIL, 2003). Já, se o interesse público ou do usuário é o mais favorecido, há uma diminuição da credibilidade e da autonomia da agência, afastando o capital privado (PACHECO, 2006). Portanto, o desenho institucional das agências procura estabelecer práticas consolidadas, objetivando cumprir os requisitos de credibilidade, autonomia e controle.

Melo (2002) mostra que há características semelhantes no desenho institucional das agências reguladoras brasileiras, mesmo que elas atuem em diferentes setores da economia. O autor atribui que é possível distingui-las a partir de quatro características: i) autonomia e estabilidade dos dirigentes; ii) independência financeira, funcional e gerencial; iii) transparência; e iv) procedimentos internos estruturados. Através da análise do desenho institucional dessas agências, Pó e Abrucio (2006) concluíram que há diferenças entre elas, em termos de funcionamento, mesmo havendo semelhanças nas estruturas. Os autores concluíram que essas diferenças ocorrem naturalmente após o início das operações, quando a agência se adéqua ao contexto. Isso pode ser explicado pelo fato de que cada uma delas está inserida em um contexto peculiar, com problemas, grupos de interesse e interesses políticos diferentes. Considerando essas peculiaridades, espera-se que o desenho institucional de uma agência reguladora, estabelecido inicialmente, varie ao longo do tempo (MULLER; PEREIRA, 2002).

De acordo com o regimento interno da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), a agência é uma autarquia de caráter especial, composta por quatro diretores e um diretor-presidente, todos aprovados pelo Senado brasileiro e nomeados pelo Presidente da República. O órgão está subordinado diretamente ao Ministério da Defesa (BRASIL, 2005b; 2006b).

Em relação aos servidores, a agência disponibiliza 1.755 cargos efetivos, sendo alguns, ocupados pelos servidores contratados pelo concurso realizado em 2007. Os demais cargos ainda são ocupados por servidores do antigo DAC, pois o processo de

transferência das competências do DAC para ANAC é realizada gradativamente, e a previsão de retorno dos militares para a Força Aérea é de 20% do efetivo a cada ano. A atual estrutura do Ministério da Defesa por ser visualizada na figura 1.

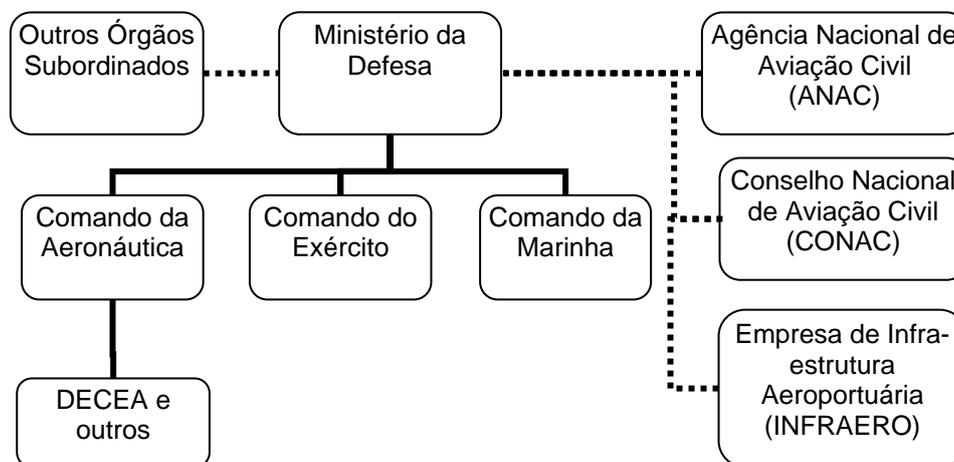


Figura 1 – Organograma do Ministério da Defesa após a criação da ANAC

Além da ANAC, o Ministério da Defesa conta com outros órgãos ligados à aviação civil. Dentre eles, destacam-se: a Secretaria de Aviação Civil (BRASIL, 1999) cujo objetivo é a supervisão dos órgãos e entidades ligados ao setor de aviação civil sob a responsabilidade do ministério; e o Conselho Nacional de Aviação Civil (CONAC), órgão, cujo objetivo é auxiliar o país na definição das políticas para o setor aéreo brasileiro.

### 2.1.2 Autoridade de Segurança de Vôo

A estrutura do atual sistema de segurança de vôo brasileiro tem suas origens na criação do Ministério da Aeronáutica, em 1941 (BRASIL, 1941). Nesse período, uma das instituições subordinadas ao ministério, a Inspeção Geral da Aeronáutica (IGA), através do Serviço de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAA), era responsável por orientar e supervisionar a prevenção de acidentes aeronáuticos e a investigar os acidentes aeronáuticos. Apesar do caráter preventivo, ainda competia o serviço de enviar o relatório final de investigação do acidente para a autoridade policial local, a fim de auxiliar no inquérito e apurar os responsáveis. O responsável pelo serviço era o chefe da IGA que contava com uma Comissão de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CIPAA) (BRASIL, 1965).

Já em 1972, a responsabilidade pelo serviço passou ao Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) (BRASIL, 1972a; 1972b). Nesse

momento, há uma mudança na forma de atuação na segurança de vôo. O chefe do CENIPA passa a ter como função principal, assessorar o Inspetor do IGA. Além dessas atribuições, o CENIPA começa a instituir os Programas de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (PPAA), com o objetivo de orientar o planejamento de atividades relacionadas à prevenção de acidentes aeronáuticos, e com a função de Oficial de Segurança de Vôo (OSV). Todas as organizações do Ministério da Aeronáutica, que operassem aeronaves, deveriam possuir, em seu quadro funcional, um OSV, responsável pelas atividades de planejamento da segurança e prevenção e investigação de acidentes.

Com a ampliação das atividades relacionadas à segurança de vôo, institui-se o Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER), cujo órgão central passa a ser o CENIPA que passa a incorporar todas as atividades desempenhadas pelo Serviço de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (BRASIL, 1971). A partir de então, a estrutura básica do SIPAER constitui-se a mesma, havendo somente uma reformulação, mais tarde, com intuito de reafirmar as responsabilidades e atividades do CENIPA (BRASIL, 1982).

Atualmente, com a proposição da ICAO, para estabelecer um sistema de gestão de segurança, o CENIPA está em processo de reformulação, alterando o conjunto de normas que regem a segurança de vôo. O objetivo é estabelecer uma estrutura de normas em consonância com os conceitos de sistemas de gestão de segurança, como forma de aumentar os índices de segurança e profissionalizar as práticas de segurança utilizadas nas operações de vôo (ICAO, 2006; 2009).

### 2.1.3 Sistema de Gerenciamento do Tráfego Aéreo

Com a criação da ICAO, procurou-se determinar padrões a serem seguidos pelos Estados signatários, no sentido de padronizar e determinar uma infra-estrutura mínima para o gerenciamento do tráfego aéreo. Aos poucos, cada país foi adotando um sistema de tráfego aéreo próprio, de acordo com suas próprias características. Entende-se como sistema de gerenciamento do tráfego aéreo o sistema que “[...] visa à regularidade, segurança e eficiência do fluxo de tráfego no espaço aéreo [...]”, conforme o CBAer (BRASIL, 1986).

As atividades relacionadas ao sistema de gerenciamento do tráfego aéreo foram de responsabilidade de diferentes instituições, ao longo do tempo. O primeiro órgão designado para cumprir este papel foi a Diretoria de Rotas Aéreas (DR), criada em 1941. Suas principais atividades visavam desenvolver a infra-estrutura, aeroportos e rotas aéreas.

Para substituir o DR foi criada a Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Vôo (DEPV), em 1972, que deu continuidade aos trabalhos iniciados. Subordinada ao MAer, o DEPV desenvolveu o Sistema de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (SISDACTA), no qual seria o sistema responsável pelo gerenciamento, controle do tráfego aéreo e defesa do espaço aéreo. Devido às restrições orçamentárias, o SISDACT foi constituído utilizando um modelo híbrido de controle de tráfego aéreo e de defesa, no qual os tráfegos aéreos militares e civis seriam gerenciados pelo mesmo órgão de controle, utilizando a mesma estrutura de radares, equipamentos e recursos humanos (FARIAS NETO, 2007).

Quando o MAer foi extinto e substituído pelo Comando da Aeronáutica (COMAER), o DEPV foi trocado pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), cuja atribuições são planejar, gerenciar e controlar as atividades relacionadas ao gerenciamento do tráfego aéreo e do controle do espaço aéreo.

O DECEA é composto por 15 estruturas internas, responsáveis pelas seguintes atividades: a) gerenciamento e controle do tráfego aéreo; b) meteorologia aeronáutica; c) cartografia aeronáutica; d) informações aeronáuticas; e) telecomunicações aeronáuticas; g) auxílios à navegação aérea; h) vigilância aérea; i) inspeção em vôo; j) busca e salvamento; e k) tecnologia da informação (DECEA, 2007).

Das atividades anteriores apresentadas, a que mais afeta a evolução dos tráfegos é o gerenciamento e controle do tráfego aéreo. Para viabilizá-la, o espaço aéreo brasileiro foi dividido em áreas menores, segundo a abrangência, proximidade de aeroportos e precisão das informações prestadas às aeronaves. Para cada área foram alocados diferentes órgãos de controle de tráfego, chamados de órgãos de Controle de Tráfego Aéreo (*Air Traffic Control- ATC*) (DECEA, 2007).

O espaço aéreo mais abrangente corresponde à Região de Informação de Vôo (*Flight Information Region – FIR*) e estende-se, verticalmente, desde o solo (ou água), sem limite superior, e, lateralmente, segundo os limites territoriais e águas jurisdicionais brasileiras. A FIR é de responsabilidade do órgão ATC, chamado de Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle do Tráfego Aéreo (CINDACTA). Este, por sua vez, visa proporcionar o serviço de controle de área que consiste, basicamente, em garantir a separação entre as aeronaves que evoluem dentro desse espaço aéreo, enquanto em rota pré-especificadas, através de radares. Existem, atualmente, cinco FIRs no país, a saber: Amazônica, Curitiba, Brasília, Recife e Atlântica.

Com intuito de coordenar os tráfegos, em regiões ao redor dos aeroportos muito movimentados, existem as Áreas de Controle de Terminal (*Terminal Maneuvering Area –*

TMA). São regiões controladas, de dimensões variáveis e de responsabilidade do Controle de Aproximação (*Approach Control* - APP). O objetivo é proporcionar o controle do fluxo de aeronaves que se aproximam ou se afastam de um aeroporto após a decolagem ou pouso, utilizando, quando possível, radares de controle.

Já em regiões próximas às pistas de pouso dos aeroportos há a Zona de Tráfego Aéreo (*Air Traffic Zone* – ATZ). A ATZ é de responsabilidade da Torre de Controle (*Tower Control* – TWR) e o controle é realizado mediante contato visual com o pátio de estacionamento e pista de pouso e decolagem e às regiões muito próximas ao aeroporto.

#### 2.1.4 **Infra-estrutura Aeronáutica**

O sistema aeroportuário e algumas dimensões do sistema de infra-estrutura aeronáutica ficaram a cargo da Empresa Brasileira de Infra-estrutura Aeroportuária (Infraero) (BRASIL, 1972b). A finalidade da empresa pública é implantar, administrar, operar e explorar industrial e comercialmente a infra-estrutura aeroportuária brasileira. A empresa é uma instituição jurídica vinculada ao Ministério da Defesa, cuja característica principal é ter um maior grau de autonomia, implicando em um órgão da administração indireta do governo federal.

Atualmente, a Infraero (2008) possui uma grande diferenciação vertical, composta por vários níveis hierárquicos. Sua extensão geográfica é ampla, já que suas unidades estão espalhadas em diversos aeroportos nacionais, através das Superintendências Regionais, Agências, Escritórios, Centros de Apoio e Centros de Negócio, Unidades Aeroportuárias e de Navegação Aérea.

Em relação à abrangência e infra-estrutura aeroportuária, a Infraero (2008) administra 68 aeroportos e 32 terminais de logística de carga. Mesmo que a principal responsabilidade da empresa seja a administração dos aeroportos, à empresa também compete as atividades de Serviço de Tráfego Aéreo (ATS), incluindo controle de tráfego aéreo, meteorologia, telecomunicações e informações aeronáuticas em alguns aeroportos, onde o DECEA não está presente (DECEA, 2007).

#### 2.1.5 **Instituições de Formação de Pilotos de Avião**

Devido às características das aeronaves, há a necessidade de treinar os pilotos com objetivo de fornecê-los habilidades mínimas necessárias para a operação e condução dos equipamentos de voo. Segundo Henley (2003), desde muito tempo sabe-se que na aviação é necessário um longo processo de ensino para formar um piloto de avião com habilidades

técnicas e não-técnicas complexas, suficientes para controlar e gerenciar aeronaves. Por este motivo, o processo é dividido em etapas, segundo as habilidades necessárias.

A estrutura de ensino e formação de pilotos de avião no país foi definida através de legislações da ANAC. O Requisito Brasileiro de Aviação Civil 61 (RBAC 61; BRASIL, 2006a) apresenta os requisitos para emissão das carteiras de piloto de avião. Existem três tipos de licenças para o piloto de avião, sendo a de piloto comercial e piloto de linha aérea, as mínimas necessárias para o exercício da profissão. Para cada licença é necessário que o candidato seja aprovado em exames médicos, exames de conhecimento teórico e prático. O cumprimento dos dois últimos é feito através de cursos de piloto (teórico e prático), oferecidos por alguma instituição de ensino aeronáutico.

No Brasil, existem dois tipos de instituição de formação de pilotos: aeroclubes, entidades sem fins lucrativos e que servem também como uma entidade voltada à prática do voo desportivo; e as escolas de aviação civil, iniciativa privada para a formação de pilotos de avião. Mesmo em um aeroclube é possível a criação de uma escola de aviação civil, porém, esta não pode objetivar lucros (BRASIL, 2004b; 2006c).

Com intuito de padronizar a instrução no país, a ANAC possui um conjunto de manuais estabelecendo os requisitos mínimos, desde a estrutura física até o conteúdo programático das disciplinas e vôos, de treinamento teórico e prático dos pilotos, considerando as diferentes habilitações e licenças. Os cursos de piloto comercial e piloto de linha aérea são determinados pelos manuais de cursos de piloto comercial e de piloto de linha aérea. O curso é dividido em duas etapas. A primeira etapa consiste em conteúdos teóricos divididos em matérias específicas e a segunda, na realização de vôo de treinamento, com a finalidade de desenvolver as habilidades.

Nos anos 90, houve o surgimento de uma nova proposta de formação de pilotos de avião. O curso superior em ciências aeronáuticas foi criado com objetivo de formar pilotos e bacharéis. Todas as instituições oferecem, somente, disciplinas teóricas, cabendo ao aluno realizar o treinamento prático em escolas de aviação ou aeroclubes. As disciplinas teóricas variam oferecidas pelas diferentes instituições, em termos de conteúdo e carga horária, e não se limitam aos conteúdos técnicos. O plano curricular do curso abrange disciplinas ligadas às áreas gerenciais, humanas, segurança de vôo, medicina e trabalho em equipe, além de disciplinas técnicas, como navegação aérea, aerodinâmica e técnicas de pilotagem, por exemplo. O currículo, atualmente utilizado nos cursos de ciências aeronáuticas, tem duração de três anos e, dependendo da faculdade, há a exigência do cumprimento do curso prático de pilotagem em aeroclubes ou escolas de aviação civil. São

dezoito cursos de ciências aeronáuticas no país, sendo o mais antigo no país, inaugurado em 1993 (RIBEIRO, 2008).

## 2.2 EMPRESAS DE TÁXI AÉREO

De acordo com as normas internacionais, as operações da aviação civil internacional são divididas em duas categorias (WELLS; CHADBOURNE, 2003): aviação comercial, quando há remuneração pelo serviço de transporte de passageiros ou de cargas; aviação geral, quando a aeronave é utilizada para propósitos particulares, de desporto de instrução e serviços aéreos especiais (aerolevanteamento, aplicação aero-agrícola, etc.). A aviação comercial ainda divide-se em transporte aéreo regular e não-regular (BRASIL, 1986).

Grande parte do transporte aéreo de passageiros é realizado através de empresas de transporte aéreo regular, cuja principal característica é a regularidade das operações. No Brasil, as empresas de transporte aéreo regular utilizam aeronaves de grande capacidade para realizar esses vôos. O tamanho das aeronaves influencia a área de abrangência e a atuação da malha aérea das empresas. Somente grandes aeroportos, geralmente localizados em grandes centros comerciais ou em capitais estaduais, oferecem demanda de passageiros suficiente para justificar as frequências diárias e semanais dos vôos. Em algumas localidades de baixa demanda de vôo ou onde não há uma estrutura mínima para receber aeronaves desse porte, o deslocamento de passageiros é realizado por meio do transporte rodoviário ou ferroviário até uma localidade onde há um aeroporto (SHEEHAN, 2003).

Já o transporte aéreo não-regular é realizado somente, a partir da necessidade do(s) passageiro(s) em realizar o vôo, pois neste tipo de serviço a rota, a ser voada, a quantidade de passageiros, o horário do vôo e o preço são estabelecidos, previamente, entre o cliente e a empresa. Esse tipo de serviço é utilizado, principalmente, quando se necessita de um transporte aéreo específico para localidades não atendidas pelo transporte aéreo regular.

Segundo Wells e Chadbourne (2003), as empresas de táxi aéreo possuem características peculiares, se comparadas às empresas de transporte aéreo regular. Considerando a estrutura organizacional, as empresas de transporte aéreo não-regular possuem poucos departamentos e baixa verticalização. Já, em relação às aeronaves utilizadas, há uma grande diversidade em termos de modelos, tecnologia empregada e propulsão utilizada (motores a pistão, turbo-hélice ou jato), mas o número de passageiros é pequeno, geralmente, no máximo, 19 passageiros.

De acordo com o Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica 119 (BRASIL, 2005a; 2004a), uma empresa de táxi aéreo necessita ter uma estrutura mínima para operar, em termos físicos, hierárquicos e funcionais. A estrutura deve ser composta pela alta direção e, no mínimo, por departamentos que coordenem as atividades de manutenção, operações e segurança de vôo. Dependendo do tamanho dessas empresas, outros setores podem ser necessários, como o administrativo, o financeiro e o de recursos humanos. Entretanto, a maioria delas possui esses setores ligados diretamente ao de operações ou em um mesmo setor, geralmente, denominado como administrativo.

Segundo Wells e Chadbourne (2003), o nível de verticalização dessas empresas é baixo, constituídas por somente três níveis: alta direção, média gerência e operadores. Segundo a legislação brasileira (BRASIL, 2005a), é suficiente que a alta direção de uma empresa aérea, por demanda, tenha um único diretor e este seja assessorado por um especialista em segurança de vôo. Sob seu controle imediato, deve estar o departamento de manutenção de aeronaves e o de operações.

O departamento de manutenção é responsável pelas atividades de manutenção preventiva e corretiva, realizadas tanto pela própria empresa quanto por empresas contratadas. No último caso, a empresa de táxi aéreo deve ser responsável, ao menos, por monitorar o processo e os documentos de manutenção.

Além das atividades de manutenção, propriamente ditas, o setor de manutenção deve atualizar regularmente a biblioteca técnica, composta por diversos documentos relacionados às aeronaves, à legislação aeronáutica pertinente e aos manuais da empresa. Também é dever desse setor definir o programa de manutenção, o controle técnico da manutenção (CTM) e o manual geral de manutenção (MGM), consistindo o planejamento, o controle e a formalização de todos os procedimentos inerentes ao setor (BRASIL, 2005a).

O departamento de operações é responsável por todas as atividades relacionadas ao vôo e aos tripulantes. As atividades incluem o acompanhamento dos vôos (saber onde a aeronave está e para onde vai), registros das horas de vôo dos tripulantes, definição de um programa de treinamento, contratação de tripulantes, elaboração do manual geral de operações (MGO), entre outras (BRASIL, 2005a). O objetivo do MGO é estabelecer, documental e formalmente, todos os processos utilizados pela empresa no que tange as operações de vôo. O estabelecimento de regras e regulamentos internos visa facilitar a condução das operações por todos os envolvidos na operação de forma padronizada. O departamento deve ser composto por um diretor, um piloto chefe e os tripulantes.

Dependendo do tamanho da empresa, o diretor de operações pode ocupar o cargo de piloto chefe, também.

Complementando, ainda, Wells e Chadbourne (2003) afirmam que, geralmente, as empresas de táxi aéreo possuem baixa descentralização, pois a sua estrutura organizacional é enxuta e com poucos funcionários. Aliado a este fato, essas empresas possuem características de multifuncionalidade, no qual os funcionários acabam exercendo mais de uma função dentro da empresa. Geralmente nesses casos, ao mesmo tempo em que os operadores executam as atividades operacionais (vôos ou manutenção), são encarregados da supervisão dos departamentos ou da própria empresa.

## 2.3 PRÁTICAS DE GESTÃO DE SEGURANÇA NA AVIAÇÃO

### 2.3.1 Definições iniciais

Apesar de não haver uma concordância entre os diferentes setores em relação aos conceitos de segurança, acidente, incidente e ocorrências, a aviação civil internacional utiliza as mesmas definições, com o objetivo de padronizar o entendimento sobre os termos.

Através do anexo 13, a ICAO (2001) convencionou as definições de acidentes aeronáuticos, incidentes, incidentes graves e ocorrências de solo. O Brasil, seguindo os preceitos de signatário, adotou a mesma nomenclatura, apresentada na norma NSCA 3-1 (BRASIL, 2008b). De acordo com esta norma, acidente é toda ocorrência relacionada com a operação de uma aeronave em que tenha havido lesão grave ou morte de uma pessoa (considerada até 30 dias após o acidente), desde que essa pessoa estivesse em contato direto ou exposta às partes da aeronave e esta tenha intenção de vôo. Mesmo não havendo lesão, um acidente aeronáutico também ocorre quando há grandes danos ou falhas estruturais que afetam as características de vôo da aeronave de forma significativa, ou que exija a realização de grandes reparos ou substituições de seus componentes. Para complementar a definição de acidente, toda aeronave considerada desaparecida ou inacessível (como o acidente da *Air France* no Brasil em 2009), também caracteriza um acidente aeronáutico.

Já incidente é toda ocorrência que não é caracterizada como um acidente aeronáutico, ou seja, os danos ou lesões não foram graves o suficiente. Dentro dessa categoria ainda há o incidente grave. Essa classe corresponde a toda ocorrência em que

houve fogo ou fumaça a bordo, quase colisão entre aeronaves ou baixo nível de combustível.

E, por último, ocorrência de solo é toda ocorrência em que não havia intenção de voo. Nessas situações, a aeronave não estava se deslocando por meios próprios, o motor não estava em funcionamento e/ou a porta não estava fechada. Portanto, para efeito deste trabalho, inserido no contexto da aviação, será utilizada a taxonomia adotada no meio aeronáutico, com intuito de não causar interpretações ambíguas ou errôneas.

Até 2008, o termo segurança não havia sido definido, explicitamente, pelas normas de aviação civil internacional, mas estava relacionado com a ausência de acidentes, conforme Reason (1997). Recentemente, com a adoção da norma da ICAO (2006), o conceito de segurança foi definido. Segundo a nova definição, segurança deve ser entendida como operacional, pois se refere somente às operações de voo. Segurança operacional é definida como o estado da empresa no qual o risco se mantém, no máximo, em níveis aceitáveis. Mesmo havendo uma mudança no foco de acidente para risco, a definição de segurança ainda continua sendo relacionada com a ausência de eventos de consequências indesejadas (BRASIL, 2008a).

### 2.3.2 Sistema de gestão da segurança na aviação

Ao contrário do setor manufatureiro, a aviação não possuía nenhuma norma internacional que definia um modelo de sistema de gestão, até 2008. A principal fonte de informações sobre como deveria ser a estrutura de segurança de voo nos países era através do anexo 13 da ICAO (2001), que estabeleciam recomendações sobre a investigação de acidentes e incidentes aeronáuticos, e através de manuais contemplando algumas práticas de prevenção de acidentes (ICAO, 1984; 2003).

Alguns esforços foram realizados por entidades reguladoras dos Estados Unidos, Europa e Austrália, com intuito de criar um sistema de gestão de segurança operacional mais robusto e eficiente. Tais esforços podem ser verificados com a *Federal Aviation Administration* (FAA), a *Transport Canada* (TC) e a *Civil Aviation Authority* (CAA). Esses órgãos publicaram manuais com instruções, ainda que genéricas, de como elaborar sistemas de gestão de segurança operacional para as companhias aéreas de grande e pequeno porte. O objetivo era padronizar os sistemas e tentar o aumento da segurança (FAA, 2000).

Em 2002, a *Flight Safety Foundation* (FSF), uma organização não governamental sem fins lucrativos, cujo objetivo é promover a segurança de voo no mundo, propôs um

manual com as melhores práticas de gestão de segurança adotadas pelas maiores empresas aéreas do mundo. O termo “prática” foi proposto como um conceito genérico que abrangia toda e qualquer política, ferramenta ou procedimento adotado com fins de prover a prevenção de acidente. A partir de um grupo de estudos, denominado *Global Aviation Information Network* (GAIN), foram realizados levantamentos em empresas de transporte aéreo regular de todo o mundo para identificar as principais práticas adotadas na prevenção de acidentes. O estudo resultou em um manual chamado de *Operator’s Flight Safety Handbook* (OFSH), que chegou traduzido ao Brasil através da Pontifícia Universidade Católica do Rio grande do Sul (PUCRS) e TAM (FSF, 2003).

Carim Júnior *et al.* (2005), ao verificarem a aplicabilidade dessas práticas em uma empresa de táxi aéreo de pequeno porte, concluíram que muitas delas não eram adotadas no estudo de caso, devido a diversos fatores, entre eles, o alto custo dos equipamentos utilizados para a coleta de dados operacionais, como o *Flight Operations Quality Assurance* (FOQA), e o pequeno tamanho da organização, que limitaria a disponibilidade de recursos (humanos, materiais e financeiros) a serem alocados para a segurança. Outro ponto destacado foi que as práticas recomendadas pelo manual que puderam ser identificadas na empresa eram requisitos da legislação brasileira.

No Brasil, a autoridade aeronáutica responsável pela segurança de vôo adotou práticas de gestão da segurança baseado em normas prescritivas, semelhante às Normas Regulamentadoras (NR), emitida pelo Ministério do Trabalho e do Emprego (MTE). O SGS na aviação brasileira, até 2008, se pautava em diferentes normas, constituindo um conjunto denominado Normas de Segurança do Comando da Aeronáutica (NSCA).

Constituído por 12 volumes, estas normas apresentam práticas relacionadas com a segurança operacional que devem ser cumpridas por qualquer empresa brasileira ou estrangeira, que atue direta ou indiretamente na aviação. Entre as práticas descritas, estão: a determinação de um sistema de reporte de segurança, planejamento das atividades de segurança, diretrizes para análise de acidentes ou incidentes aeronáuticos e procedimentos para comunicação de acidentes e incidentes aeronáuticos. Além das práticas, as NSCAs estabelecem diretrizes para a formação de profissionais ligados à segurança de vôo e a obrigatoriedade de contratação de um profissional de segurança de vôo nas operações da empresa. Recentemente, todas as NSCAs foram revisadas, com o objetivo de atender às legislações internacionais no estabelecimento de um sistema de gestão de segurança operacional brasileiro (BRASIL, 2008a). A figura 2 apresenta os volumes e os assuntos tratados por cada um.

NSCA 3-1	Conceituação de Vocábulos, Expressões e Siglas de Uso no SIPAER
NSCA 3-2	Estrutura e atribuições dos elementos constitutivos do SIPAER
NSCA 3-3	Gestão da Segurança Operacional
NSCA 3-4	Plano de Emergência Aeronáutica em Aeródromo
NSMA 3-5	Notificação e confirmação de ocorrências no âmbito do SIPAER
NSCA 3-6	Investigação de Acidente, e de Incidente Aeronáutico e Ocorrência de Solo
NSMA 3-7	Responsabilidades dos operadores de aeronaves em caso de Acidente e de Incidente Aeronáutico e de Ocorrência no Solo
NSCA 3-8	Danos causados a terceiros decorrentes de acidentes e incidentes com aeronaves militares do Comando da Aeronáutica
NSMA 3-9	Recomendações de Segurança Operacional emitida pelo SIPAER
NSCA 3-10	Formação e capacitação dos recursos humanos do SIPAER
NSMA 3-11	Formulários em uso pelo SIPAER
NSMA 3-12	Código de Ética do SIPAER

Figura 2 - Os doze volumes das Normas de Segurança do Comando da Aeronáutica aplicados a qualquer instituição no meio aeronáutico

Toda empresa de táxi aéreo deve ter um departamento de segurança de vôo que, dependendo do seu porte, pode ser constituído por apenas um profissional. Uma característica importante desse departamento é que o mesmo deve estar associado diretamente à direção da empresa, assessorando-a em assuntos relativos à segurança (BRASIL, 2008c).

Há três tipos de profissionais ligados à segurança operacional na aviação. O primeiro é o elemento credenciado (EC), que realiza um curso técnico onde são passados os conceitos básicos de segurança de vôo e prevenção. O EC pode se especializar em diversas áreas, incluindo controle de tráfego aéreo, fatores humanos e prevenção em geral. O curso de EC-prevenção, que forma o elemento credenciado em prevenção (EC-Prev), tem como requisito básico que o candidato seja piloto de aeronaves. O profissional EC-prev possui a prerrogativa de ser o responsável pelo setor de segurança de vôo em uma empresa aérea e ter a responsabilidade por manter o SGS operacional e os níveis de segurança em níveis aceitáveis. Entretanto, em caso de ocorrência de um acidente ou incidente, o mesmo não pode conduzir a investigação ou ser o presidente da Comissão Investigadora de Acidentes Aeronáuticos (CIAA) (BRASIL, 2008d).

Para poder realizar a investigação de um acidente aeronáutico, o EC-prev deverá realizar um curso complementar sobre investigação de acidentes aeronáuticos. Ao final do

curso estará habilitado como Agente de Segurança de Vôo (ASV). Esse profissional é requisito mínimo para ocupar o departamento de segurança de vôo em empresas de grande porte, mas pode ocupar cargos em empresas de porte menor, assim como um EC-prev.

O terceiro profissional é o Oficial de Segurança de Vôo (OSV) que possui as mesmas prerrogativas de um ASV. A diferença entre as duas formações é que a última somente é atribuída a oficiais militares, enquanto que a primeira é atribuída aos civis (BRASIL, 2008d).

Até 2008, toda empresa de deveria ter, válido e aprovado pela autoridade de segurança, um Programa de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (PPAA), um planejamento de ações, que a empresa deve cumprir ao longo do ano, visando atingir a meta de segurança pré-estabelecida. Nesse programa, a empresa estabelecia quais as ferramentas de segurança estavam sendo utilizadas e relatava a situação de segurança da empresa, ao mostrar o desempenho operacional e os índices de incidentes, acidente e perigos identificados, etc. As empresas de táxi aéreo necessitam apresentar seu PPAA, anualmente, com vigência até o mês de julho (BRASIL, 2008c).

O principal conjunto de práticas de prevenção, adotados pelas empresas aéreas, se refere aos meios de coleta de informações pró-ativas sobre o desempenho de segurança. Uma dessas ferramentas é o sistema formal de reportes de segurança. Conhecido por sistema de relatos de prevenção (Relprev), a empresa deve, através do EC-Prev ou ASV, definir um formulário de coleta de dados, baseado em um formulário padrão proposto pelo CENIPA. O responsável pelo setor também deve estabelecer os procedimentos de coleta, análise e encaminhamento das providências acerca da situação relatada, podendo estar relacionada à própria empresa ou a empresas externas. A empresa, ainda, deve disponibilizar um sistema de relatos alternativo e confidencial. Em um formulário específico, conhecido como Relatório Confidencial de Segurança Operacional (RCSO), o relator descreve a situação de segurança e encaminha-o, via correios, ao CENIPA. O processamento do formulário caberá ao CENIPA que pode entrar em contato com a empresa, se necessário (BRASIL, 2008c).

Outra prática que deve ser adotada pela empresa é a auditoria interna, chamada de Vistoria de Segurança de Vôo (VSV) (BRASIL, 2008c). Esta auditoria deve ser realizada pela empresa, pelo menos uma vez por ano, em cada setor, no caso de uma auditoria periódica, e, sempre que for necessário, avaliar condições inseguras ou ocorrer acidentes, auditoria especial. A legislação não prevê o que deve ser auditado, devido à peculiaridade de cada empresa, cabendo a própria organização definir os itens auditáveis. É recomendado

que sejam verificados itens de legislação aplicáveis. A programação deve constar no PPAA para formalização, assim como os resultados (BRASIL, 2008c).

### 2.3.2.1 Novo sistema de gestão de segurança operacional

Recentemente, a ICAO determinou que todo país signatário deve estabelecer um sistema de gestão de segurança operacional. Os requisitos do sistema são estabelecidos pelo *Safety Management Manual* (SMM) que devem ser implantados em até quatro anos, a partir de 2008 (ICAO, 2006).

Nessa nova visão, o estabelecimento de um SMS permite aplicar, de forma sistêmica, as diversas práticas utilizadas na prevenção, com intuito de manter a segurança das operações dentro de níveis aceitáveis. Alguns objetivos pretendidos com a nova proposta de sistema de gestão de segurança são apresentados a seguir (ICAO, 2006): a) aplicação de métodos de gerenciamento de riscos baseados em aspectos científicos; b) implantação de uma cultura de segurança na organização, incluindo uma cultura de reporte e não-punitiva; c) investigação de acidentes e incidentes aeronáuticos, a partir de uma abordagem sistêmica; e d) permitir um constante monitoramento e uma visão sistêmica do desempenho da segurança, antecipando, reduzindo ou eliminando os problemas emergentes.

De acordo com o este novo modelo, a segurança deve ser vista sob enfoque pró-ativo, cujo elemento central do sistema é o gerenciamento de risco. Além dessa característica, o SGSO propõe que a segurança seja percebida como o estado no qual a empresa se encontra, onde os riscos são mantidos em níveis aceitáveis por meio de um processo contínuo, formal, reativo, pró-ativo ou preditivo de identificação de perigos, gerenciamento de risco e tomada de decisão pela alta direção. Complementarmente, o novo sistema modifica a forma como o meio aeronáutico entende a segurança. Procura-se entender a segurança como um processo, fazendo com que a segurança seja integrada aos demais processos fundamentais da empresa. Como consequência, a alta gerência da empresa passa a ter informações sobre os perigos e avaliações dos riscos, garantindo uma melhor tomada de decisão (ICAO, 2006; 2009).

No Brasil, já foram sentidas as modificações necessárias para garantir o cumprimento da regulação internacional. O sistema brasileiro foi denominado de Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional (SGSO) e deve ser aplicado por qualquer organização que preste serviços dentro do SAC brasileiro. Inicialmente, apenas as empresas de pequeno porte, denominadas Pequenos Provedores de Serviços Aviação Civil

(P-PSAC), deverão implantar um SGSO. Nessa categoria inserem-se aeroclubes e escolas de aviação civil, empresas aero-agrícolas, empresas de serviços aéreos especializados, entre outros (ANAC, 2009b).

Entre as diversas ferramentas utilizadas no novo sistema, boa parte está relacionada com os meios pelo qual a organização irá adquirir as informações sobre o status operatório da empresa. Entre eles, destacam-se: a Auditoria de Segurança Operacional (ADSO), a Vistoria de Segurança Operacional (VSO) e pesquisas sobre a segurança da empresa (como a avaliação do clima organizacional) (ANAC, 2009b).

Apesar de a legislação indicar que o objetivo dessas auditorias e da pesquisa é avaliar as condições do SGSO na empresa, não é possível afirmar se essas ferramentas estão sendo utilizadas de forma adequada e, se realmente, os resultados conseguidos estão atingindo as expectativas, pois a implantação completa do SGSO somente ocorrerá em 2010. Atualmente, as empresas estão em processo de planejamento para implantação do novo sistema (ANAC, 2009b).

## 2.4 SISTEMAS SÓCIO-TÉCNICOS COMPLEXOS

### 2.4.1 Origens

Segundo Woods e Hollnagel (2006b), estudos sobre a gestão de segurança, erro humano, gestão de organizações e trabalho em equipe, desenvolvidos até o final do século XX, são reflexos do paradigma dominante na ciência, nos estudos da segurança e em áreas subjacentes. Woods (2006a), afirma que nos últimos anos percebe-se uma mudança nos estudos ligados à segurança. Trabalhos nas áreas de modelos de acidentes (HOLLNAGEL, 1999; 2004; KATSAKIORI *et al.*, 2009) têm evoluído no sentido de identificar fatores indiretos que, de alguma forma, influenciaram a ocorrência dos acidentes.

Pode-se afirmar, portanto, que os estudos elaborados em áreas do conhecimento, como a sociologia, a antropologia, a psicologia, a administração, as engenharias, e outras, e as aplicações dos conhecimentos para entender o trabalho do ser humano e o contexto das empresas, foram determinantes para o desenvolvimento dos estudos na segurança do trabalho e saúde ocupacional. Estes, por sua vez, influenciaram as ações e estratégias adotadas nas empresas para a prevenção de acidentes. Sendo assim, para entender os diferentes desdobramentos dos estudos sobre a segurança, é necessário verificar a contribuição de diferentes áreas para os diferentes paradigmas da gestão de segurança.

Segundo Dent (1999), a ciência pode ser dividida em dois períodos, de acordo com a visão de mundo predominante. Até o século XX, a ciência foi influenciada pela visão de mundo tradicional (*Tradicional WorldView – TWV*). Já a partir do séc. XX, devido às profundas transformações na sociedade, houve uma necessidade de mudança na forma de percepção do mundo e os fenômenos nele desenvolvidos. Essa nova visão é conhecida como Visão de Mundo Emergente (*Emerging Worldview – EWV*).

Em contraposição com os dogmas religiosos dominantes na explicação de mundo, surgiram os estudos de Galileu, Descartes, Newton, Kepler (muito pronunciado durante a revolução científica), e outros, mostrando que os avanços no entendimento do mundo e seus fenômenos poderiam ser realizados através da ciência (HEYLIGHEN; BERNHEIM, 2000). Somente através de estudos desenvolvidos, a partir da racionalidade, da experimentação e do progresso é que a sociedade poderia se desenvolver (BURY, 1955; BAUER, 1999).

Essas condições serviram como base para importantes transformações na sociedade, como a revolução industrial. Naquele momento, percebia-se uma grande influência do paradigma newtoniano-cartesiano na ciência (BAUER, 1999), caracterizado pela simplificação, reducionismo, determinismo clássico, causalidade linear e realidade objetiva (MORIN, 1991, RUELLE, 1993; DENT, 1999; HEYLIGHEN, 1990a, 1990b).

Pela influência, os fenômenos característicos da época, quase na sua totalidade, eram explicados mediante a decomposição do objeto de estudo em partes (método cartesiano), análise das partes de modo independente e seqüencial (método analítico), objetivando eliminar a imprecisão, a ambigüidade e a contradição (reducionismo e certeza). O resultado final dessa análise é a simplificação, através da disjunção e da redução. Durante o processo de análise, os fatos são construídos de modo linear, seqüencial e causal, onde a consequência de um fator resulta, necessariamente, a causa de outro adjacente (HEYLIGHEN; BERNHEIM, 2000; GERSHENSON; HEYLIGHEN, 2004; HEYLIGHEN *et al.*, 2007).

No início do século XX, as empresas, em período de desenvolvimento pós-revolução industrial, se organizavam segundo modelos de produção em massa e de organização do trabalho, como os influenciado por Ford e Taylor (1995; GABOR, 2001). A organização das empresas era resultado de um movimento maior, denominado escola da administração clássica ou científica. Os fundamentos dessa escola entendiam que, para garantir uma produção em massa de produtos padronizados e com qualidade, o produto

final deveria ser composto por partes, montado em uma seqüência pré-determinada, (MOTTA; VASCONCELOS, 2002; GUIMARÃES, 2006b).

Segundo os trabalhos de Taylor (1995), o sistema de trabalho deveria ser elaborado pelos gerentes, aqueles que detinham o conhecimento, e cabia aos operários apenas a realização das atividades que lhes foram estabelecidas. As operações eram, então, simplificadas, rotineiras e especializadas, visando facilitar sua execução pelos trabalhadores. Nessas empresas, a tecnologia era empregada para ampliar a força física do ser humano, através de máquinas, em uma relação direta, sem intermédio de dispositivos automatizados ou computadorizados (SHERIDAN, 2002).

Impulsionada pela revolução industrial, a tecnologia passou por um grande desenvolvimento, a partir do século XX, contribuindo para uma crescente mudança na sociedade e economia (STERMAN, 2000). O desenvolvimento de artefatos produtivos, definido como qualquer objetivo, cujo objetivo é aumentar a capacidade de trabalho do ser humano, é considerado como a principal base da mudança do sistema produtivo mundial (GALLOPÍN *et al*, 2001).

Além da Escola de Administração Clássica, diversas outras foram desenvolvidas, com o objetivo de estudar e melhorar a eficiência das organizações. Entre elas, destacam-se: a escola de Relações Humanas, no qual procurou investigar as condições do ambiente de trabalho propícias para melhorar a produção individual; escola de Organização Burocrática, no qual estabelece que um funcionamento adequado de uma organização deva ser orientado por normas e padrões regulamentares; escola Comportamentalista, influenciada pela psicologia comportamentalista, procurou estudar as organizações com enfoque no ser humano e nas suas crenças e valores, motivações, relações interpessoais e, principalmente, pela atitude; e a escola de Desenvolvimento Organizacional, cujo foco, foi a cultura organizacional que, se modificada, faria com que a organização se adaptasse a qualquer circunstância imposta pelo meio (BAUER, 1999; MOTTA; VASCONCELOS, 2002; CHIAVENATO, 2004).

Dessas, a que mais influencia a organização das empresas na aviação é a do modelo burocrático de Weber (CHIAVENATO, 2004). Segundo esse modelo, a empresa deve ser organizada por meio da centralização das decisões, hierarquia, autoridade, disciplina, regras, divisão do trabalho e, principalmente, a estabilidade (CLEGG; HARDY, 1999; REED, 1999).

Mesmo com um sistema produtivo organizado, de forma a garantir o cumprimento dos objetivos propostos pela alta direção, diversos eventos indesejados, como a ocorrência

de acidentes de trabalho, geravam perdas produtivas e custos diretos e indiretos. Sendo assim, a saúde ocupacional também teve que ser focada nos primeiros estudos sobre a administração científica, embora o objetivo reinante fosse a otimização racional do trabalho (GABOR, 2001).

A sociedade atual passa por modificações na forma de interpretar o mundo. O paradigma causal e determinístico de mundo é contestado por limitar o entendimento dos fenômenos naturais e sociais, dada a incapacidade de prover soluções para os atuais problemas (BAUER, 1999). Além da simplicidade, o antigo paradigma reduzia o mundo a um conjunto de partes, no qual o resultado final, nada mais é do que a soma dos resultados individuais de cada componente, além de estruturas estáticas e fechadas ao meio externo (MORIN, 1991).

Ao final da segunda grande guerra foram observadas diversas mudanças importantes na estrutura da sociedade, em termos de desenvolvimento de tecnologias computadorizadas e da informação, integração dos países, instituições e pessoas (MOTTA; VASCONCELOS, 2002). Essas mudanças culminaram nas atuais características da sociedade e enunciam a necessidade de uma mudança na forma de ver o mundo. A TWV não necessariamente se tornou errada; ela simplesmente se tornou insuficiente, pois não mais consegue explicar os fenômenos atuais da sociedade moderna, de forma satisfatória (DENT, 1999).

Há, portanto, a necessidade de revisar a atual visão de mundo e substituí-la por uma mais adequada. Segundo Dent (1999), essa nova visão de mundo foi denominada de Visão de Mundo Emergente. Basicamente, a EWV é influenciada pelos estudos sobre o caos e a complexidade, originalmente desenvolvidos nas ciências naturais e, então, transportados para outras áreas do conhecimento, mas que têm obtido sucessos na explicação de fenômenos sociais modernos.

Em uma realidade de incertezas, flutuações e instabilidade, é limitante conceber uma visão de mundo a partir de teorias deterministas e simplistas (BINDÉ, 2003). Devido a esse fato, a ciência deve se basear em visões mais abrangentes e menos reducionistas, como proposto pela teoria do caos e do acaso. Prigogine (2003) propõe que o mundo não deva ser explicado por simples formulações e que a condição inicial é fundamental para se prever o estado futuro dos fenômenos ou dos sistemas. Em vez de certeza, a ciência deve buscar a probabilidade, pois não é possível se prever um resultado certo a partir de determinado estado inicial (RUELLE, 1993).

Nesse contexto, umas das abordagens emergentes e que procurava contrapor o paradigma tradicional da ciência foi o dos estudos sobre complexidade. Devido sua importância, a ciência da complexidade surge como um novo pressuposto, uma alternativa de pensamento para o paradigma da simplicidade e mecanicismo (BAUER, 1999; MULEJ *et al.*, 2006).

A tentativa de estabelecer um conceito geral de ciência da complexidade tem encontrado alguns problemas. De acordo com Mannermaa (1988), algumas propostas levam a uma definição circular (definição utilizando o próprio conceito) e outros procuram apenas caracterizar o termo complexidade. Portanto, dada a dificuldade de se definir ciência da complexidade, o autor propõe caracterizá-la a partir de três conceitos contrapostos ao paradigma newtoniano-cartesiano: a) necessidade de analisar sob múltiplas vertentes uma mesma realidade ou verdade subjetiva, pois ela é influenciada pela percepção do observador; b) ligar o entendimento holístico de um todo com o entendimento reducionista das partes; e c) devido à existência de processos irreversíveis e explicações determinísticas, é essencial procurar uma abordagem que integre as incertezas e as discontinuidades, inerentes dos objetos de estudo.

A ciência da complexidade não surgiu de esforços únicos em algumas disciplinas, ela é mais do que um conjunto de proposições, modelos e métodos. Foi desenvolvida como uma nova forma de pensar os fenômenos e construída pelo desenvolvimento de idéias similares em diversas áreas tradicionais do conhecimento de modo paralelo, como matemática, física, química, biologia, psicologia, economia, ciência da computação, etc. Mais especificamente, segundo Heylighen (1988), as diversas áreas, teorias e métodos que compõem a ciência da complexidade têm sua origem na teoria geral dos sistemas (TGS), na teoria dos sistemas sócio-técnicos e na cibernética, desenvolvidas a partir da segunda grande guerra (HEYLIGHEN, 1997a; SIMON, 2000; MULEJ *et al.*, 2006; HEYLIGHEN *et al.*, 2007). Devido às características dos conceitos desenvolvidos e a viabilidade de aplicação transdisciplinar do conhecimento gerado, Heylighen (1997) procura não dissociar as contribuições dessas áreas. Para o autor, todas elas contribuíram de certa forma para a emergência da ciência da complexidade.

#### 2.4.2 Teoria Geral dos Sistemas

A proposição da Teoria Geral dos Sistemas (TGS) é tida como marco inicial desse novo paradigma, conhecido como abordagem sistêmica. Dentro dessa área, destacam-se os

estudos sobre o pensamento sistêmico aplicado à administração de organizações (SENGE, 1998; ANDRADE *et al.*, 2006; BERTRAND; GUILLEMET, 1988; KASPER, 2000).

Ao investigar as propriedades do enfoque sistêmico de estudos sobre biologia organísmica, psicologia da Gestalt e teorias sociológicas contemporâneas, Bertalanffy (1975) percebeu que havia um isomorfismo entre as teorias, possibilitando o estabelecimento de modelos, princípios e leis comuns aos diversos sistemas. A tentativa de generalizar as propriedades dos sistemas foi chamada de TGS.

Parafraseando Bertalanffy (1975, p.61), a TGS pode ser definida como “[...] uma ciência geral da ‘totalidade’”, cujo “[...] objetivo é a formulação de princípios válidos para os ‘sistemas’ em geral, qualquer que seja a natureza dos elementos que os compõem e as relações ou ‘forças’ existentes entre eles”.

Mesmo tendo sido inicialmente elaborado da década de 30, a TGS só foi proposta em 1956 através de uma publicação da Sociedade para a Teoria Geral dos Sistemas (BOULDING, 1956) formada, naquela época, principalmente por Bertalanffy, Rapoport e Boulding. Os autores esperaram um período propício para a divulgação e desenvolvimento dessa nova área, pois achavam que no momento oportuno as pessoas entenderiam a necessidade dessa nova proposta (BERTALANFFY, 1975). As principais contribuições da TGS são: os conceitos de sistema em si, homeostase e ambiente externo (SIMON 2000, KASPER, 2000; 2006).

Os primeiros ensaios sobre sistemas se restringiam às interconexões internas tanto em organismos (sistemas naturais), como em organizações (sistemas sociais). O foco residia na análise do todo, somente a partir das relações entre as partes. Nesse período, esses estudos se concentravam nas áreas da biologia, psicologia (teoria da Gestalt) e sociologia, no qual se considerava um sistema fechado, desconsiderando o ambiente externo existente (EMERY; TRIST, 1978). Ao se desenvolver a TGS, os conceitos de ambiente externo e sistemas abertos são inseridos e propiciam mudanças no entendimento dos sistemas.

Sistemas abertos são os sistemas que interagem com o meio, no sentido de influenciar e ser influenciado por este, através de trocas de informação, matéria ou energia (BERTALANFFY, 1975; THOMPSON, 1976; MORIN, 1991). Dessa relação de mutualidade, surge a necessidade de explicar a organização como algo dinâmico, na qual as relações entre seus componentes e o sistema mudam para atender as mudanças e influências do meio. É a partir dessa dinamicidade e das relações entre os componentes: o sistema e o meio, que surge a estabilidade (estabilidade dinâmica). Nesse momento,

interpreta-se o desempenho com uma propriedade emergente do sistema, e, não apenas, o resultado final da soma simples dos desempenhos da parte em uma estrutura estática (EMERY; TRIST, 1978).

Partindo dessas premissas, algumas linhas de pesquisa procuraram reduzir o entendimento das organizações a sistemas onde ocorriam apenas interações simples entre pessoas e artefatos (PASMORE; SHERWOOD, 1978; WOODS; HOLLNAGEL, 2006a) ou apenas à dimensão tecnológica, desconsiderando completamente o ser humano (SHERIDAN, 2002). É necessário, porém, que tanto o elemento social e as relações entre os componentes, quanto o ambiente externo, sejam considerados durante a análise de uma organização.

### 2.4.3 Teoria dos Sistemas Sócio-Técnicos

Nessa linha de raciocínio, pesquisadores do Instituto *Tavistok* propuseram a Teoria dos Sistemas Sócio-técnicos (HENDRICK; KLEINNER, 2001; TRIST, 1978). Essa teoria procura descrever como as empresas organizam-se, dividindo-as em sistemas menores (ou subsistemas) que interagem e influenciam entre si. Portanto, a forma como a organização está projetada influencia no seu desempenho (PASMORE, 1988). Nesse sentido, Pasmore e Sherwood (1978) afirmam que cada organização é única, devido às diferenças internas e externas.

Com o objetivo de descrever a complexa relação entre as pessoas, a tarefa e as tecnologias, a teoria dos sistemas sócio-técnicos especifica que as organizações devem ser projetadas, de acordo com os objetivos; os empregados devem ser envolvidos diretamente; e, mudanças são necessárias para que a mesma se adéque às demandas do meio. (PASMORE; SHERWOOD, 1978).

Os subsistemas considerados na teoria dos sistemas sócio-técnicos são: social, tecnológico, organização do trabalho e ambiente externo (PASMORE, 1988). De acordo com essa divisão em subsistemas, é possível avaliar cada um deles e para se entender o todo, pois cada um possui características próprias (PASMORE, 1988).

O ambiente externo é o subsistema que abrange todos os componentes que são externos aos limites da organização, influenciando seu desempenho (TRIST, 1978). Nesse sentido, Emery e Trist (1978) propõem que o meio ambiente pode ser dividido em quatro tipos distintos.

O primeiro é o mais simples, no qual os objetivos são relativamente imutáveis e distribuídos aleatoriamente. Nesse tipo de meio, conhecido como calmo e aleatório, as

organizações procuram se adaptar e possuem relativamente pequenas dimensões, se comparada a grandes empresas.

O segundo tipo é conhecido como meio calmo, onde os objetivos estão concentrados de uma única forma e onde, geralmente, há o domínio do conhecimento por algumas organizações.

O terceiro tipo é chamado de meio reativo ao distúrbio e pode ser comparado a um oligopólio. As características são parecidas com a do segundo tipo, entretanto, existem mais de uma organização do mesmo tipo, em que cada uma domina as mesmas informações que a outra. Ao contrário dos dois primeiros, sua principal característica é a dinamicidade, que emerge da interação entre os diferentes concorrentes.

O quarto e último tipo de meio é o chamado campo turbulento. Considerado o mais complexo dos meios, os processos ocorrem de forma dinâmica e as propriedades dessa dinamicidade emergem tanto da relação entre os componentes das organizações como do próprio meio. Os três principais fatores emergentes desse meio são: a ressonância, a interdependência entre a economia e outras dimensões da sociedade e a presença contínua do gradiente de mudança.

Pasmore (1988) considera o subsistema social como o mais importante de uma organização, pois este é, ao mesmo tempo, a fonte de sucesso e de insucesso. Mesmo com essa dualidade, o sistema social é aquele que possibilita a criação, modificação e melhoramento da organização, pois os seres humanos são as fontes de adaptação, inovação, idealização e inspiração. Sem esse sistema, é impossível a concepção de uma organização. Em nível unitário, é importante considerar as diferenças que existem entre os indivíduos, inclusive as diferenças ocorridas ao longo do tempo. Fatores diversos interferem nessas necessidades, aumentando a variabilidade do comportamento do indivíduo e a interferência na execução das tarefas.

Em nível de grupo, toda organização possui grupos informais e formais de pessoas que conectam o indivíduo a organização. Dessas associações surgem o senso de identidade e o propósito do trabalho, a seleção de comportamentos e atitudes e o compartilhamento de valores.

Com relação ao subsistema técnico, Pasmore (1988) afirma que, ao longo da história, a humanidade sempre procurou, nos desenvolvimentos tecnológicos, uma forma de ideologia, ao invés de uma solução econômica. Isso se deve, devido à visão utópica de que o trabalho pode ser substituído por descanso no momento em que a tecnologia sustente-se, sem a intervenção humana, e satisfaça as necessidades da humanidade

produzindo de forma autônoma. O sistema tecnológico consiste de ferramentas, técnicas, dispositivos, artefatos, métodos, configurações, procedimentos e conhecimentos utilizados dentro das organizações para transformar os insumos e matérias-primas em resultados, produtos finais e serviços. Esse subsistema afeta o comportamento dos diferentes níveis de uma organização, desde os individuais e departamentais até os organizacionais.

#### 2.4.4 Cibernética

A cibernética é a ciência que estuda o controle da informação em sistemas (BERTRAND; GUILLEMET, 1988). De origem militar, os primeiros estudos s procuravam desenvolver mecanismos de controle e regulação automáticos, cuja aplicação bélica combinava a engenharia de comunicação e a de controle (KASPER, 2000).

Segundo Kasper (2000), o movimento cibernético foi composto por diversos autores e foi desenvolvido em estágios. No primeiro estágio, os conceitos como retroalimentação e informação, ditos como características fundamentais da cibernética (SIMON, 2000), foram aplicados em outras áreas do conhecimento, por meio de trabalhos de Arturo Rosenblueth, Robert Wiener e Julian Bigelow (KASPER, 2006).

O segundo estágio do movimento se inicia com os trabalhos de Magoroh Maruyama, em 1963. Ao se contrapor ao pensamento de Robert Wiener, o autor discorre sobre a necessidade de analisar os processos de retroalimentação positiva como forma de gerar mudanças a partir de novas formas estruturais e propõe o enlace causal como representação desse comportamento.

O terceiro movimento se deve aos trabalhos de Ross Ashby sobre a lei da variedade necessária, em 1956. Essa lei propõe que, para reduzir a variedade do sistema, é preciso adotar mecanismos de controle para cada uma das variáveis essenciais.

O quarto estágio de desenvolvimento é atribuído aos trabalhos de Jay Forrester, em 1961. Os trabalhos de Forrester resultaram em estudos sobre dinâmica de sistemas, conjunto de aspectos teóricos que procuram explicar a estrutura e o comportamento dinâmico de algumas classes de sistemas. Estes estudos estavam focados, principalmente, nos problemas em organizações industriais.

Ao contrário da TGS, que não desenvolveu devido à falta de resultados científicos tangíveis e pela tentativa de reunir sob um mesmo conjunto de conceitos diversas áreas do conhecimento, a cibernética obteve grande disseminação, pois não teve a intenção de formular teorias gerais aplicáveis a todos os tipos de sistemas existentes (SIMON, 2000).

#### 2.4.5 **Pensamento Complexo**

Da mesma forma que as escolas que desenvolveram estudos sobre organizações, o pensamento complexo tem grande influência nos estudos da administração. Morin (2003, p. 71) evidencia a necessidade das ciências de “[...] completar o pensamento que separa com um pensamento que une [...]”. O pensamento complexo é um pensamento que busca distinguir (mas não separar), ao mesmo tempo em que busca reunir”.

Ainda, segundo Morin (2003), o pensamento complexo pode ser regido por sete princípios: a) sistêmico ou organizacional, se opõe ao reducionismo, ao unir o conhecimento do todo e das partes, pois o todo é mais do que a soma das partes, máxima da teoria dos sistemas; b) “hologramático”, pois evidencia o paradoxo de que o todo está nas partes e as partes fazem o todo; c) ciclo retroativo, introduzido pela cibernética, este princípio procura romper com o princípio da causalidade linear, pois as retroalimentações permitem que o sistema de auto-regule através de estabilização do sistema ou a amplificação dos sinais; d) ciclo recorrente, supera a noção de auto-produção e auto-organização, pois “[...] os produtos e as conseqüências são, eles próprios, produtores daquilo que produzem” (MORIN, 2003, p. 73); e) auto-eco-organização, já que ao mesmo tempo em que as partes possuem autonomia em relação ao meio, elas necessitam de energia, informação e organização do meio ambiente para se organizar e manter sua independência; f) dialógico, pois une duas noções ou princípios antagônicos e excludentes, mas que são indissociáveis para uma mesma realidade; e g) reintrodução do conhecido em todo o conhecimento, pois todo o conhecimento é uma reconstrução ou tradução de um conhecimento anterior em uma cultura e tempos determinados.

É perceptível a relação entre o pensamento complexo e o sistêmico. Por esse motivo, o conceito de complexidade é aplicável aos sistemas e o conceito de sistemas também passa a ser aplicável à complexidade. Inclusive, Bertalanffy (1975, p. 57) define sistema como um “complexo de elementos em interação”.

#### 2.4.6 **Sistemas complexos**

Segundo Sussman (2003), a complexidade é vista como uma propriedade dos sistemas sócio-técnicos e representa a tentativa desses sistemas de aumentar sua eficiência, desempenho e flexibilidade e adaptabilidade em um meio incerto.

Aplicado aos sistemas, a complexidade é definida por Weaver (1948) como o grau de dificuldade de se prever o comportamento do sistema, a partir das propriedades dos

elementos constitutivos. Dessa forma, essa dificuldade é dividida em três categorias: simplicidade, complexidade organizada e a complexidade desorganizada.

Em um dos extremos, situa-se a categoria de simplicidade, na qual estabelece que os sistemas possuem um número pequeno e limitado de variáveis e relações, o que facilita o entendimento de sua organização e a previsão do seu comportamento futuro.

No extremo exposto situam-se os sistemas de complexidade desorganizada. Nessas situações, a quantidade de variáveis é muito grande e há incontáveis possibilidades de relações entre elas, em diferentes intensidades. Como não há nenhuma forma prévia de organização, a disposição, a relação e a interação entre os componentes são aleatórias, sem qualquer possibilidade de uma suposição prévia do comportamento futuro. Segundo Weaver (1948), mesmo com essas características há uma possibilidade de previsão, a partir de técnicas estatísticas. Nesse caso, inserem-se os problemas sobre o posicionamento de uma molécula de um gás e a física quântica, onde as análises probabilísticas produzem resultados com soluções prováveis, com graus de incerteza.

Para o autor, a concentração de esforços deve ser feita para entender a complexidade organizada. Nela, estão inseridos todos os fenômenos e sistemas, que de alguma forma, estão organizados racionalmente, mas o seu entendimento completo, seu desempenho futuro e as inter-relações possuem um alto grau de incerteza e imprevisibilidade. Segundo o autor, esse tipo de complexidade reside nos fenômenos e sistemas sociais, como as organizações e empresas, por exemplo.

Outra proposição sobre as diferentes linhas de pensamento, dentro dos estudos sobre sistemas complexos, é a proposta de Manson (2001). Segundo o autor, há duas áreas principais de estudo: a complexidade algorítmica e a agregada. Estudos sobre complexidade algorítmica podem ser evidenciados em áreas de estudo, como a teoria da informação. Nessa área, por exemplo, procura-se condensar as diferentes interações entre os componentes em mensurações simples. A utilização da teoria da informação, considerando a ciência da complexidade, pode ser observada nos estudos sobre a cognição humana, onde o processo cognitivo é visto como processamento da informação (*Information Process System - IPS*). O autor afirma que essa área da complexidade, dificilmente pode ser aplicada em fenômenos sociais ou ambientais, especialmente porque é impossível prever quais são todas as variáveis que regem o comportamento das pessoas, pois cada uma possui experiências passadas, conhecimentos e um modo de pensar diferentes das outras. Para suprir essa necessidade, Manson (2001) propõe que a complexidade agregada é aplicável aos fenômenos sociais. Nesses estudos, a aplicação de

métodos qualitativos é a melhor forma de avaliar os sistemas, pois se presume que o entendimento do todo nunca é possível, dada às inúmeras relações existentes entre os componentes do sistema. Sendo assim, somente é possível entender um comportamento com imprecisão.

Thompson (1976), ao adotar a proposta do sociólogo Alvin Gouldner, concorda com a visão de Manson (2001), pois considera as atuais empresas como sistemas naturais sujeitos a padrões racionais. Organizações racionais são aquelas que procuram seguir a regularidade através de uma estrutura invariável e hierárquica e um funcionamento previsível regido por procedimentos, padrões e regras. Por sistemas naturais entendem-se as organizações como um conjunto de partes interdependentes e que se interagem para constituir o todo. A visão passa de estrutural para funcional, sendo o objetivo primordial do sistema a sobrevivência. A auto-estabilização é o mecanismo que, naturalmente, regula as relações entre os componentes internos, de forma adaptar e absorver os distúrbios do meio. O ambiente é, muitas das vezes, incerto, flutuante e imprevisível e a organização é vista como um sistema aberto, que influencia e é influenciada por este meio através da troca de informações, matéria e energia (MCKELVEY, 2001).

Na visão de Thompson (1976), a alta gerência precisa tomar decisões e desempenhar suas funções lidando com os dois extremos de comportamento da organização: flexibilidade para garantir sua sobrevivência em momentos de incerteza e imprevisibilidade do meio; e, ao mesmo tempo, diminuir a incerteza interna para garantir a previsibilidade, rotina e regularidade de suas operações. Portanto, a organização, continuamente, alterna entre o estado de regularidade e adaptação.

Perrow (1984), ao propor a teoria dos acidentes normais, foi um dos primeiros estudiosos a difundir os pressupostos sobre sistemas complexos para a área da segurança industrial. Um ponto importante discutido pelo autor é que sistemas complexos não, necessariamente, empregam sofisticada tecnologia, possuem muitos componentes, ou muitos estágios de produção e não são sistemas de alto risco com potenciais catastróficos. O autor conclui que “nós temos sistemas complexos porque não conseguimos produzir a partir de seqüências lineares” (PERROW, 1984, p. 15), ou seja, qualquer sistema possui certo grau de complexidade. Uma comparação entre as características percebidas em sistemas complexos e lineares é apresentada na figura 3.

<b>Sistemas complexos</b>	<b>Sistemas lineares</b>
Proximidade	Segregação espacial

Conexões de modo comum	Conexões dedicadas
Subsistemas interconectados	Subsistemas segregados
Substituições limitadas	Simple substituições
Controle circular por retroalimentação	Poucos controles por retroalimentação
Controles múltiplos que se interagem	Controles segregados e com único propósito
Informação indireta	Informação direta
Entendimento limitado	Entendimento extensivo

Figura 3 – Comparação entre as características de sistemas complexos e lineares.

Fonte: adaptado de Perrow (1984)

Um dos grandes problemas ao analisar a complexidade de sistemas recai não método utilizado. Não há consenso entre os pesquisadores sobre a utilização de métodos qualitativos ou quantitativos. Complementarmente, também não há um consenso sobre quais os aspectos ou princípios caracterizam os sistemas complexos (VICENTE, 1999).

De acordo com Manson (2001), os métodos quantitativos são adequados quando as situações envolvem a aplicação dos conceitos da complexidade algorítmica, cujos resultados baseiam-se na resolução de algoritmos que se propõem a explicar e prever o comportamento de um sistema. Estudos recentes procuram mensurar a complexidade, a partir da quantificação de determinadas variáveis. O estudo elaborado por France (2006), por exemplo, procura avaliar a complexidade do centro de emergência de um hospital a partir do fluxo de informações que circulam entre os diferentes setores. A mensuração da desse fluxo de informações permite avaliar o comportamento do sistema frente às situações onde há falta de leitos para os pacientes. A crítica feita a essa abordagem reside na simplificação do problema em apenas uma dimensão, fluxo de informações no caso, e o descarte de outras dimensões, por exemplo, a percepção dos médicos, enfermeiros e demais profissionais sobre o problema.

Já, a partir da abordagem qualitativa, há diferentes propostas de avaliação da complexidade de sistemas. Basicamente, elas possuem a semelhança de avaliar a complexidade dos sistemas a partir de características observáveis e inferenciais, sendo o grau de especificação cabível a cada proposta.

Anderson *et al.* (2005) afirmam que uma estratégia de pesquisa qualitativa adequada é o estudo de caso, pois permite analisar de forma mais completa os padrões de funcionamento do sistema, a interação entre os elementos, entre outros. Essa estratégia de pesquisa foi utilizada pelos autores na avaliação da complexidade e dinamicidade de organizações do sistema de saúde. De acordo com o estudo, a análise de um sistema

complexo e dinâmico deve: a) entender quais são as interdependências e interações entre os elementos constitutivos do sistema para possibilitar o entendimento da organização e as propriedades dos sistemas; b) é necessário entender as diferentes dimensões dos relacionamentos entre os elementos, como meio de identificar de que forma a organização é influenciada; c) focar em eventos não lineares; d) esperar por, procurar e analisar eventos inesperados, como forma de entender o comportamento da organização naquele momento; e) entender os padrões emergentes, assim como o processo e os eventos, da mesma forma, observar os padrões emergentes entre os diferentes níveis hierárquicos e as mudanças; f) alternar entre a visão do futuro das organizações e o seu passado; g) redefinir os papéis dos atores; e h) aprender a história do sistema.

Os autores concluem que, ao trabalhar com organizações, não se deve somente procurar analisar os documentos e políticas formais, pois eles escondem a natureza real do seu funcionamento. Como um sistema complexo e dinâmico, as organizações funcionam a partir de padrões informais de comportamento, que emergem devido aos mecanismos de adaptação, auto-organização e evolução.

Outro estudo que utiliza a abordagem qualitativa é o estudo proposto de Perrow (1984). A partir de características abrangentes, Perrow (1984) sugere a análise de sistemas complexos a partir das interações e acoplamento entre os componentes e da complexidade.

A primeira dimensão é definida como ausência de margem ou pouca separação entre dois ou mais itens. Isso representa que um componente só pode desempenhar suas funções e atingir seus objetivos, se outros componentes fornecerem subsídios para realização da tarefa. Sistemas com alto grau de acoplamento entre os componentes são mais dependentes do tempo, a seqüência de produção é mais invariável, e o projeto do processo permite somente um meio de atingir o objetivo da produção e possuem pouca margem de ação.

Sistemas complexos, na visão do autor, são caracterizados por possuírem seqüências não familiares ou emergentes, muitos parâmetros de controle com potencial de interação, fontes de informação não precisas ou inferenciais, e processos de limitada capacidade de entendimento.

Sistemas de transportes, como a aviação, são considerados por Perrow (1984) como um sistema de interações complexas de alto acoplamento. Interações complexas são aquelas em que pelo menos um componente pode interagir com um ou mais de um componente fora de uma seqüência linear, seja de forma projetada ou não. Essas seqüências podem ser não familiares, não planejadas ou inesperadas e não visíveis, ou não

compreendidas imediatamente. Sistemas com alto acoplamento entre os componentes possuem grande dependência entre os componentes, e o projeto do processo permite somente um meio de atingir o objetivo da produção, não garantindo margens para imprevistos.

Uma proposta um pouco diferente dos métodos qualitativos anteriormente apresentados é a apresentada por Christoffersen e Woods (1999). Segundo os autores, a complexidade de um sistema pode ser caracterizada, a partir de categorias menos específicas. Segundo os autores, sistemas complexos apresentam cinco características fundamentais, a saber: a) há um alto grau de interconexão e interdependência entre os componentes do sistema, conforme exposto por Perrow (1984); b) devido à característica anterior, o sistema possui um alto grau de encadeamento entre seus componentes, o que gera um comportamento altamente flexível e adaptável. Em situações como o processo produtivo enxuto, o encadeamento é desejável, pois, considerando as características desse sistema, a rapidez na resolução das contingências garante um fluxo contínuo e enxuto. Já a face oposta do encadeamento reside na propagação de erros e falhas. Em sistemas com alto grau de interconexão e interdependência, há uma rapidez na propagação das falhas, reduzindo a oportunidade para intervenção antes das conseqüências indesejadas (GUIMARÃES, 2006a); c) os sistemas complexos são caracterizados pela dinâmica não-linear, ou seja, não é possível compreender o funcionamento do sistema considerando apenas as relações lineares e causais; d) múltiplas interações e interconexões geram inúmeras possibilidades de resultado final do sistema. Portanto, sistemas complexos possuem um alto grau de variabilidade; e e) quanto mais variáveis são adicionadas na tentativa de prever o comportamento do sistema, mais incerteza é adicionada ao resultado. Isso significa que é impossível entender por completo o comportamento do sistema.

Vicente (1999), também propõe algumas características passíveis de verificação em sistemas complexos. A diferença entre essa proposição e a de Christoffersen e Woods (1999) é o menor grau de abstração. O autor esclarece que essas características podem ser encontradas, facilmente, durante a observação do funcionamento de um sistema, mas nem todas estão presentes em todos os sistemas ao mesmo tempo.

A proposição do autor consiste em onze características, sendo elas: a) inúmeras possibilidades de fatores influentes no comportamento final; b) quanto maior o contingente de pessoas trabalhando conjuntamente, maior é a possibilidade de variabilidade no resultado final; c) todas as pessoas envolvidas na organização possuem diferentes percepções, experiências, histórias, pensamento, processo de tomada de decisão (entre

outros), resultando em perspectivas heterogêneas; d) as diversas partes do sistema (departamentos, estruturas, unidade, etc.) estão dispostas em diferentes localizações geográficas e físicas, dificultando a coordenação e caracterizando o sistema quanto a sua distribuição; e) alto grau de dinamicidade, pois constantemente ocorrem modificações em diferentes níveis dentro do sistema por diversos motivos (motivações internas ou externas), acarretando na freqüente mudança do estado do sistema. Para caracterizar um sistema não basta descrevê-lo em termos de estrutura, função e espaço. O tempo, também, é uma variável importante, pois a cada instante o sistema modifica-se; f) perigos com alto grau de conseqüências adversas são presentes na operação; g) alto grau de acoplamento existente nas interações, interdependências e proximidades dos diversos subsistemas e componentes do sistema; h) utilização de alto grau de automação como forma de aumentar e melhorar o sistema produtivo; i) alto grau de incerteza nos dados disponíveis aos operadores e demais funcionários, pois o real *status* de operação do sistema nunca pode se saber com certeza; j) em muitos sistemas, as pessoas estão deslocadas do processo produtivo e sua interação com o mesmo é mediada por artefatos (indicadores, por exemplo); e k) há grande ocorrência de distúrbios na regularidade do sistema, gerados por eventos não previstos, ocasionando a necessidade de adaptações dos operadores para resolver.

## 2.5 A ENGENHARIA DE RESILIÊNCIA COMO NOVO PARADIGMA NOS ESTUDOS SOBRE GESTÃO DE SEGURANÇA

A Engenharia de Resiliência (ER) é uma área de estudos recentemente proposta como uma alternativa para a abordagem tradicional da gestão de segurança. Seu foco reside na segurança de sistemas sócio-técnicos complexos e, se baseia na resiliência como propriedade inerente e necessária para garantir a segurança desses sistemas. Pelo fato de ter sido recentemente proposta, aproximadamente em 2004, com o Primeiro Simpósio de Engenharia de Resiliência, ocorreram poucos eventos para discussão e apresentação desses de estudos. Até o momento, foram organizados dois seminários e um *workshop*.

Essa nova abordagem, da gestão de segurança, ainda precisa desenvolver suas bases teóricas, entendendo melhor os fundamentos da resiliência em organizações e desenvolver técnicas e métodos para a identificação e avaliação da resiliência nos níveis individuais, de equipes e da organização. Ainda são necessárias técnicas e ferramentas que permitam o constante monitoramento das condições de segurança da organização e seus limites. Entretanto, os primeiros estudos e desenvolvimentos foram propostos.

A seguir, serão tratados os principais aspectos dessa nova área, quando serão discutidas as origens, os conceitos fundamentais utilizados na gestão de segurança, os fundamentos, os desenvolvimentos, a aplicação na aviação e os métodos de avaliação e identificação de fontes de resiliência em sistemas.

### 2.5.1 Origens

Os primeiros estudos sobre a segurança, que influenciaram as atuais abordagens sobre segurança industrial, advêm de iniciativas realizadas no contexto industrial, no final do século XIX e século XX, com o desenvolvimento das primeiras empresas de manufatura (LEVESON, 2002). Desde o início, as ações e o conhecimento sobre segurança no trabalho se basearam no conhecimento empírico gerado, principalmente, através das investigações dos acidentes (HOLLNAGEL, 2004). Esses estudos serviram de base para as primeiras teorias causais sobre a ocorrência dos acidentes, conforme Sanders e McCormick (1993). Os autores expõem que as primeiras teorias sobre os acidentes tentavam estabelecer uma relação causal entre sua ocorrência e as ações dos acidentados.

#### 2.5.1.1 Primeiros Estudos sobre Acidentes

Um dos primeiros conjuntos de explicações sobre a ocorrência de acidentes é denominado por Dekker (2002) e Vicente (2005) como teorias da maçã podre (*bad apple theories*). Dentro desse conjunto, incluem-se as mais antigas, influentes e controvertidas teorias denominadas de teorias da propensão aos acidentes (DELA COLETA, 1989). Essas teorias têm como pressuposto que os acidentes somente ocorrem com um grupo de indivíduos de determinadas características. Ao identificar essas características é possível prever quais indivíduos possuem maior propensão a se acidentarem. Como ações de segurança, é preciso isolar ou excluir os operários mais propensos a acidentes, para evitar que os demais sejam influenciados e também se tornem propensos (SANDERS; MCCORMICK, 1993; REASON, 2008).

A limitação do entendimento da ocorrência de acidentes, sob a perspectiva das teorias da maçã podre, influenciou os demais estudos sobre a segurança industrial. Nesse sentido, surgem os primeiros modelos de acidentes. Segundo Hollnagel (2004) e Leveson (2002), modelos de acidentes são representações e generalizações de como os acidentes ocorrem. O objetivo é entender os mecanismos de ocorrência para prever e evitar situações futuras com potencial de gerar acidentes. A formulação de modelos é uma tentativa de

previsão do comportamento futuro, pois, segundo Hollnagel (2004), parece ser a característica intrínseca humana.

Uma das primeiras propostas sobre modelos de acidentes foram os estudos desenvolvidos por Heinrich (1931) e, mais tarde, aprofundados por Bird Jr. (1974). Ao investigar melhor a ocorrência de acidentes com os trabalhadores na indústria, Heinrich (1931) focou nos gastos das empresas cada vez que um acidente ocorria. Nesse momento, segundo De Cicco (1984), o foco dos estudos sobre a segurança no trabalho passa para os danos materiais e a perda da capacidade produtiva, considerados custos indiretos. Nessa nova interpretação, Heinrich (1931) percebe que há variações entre os custos gerados pelos acidentes e suas respectivas conseqüências, em termos de gravidade. Quanto mais grave, maior o custo direto e indireto.

Ao tentar relacionar essas diferentes categorias de gravidade dos acidentes com os custos gerados, o autor estabelece a conhecida pirâmide de relação entre os acidentes (HAWKINS, 1993). Como resultado de sua investigação, Heinrich (1931) propõe, ainda, um modelo de acidente, a partir da analogia com dominós dispostos de forma linear. Na visão do autor, o acidente é um resultado linear final de uma seqüência, onde a conseqüência de um dos fatores resulta na causa de outro. Dentre esses fatores, incluem-se os atos inseguros, as condições físicas e as falhas mecânicas (HOLLNAGEL, 2004).

Essa abordagem introduz possíveis relações entre o tipo de evento e a gravidade associada. Os acidentes foram definidos como situações onde houve lesões graves e incapacitantes aos operários, enquanto, acidentes leves e incidentes houve apenas lesões não incapacitantes, e leves ou nenhuma, respectivamente (DE CICCO, 1984).

Com a influência da TVW, os primeiros modelos de acidentes industriais podem ser caracterizados como casuais, ou seja, as conseqüências são associadas às causas de forma linear e simplista. Toda conseqüência possui, necessariamente, um causa associada (HOLLNAGEL, 2004). Segundo Hollnagel (2006), dentre os diversos tipos de modelos de acidentes, os modelos lineares foram os mais difundidos.

Tanto nas teorias sobre as propensões ao acidentes, como nos primeiros modelos de acidentes, o ser humano é visto como o principal elemento impactante, cujo comportamento inseguro é determinante para a ocorrência do acidente (REASON, 2008). Segundo Sanders e McCormick (1993), esses modelos e teorias, possivelmente, foram influenciados pelo pensamento influenciado pela escola comportamentalista.

No início do século XX, o comportamentalismo era a principal escola que estudava o desempenho humano no âmbito da psicologia. Essa escola procurava entender o

comportamento do ser humano, a partir de estímulos e respostas, avaliando somente quais recursos eram utilizados pelo seres humanos e qual a resposta observada, a partir das atitudes (GARDNER, 1996). O comportamento para esses estudos é resultado do conhecimento e da atitude do ser humano, conforme o modelo KAB (*Knowledge, Attitude, Behaviour*) (KOMATSUBARA, 2008).

Os principais críticos da escola comportamental argumentam que as inferências utilizadas pelos comportamentalistas se originam em experimentos de laboratório, usando animais como objetos de pesquisa. Entretanto, segundo Pozo (2002), essa escola teve grande repercussão e, ainda hoje, suas influências são percebidas, principalmente, nas estruturas de ensino.

#### 2.5.1.2 Advento da Ergonomia e das Disciplinas Cognitivas

Após a segunda grande guerra, a tecnologia empregada nos diversos setores ainda estava se desenvolvendo, pois a centralização e o emprego de computadores estavam em sua fase inicial (HOLLNAGEL; WOODS, 2005). Como resultado, a tecnologia, por vezes, falhava, dificultando o cumprimento do trabalho. Tal situação também ocorreu na aviação, onde acidentes devido a falhas mecânicas eram comuns, até o emprego das aeronaves a jato (ICAO, 2009). Como resultado, as causas apontadas nas investigações dos acidentes, quase na totalidade, se direcionavam para as falhas mecânicas (HOLLNAGEL, 2004). É nesse período que a indústria, principalmente a aeronáutica, inicia esforços em duas áreas: o desenvolvimento de artefatos, cada vez mais confiável, a partir da análise de falhas e outras ferramentas de confiabilidade; e o desenvolvimento de modelos alternativos para o gerenciamento da prevenção. Em vez de trabalhar somente com a investigação de acidentes, a indústria passou a trabalhar com modelos de gerenciamento de risco. Nesse período desenvolvem-se inúmeras ferramentas de avaliação de risco e iniciam-se as primeiras metas de segurança (LEVESON, 2002).

As evoluções tecnológicas, a partir do início da metade do século XX, foram influenciadas com o desenvolvimento das teorias da informação, das ciências computacionais e das ciências cognitivas (SHERIDAN, 2002). Nesse período, de acordo com Hollnagel e Woods (2005), houve um aumento significativo da amplificação das capacidades dos seres humanos. Segundo, ainda os autores, esse período pode ser caracterizado como o grande aumento da automação, centralização e emprego da computação. Essas três etapas de desenvolvimento da tecnologia são as responsáveis pelo grande aumento da complexidade da relação entre ser humano e trabalho. De acordo com

Sheridan (2002), a relação do ser humano com a tecnologia passou de um controle manual dos seres humanos sobre as máquinas, para a supervisão de sistemas de controle centralizados e automáticos.

Com o sucesso dos esforços para o aumento da confiabilidade técnica dos equipamentos e uma grande redução no número de acidentes (BOEING, 2007), os acidentes passaram a ocorrer com características diferentes: mesmo com a aeronave em total integridade, os acidentes aéreos continuavam ocorrendo, só que, devido ao aumento na capacidade de transporte de passageiro, as conseqüências foram se tornando cada vez piores. É a partir desse contexto que surgem os primeiros estudos na área de fatores humanos, influenciados, principalmente, pela ciência cognitiva que estava em desenvolvimento. Junto a este desenvolvimento, também surgem os primeiros trabalhos da ergonomia.

A ergonomia é apresentada como disciplina que procura estudar, entender e modificar as condições de trabalho ao ser humano, com intuito de melhorar o desempenho produtivo e garantir sua integridade (GUÉRIN *et al.*, 2001). Ela foi proposta como uma área multidisciplinar, cujo foco é a relação dos seres humanos com os artefatos e o trabalho, objetivando propiciar melhores condições de trabalho, saúde e segurança, objetivando aumentar a produtividade (IIDA, 1990; GUIMARÃES, 2006a).

Apesar de muitos autores afirmarem não haver dissociação entre ergonomia e fatores humanos, Wickens (1992) afirma, até o início das ciências cognitivas, que os principais estudos e linhas de pesquisas da ergonomia eram baseados em aspectos antropométricos, biomecânicos e fisiológicos, ou aspectos físicos ambientais (iluminação, temperatura, ruído e vibração). Já nos estudos em fatores humanos, desde o início, a preocupação estava nos fatores físicos e psicológicos, aplicados a uma parte do sistema de trabalho ou na interface humano-máquina.

Com a evolução dos estudos da ergonomia e sua disseminação no meio acadêmico, novas abordagens foram surgindo. Hendrick e Kleiner (2001) apresentam uma classificação dos períodos da ergonomia, considerando as diferentes tecnologias focadas em cada um. Basicamente, pode ser dividida em quatro fases: 1ª Fase ou Ergonomia de hardware; 2ª Fase ou Ergonomia do Meio Ambiente; 3ª Fase ou Ergonomia de Software; e 4ª Fase ou Macroergonomia ou ergonomia de sistemas

Ao mesmo tempo em que a ergonomia se desenvolvia, uma de suas áreas, a ergonomia cognitiva ou ergonomia de software, começa a se desenvolver devido ao surgimento das ciências cognitivas. Devido às limitações das teorias utilizadas pela escola

comportamentalistas, aliado aos avanços dos estudos nas áreas da cibernética, inteligência artificial, ciências e lingüística computacionais, a psicologia passou a adotar modelos computacionais para descrever o funcionamento da cognição humana. Essa nova área na psicologia ficou conhecida como psicologia cognitiva e fez parte de um movimento maior, chamado de ciências cognitivas, surgidas a partir de 1955 (GARDNER, 1996).

Os primeiros estudos sobre a cognição procuraram examiná-la sob condições controladas em laboratório, livre de ações do meio externo. Conhecida como “cognição na mente”, os primeiros estudos assumiam a cognição como um processo exclusivo, ocorrido dentro do cérebro sem ser influenciado pelo contexto, e os modelos se pautavam no funcionamento de computadores (GUIMARÃES, 2006b). O ser humano, a exemplo de um computador, possuía estruturas internas que percebiam o meio externo, processavam a informação que chegavam pelos canais sensoriais e respondiam ao meio a partir de ações psicomotoras. Esse paradigma ficou conhecido como *Information Processing System* (IPS - sistema de processamento da informação) (POZO, 2002). Aplicada ao contexto do trabalho, a IPS entendia o trabalho com resultado da interação do ser humano com o artefato de modo dissociado, cuja análise era feita por meio da dissociação entre operadores e máquina.

As abordagens da IPS para o modo de controle cognitivo das tarefas são caracterizadas pela influência dos conceitos de retroalimentação (*feedbacks loops*) da cibernética. De acordo com esse paradigma, o trabalho consiste no controle cognitivo sobre as ações partindo de sinais finais gerados pela diferença entre o resultado obtido e o resultado pretendido. Um desses modelos, chamado de meta-modelo, procurava descrever o desempenho humano sob o ponto de vista estrutural, considerando-o apenas como reativo e dirigido por dados. Tal abordagem era utilizada para projetar controles, com intuito de manter a variabilidade do sistema dentro de limites aceitáveis (HOLLNAGEL; WOODS, 2005).

Essa base teórica possibilitou que estudiosos propusessem outros modelos sobre o controle cognitivo. Rasmussen (1983) apresenta que o controle cognitivo ocorre a partir de três níveis, denominados: *Skill Based Behaviour* (SBB), *Rule Based Behaviour* (RBB) e *Knowledge Based Behaviour* (KBB). A diferença da proposição de Rasmussen (1983) para as demais é que o autor utiliza como fundamento a função do sistema, ao invés da estrutura. As pessoas trabalham a partir de acionamentos de funções cognitivas dependendo da experiência prévia dessas pessoas com as situações encontradas. Tal estudo

obteve grande repercussão a ponto de influenciar outras pesquisas, principalmente aquelas que procuraram investigar o erro humano (REASON, 1990; RASMUSSEN *et al.*, 1994).

É importante destacar que a psicologia cognitiva também sofreu influências de autores como Binet, Piaget, Bartlett, Duncker, Vygotsky, e outros. Ao contrário dos estudiosos americanos, que permaneceram difundindo a IPS, na Europa, pesquisadores já estavam trabalhando seguindo preceitos construtivistas e contextuais (MOREIRA, 1999; RIES, 2003).

Devido às modificações impostas pelo extensivo uso de computadores, o trabalho passou a demandar maior capacidade cognitiva do que física, aumentando a complexidade da relação do operador com o trabalho. É nesse contexto que surge a engenharia cognitiva. Guimarães (2006a, p. 12) define-a como “disciplina que usa os conhecimentos da ergonomia cognitiva e da psicologia da engenharia na solução de problemas de engenharia que vem se tornando cada vez mais complexos com o desenvolvimento da tecnologia”. Wickens *et al.* (1998) complementa, afirmando que a disciplina se parece com Fatores Humanos, mas seu foco está na complexidade, no pensamento cognitivo e no conhecimento, relacionados aos aspectos de desempenho do sistema, independente se essas operações são realizadas pelo ser humano ou pela máquina. Inclusive, esse último cenário é o foco de estudo a inteligência artificial.

Nesse mesmo período de desenvolvimento da ergonomia, temos o surgimento de duas áreas de estudo muito próximas: a Psicologia da Engenharia (*Engeneering Psychology*) e a Engenharia de Fatores Humanos (*Human Factors Engineering*). Enquanto a primeira estava interessada nas capacidades e limites do ser humano ao lidar com uma máquina, a última procurava aplicar esses conhecimentos de forma a elaborar sistemas mais robustos (WICKENS *et al.*, 1998)

Vicente (2002) argumenta que a engenharia de fatores humanos foi importante para gerar princípios de projeto de dispositivos tecnológicos adaptados aos seres humanos. Entretanto, a estagnação no progresso da segurança dos usuários se deve a visão estreita da disciplina de intervir na usabilidade de equipamentos e softwares, como, por exemplo, a interface gráfica.

Devido às características das máquinas e dos sistemas atuais, estudos como Engenharia da Psicologia e Engenharia de Fatores Humanos se tornaram obsoletos por ignorarem as funções cognitivas de um sistema humano-máquina, agindo conjuntamente no contexto real do trabalho que possui características de complexidade e dinamicidade. Até então, as diretrizes dos projetos de sistemas ou artefatos descreviam o comportamento

humano a partir de regras lógicas, como se o ser humano fosse um processador de informações perfeito. Essa visão de “cognição na mente” se mostrou limitada ainda por negligenciar fatores ligados ao desempenho humano, como flexibilidade e variabilidade. Então, houve a necessidade de abordagens que tratassem o problema de uma forma sistêmica e interpretasse a cognição como algo mais do que simplesmente um processamento da informação. Essas abordagens foram a Macroergonomia e a Engenharia de Sistemas Cognitivos (GUIMARÃES, 2006a; VICENTE, 2005; HOLLNAGEL; WOODS, 2005).

Nesse contexto, a Engenharia de Sistemas Cognitivos (ESC) surge como uma proposta alternativa. A ESC procura entender como os sistemas humano-máquina correlacionados são capazes de lidar com as demandas do meio e, ainda assim, manter o controle. Essa compreensão é utilizada para fornecer ferramentas, modelos e princípios para se projetar sistemas eficientes e seguros (HOLLNAGEL; WOODS, 1999).

A Engenharia de Sistemas Cognitivos ESC foi proposta, em 1983, por Hollnagel e Woods, no trabalho intitulado “*New wine in new bottles*”. O significado do título só foi esclarecido mais de vinte anos mais tarde, no livro “*Joint Cognitive Systems: an introduction to Cognitive Systems Engineering*”, também, dos autores referidos (2006). De acordo com os mesmos, o termo “*new wine*” se refere à idéia de se utilizar o termo sistema cognitivo como uma unidade de análise e o termo “*new bottles*” se refere ao novo foco, que deixa a interação humano-máquina como a soma das partes para uma visão do todo. Sendo assim, uma nova forma de estudo, a ESC, deveria ser proposta para conceber, projetar, analisar e validar o sistema humano-máquina como um sistema cognitivo, ou seja, olhar o ser humano e a máquina como um todo cognitivo, e não uma soma dos componentes, já que o resultado de um sistema é mais que a simples soma de seus componentes (HOLLNAGEL; WOODS, 1999; 2005).

Mesmo sendo proposta como uma abordagem inovadora, somente após vinte anos é que essa área começou a ganhar importância, como argumenta Hollnagel e Woods (1999), ao perceberem o aumento do número de estudos relacionados com a abordagem. Tal fato é corroborado por Guerlain *et al.* (2001). Os autores têm observado um grande aumento do número de artigos submetidos ao periódico da *Human Factors and Ergonomics Society* (HFES). Da mesma forma, constatou-se que, pelo menos sete universidades, passaram a oferecer cursos na ESC nos últimos quatro anos.

A partir do que foi exposto, a Engenharia de Sistemas Cognitivos surge como uma área preocupada em lidar com três aspectos: 1) Como as pessoas lidam com a

complexidade; 2) Como sistemas cognitivos correlacionados podem ser descritos como a junção de humanos e artefatos; e 3) Como a utilização de artefatos pode afetar o desempenho de determinada tarefa (HOLLNAGEL; WOODS, 2005).

Mais especificamente, a ESC procura resolver questões sobre como as pessoas lidam com a complexidade; como as pessoas fazem o uso de artefatos em seu trabalho do ponto de vista funcional; e como os humanos e a tecnologia podem trabalhar efetivamente de forma integrada, mudando a visão de interação humano-máquina para uma visão de coação, onde a interação entre o humano-tecnologia-trabalho é indissociável (HOLLNAGEL; WOODS, 2005).

Com relação à terminologia, Rasmussen *et al.* (1994) procuram definir ESC, a partir de cada um de seus termos. O termo engenharia se refere à necessidade de desenvolver conceitos, métodos e ferramentas para análise e concepção de sistemas. O termo sistema, por si só, já concebe a visão sistêmica da relação do ser humano com a máquina; e, por último, o termo cognitivo se refere ao novo enfoque que se deve dar aos esforços que o ser humano faz no seu dia-a-dia, pois este deixou de ser físico para se tornar mental. Hollnagel e Woods (2005) complementam que, o termo cognição deve estar mais voltado ao aspecto de compreensão do que o aspecto de computação, pois é mais útil entender que o ser humano é cognitivo do que o ser humano possuir cognição. Os autores ainda expõem que, de acordo com uma definição pragmática, cognição se refere às teorias e conceitos que são utilizados para descrever a ordem do desempenho humano e, até mesmo, o desempenho de alguns artefatos.

Com evidências das limitações da visão de cognição como algo dentro da mente, entre as décadas de 80 e 90 surgem propostas para examinar a cognição como um processo influenciado pelo meio externo. Nessa análise, o conhecimento em relação à cognição desenvolve-se considerando a interação entre cérebro, corpo e mundo. A partir de disciplinas como antropologia e etnologia, procura-se entender como as pessoas utilizam as informações disponíveis no meio e como, inclusive, podem contribuir para sua modificação. Esse foco da cognição é conhecido como “cognição no mundo” (*cognition in the world*) e considera o contexto do trabalho e a situação como os fatores mais importantes, do que, simplesmente, o processamento da informação ou o raciocínio. É importante lembrar que, mesmo em situações simples, há um contexto, composto por condições e suposições, sendo parte de sua cognição (HUTCHINS, 1995).

A partir desse aspecto, o interesse da ESC recai sobre sistemas cognitivos e sobre sistemas cognitivos correlacionados, objetos de análise dessa área. Sistema cognitivo é

definido como “sistema que pode modificar seu comportamento baseado em sua experiência para atingir” um resultado específico com menor variabilidade possível (anti-entrópico) (HOLLNAGEL; WOODS, 2005, p. 22). Por esta definição, os autores entendem que quase todos os organismos vivos e a organização são sistemas cognitivos, pois procuram atingir determinados objetivos. Do mesmo modo, artefatos que podem controlar, também podem ser considerados como sistemas cognitivos, mesmo que limitados.

Outro ponto a esclarecer, diz respeito ao termo máquina. No entendimento dos autores é mais correto utilizar um significado mais amplo, utilizando o termo artefato. Eles definem como um “dispositivo utilizado para cumprir ou facilitar a execução de uma determinada tarefa”, ou seja, um dispositivo que possui um propósito específico e procura amplificar as funções do ser humano. Hollnagel e Woods (2005) classificam os artefatos, a partir de duas categorias: a transparência (hermenêutica ou incorporada (*embodiment*), referente ao relacionamento entre o operador e o artefato; e a intercambialidade (prótese ou ferramenta), referente à forma de utilização do artefato pelo operador. Devido à grande quantidade e variedade de artefato, pode-se classificá-los, ainda, de acordo com a complexidade de utilização por um JCS. Nessa classificação são considerados artefatos simples, os de nível intermediário e complexos (HOLLNAGEL; WOODS, 2005).

Devido ao exposto, seria mais conveniente tratar da relação do ser humano com o artefato como uma relação de co-ação (*coagency*) humano-tecnologia, ou seja, modifica-se o foco que antes era dirigido às partes (abordagem estrutural) para a ação conjunta do ser humano e do artefato (abordagem funcional). Dessa nova visão criou-se o conceito de JCS, uma unidade de análise que apresenta, de forma indissociável, a função de dois sistemas cognitivos atuando ao mesmo tempo. Entretanto, a definição de JCS é mais ampla, podendo ser vista como uma constituição de partes de um sistema em um nível mais elevado de agregação. A ESC procura esclarecer como um JCS consegue, a partir do cumprimento de funções para se alcançar os objetivos, manterem o controle da situação. A unidade de análise considera, ainda, o contexto em que se insere o JCS. Uma consequência proveniente dessa delimitação é a relatividade dos limites de um JCS, pois depende do propósito de análise (HOLLNAGEL; WOODS, 2005).

A delimitação dos limites de um JCS, na prática, é dada de acordo com a importância da função exercida pelo objeto para o sistema e o grau de controle do sistema sobre o objeto. Se o objeto possuir funções importantes e puder ser controlado efetivamente, então, esse objeto faz parte de um JCS. Entretanto, se somente a função do objeto não é importante para a habilidade do sistema, então, o objeto pode ser considerado

como parte do sistema. Se o JCS não exerce nenhum controle efetivo sobre o objeto, este não pode ser incluído dentro dos limites do sistema (HOLLNAGEL; WOODS, 2005).

Como o foco da ESC é a funcionalidade do sistema, mais relativo ao controle, para explicar o funcionamento de um JCS como controle, faz-se necessário adotar modelos que representem como o sistema mantém o controle de suas ações. Partindo do pressuposto de que a cognição possui relação com o contexto, que é distribuída entre sistemas cognitivos naturais e artificiais e que faz parte da atividade, o modelo de controle deve entender a função como algo baseado em *feedbacks* e *feedforwards loops*, gerando um modelo cíclico. Partindo desse pressuposto, o *Contextual Control Model* (COCOM, Modelo de Controle Contextual), que utiliza como forma de representação estrutural o Modelo Cíclico Básico (*Basic Cyclical Model*), atenta para representar as funções essenciais para explicar o desempenho ordenado e procura ser aplicado aos sistemas individuais, JCS e sistemas sócio-técnicos complexos. Entretanto, existem níveis diferentes de controle cognitivo, como afirma Hollnagel e Woods (2005). Com relação a este fato, os autores estabelecem que, ao mesmo tempo, são realizadas diferentes ações variando, segundo o grau de abstração, para o cumprimento do objetivo.

Com uma estrutura definida, com o objetivo esclarecido e com uma linguagem em desenvolvimento, a ESC passa a necessitar de meios de orientar sua aplicação na prática, seja no projeto de sistemas ou em sua análise. Esses meios são chamados de princípios e são definidos como diretrizes a serem seguidas para a elaboração de procedimentos ou ferramentas. De acordo com Woods e Hollnagel (2006), a ESC possui como princípios de comportamento dos JCS: demanda e adaptação, coordenação, colaboração e cooperação, *affordance* e resiliência. O último princípio da ESC diz respeito à capacidade do sistema de prever uma situação que pode levar as operações para limites de perda de controle, adaptar a este evento inesperado, controlar a situação e retornar ao estado original. Devido à importância deste último aspecto, este foi estendido para as áreas de segurança e deu origem à Engenharia de Resiliência (WOODS; HOLLNAGEL, 2006).

### 2.5.1.3 Abordagens Recentes na Gestão da Segurança

Modelos mais recentes de acidentes foram propostos em épocas em que já havia avanços na ciência das organizações e nas ciências cognitivas. As influências da ciência da complexidade, da TGS e dos sistemas sócio-técnicos modificaram o entendimento das organizações. Por sua vez, os modelos de acidentes e a gestão da segurança também foram afetados.

O modelo proposto por Reason (1990; 1997; 2008), por exemplo, apresenta significativas mudanças em relação aos modelos causais e lineares, até então, vigentes. Nesse modelo, as empresas podem ser entendidas como sistemas, no qual o comportamento individual de cada componente não influencia, de modo linear, o comportamento do sistema como um todo. Hollnagel (2006) classifica esse modelo de complexo linear, com características epidemiológicas (HOLLNAGEL, 2004; REASON, 2008). A proposição desse modelo mostra que há fatores dentro das organizações que contribuem para os acidentes, mas que não estão próximos do mesmo, tanto no espaço, como no tempo. A introdução de conceitos, como fatores latentes, mostra que na nova visão de acidentes, os processos organizacionais e a alta direção são fatores determinantes como causas dos acidentes.

Outra mudança na gestão da segurança foi a influência dos estudos da cibernética. As organizações e a gestão dos processos passam a ser entendidas como problemas de controles, a partir da retroalimentação. Para um efetivo resultado, é necessário que a empresa mantenha o controle sobre o seu processo, através de etapas. O método utilizado para esse controle e, amplamente utilizado, é chamado de ciclo PDCA (BENITE, 2004). Inicialmente, as organizações iniciam o controle sobre os processos com o objetivo de aumentar a qualidade de seus produtos e serviços. Esses esforços foram influenciados, principalmente, por legislações sobre Sistemas de Gestão de Qualidade (SGQ) (BENITE, 2004). Estes sistemas propunham que, ao serem aplicados determinados elementos na organização, era possível controlar melhor os processos e garantir melhores resultados.

Com o avanço da qualidade, nas empresas manufactureiras, legislações nos moldes dos SGQs foram propostos para melhorar os índices de segurança nas empresas. Assim, surgem as primeiras propostas de SGS.

Segundo Hollnagel (2008), os modelos de SGS tradicionais estão baseados em um controle por retroalimentação. Ao identificar algum problema relacionado com a segurança ou alguma ameaça, ou ainda, a partir da ocorrência de acidentes ou incidentes, o departamento responsável pela segurança da empresa somente estará ciente das condições ao receber uma notificação. Uma vez comunicado, os profissionais ligados à segurança da empresa analisam esses fatores com objetivo de determinar as causas ou as fontes. Uma vez determinadas, são delineadas e implementadas ações corretivas ou de mitigação, geralmente, denominadas barreiras de segurança (HOLLNAGEL, 2004). Ao longo do tempo, essas ações são avaliadas para verificar sua efetividade.

Os SGS são estruturados com base em modelos de acidentes e em como entendem a segurança. Recentemente, a ICAO (2009), um novo modelo de gestão da segurança a utilizou como base, o modelo de acidentes proposto por Reason (1997). Nas abordagens mais recentes de gestão de segurança, a segurança de uma empresa ainda é vista como um estado em que os riscos são mantidos em níveis aceitáveis e toleráveis. Mesmo havendo uma mudança na interpretação do conceito, ainda é possível perceber que a segurança equivale ao oposto do risco, ou seja, se a empresa contém os perigos com barreiras e os resultados são menos situações de risco, portanto, a organização está segura.

### 2.5.2 **Conceitos Fundamentais sobre a Gestão de Segurança**

Mesmo que algumas definições sobre acidentes utilizadas na aviação tenham sido discutidas, se faz necessário a apresentação e discussão de algumas definições utilizadas, no meio acadêmico, em relação à gestão da segurança. Basicamente, as definições apresentadas serão feitas de uma maneira menos pragmática, remetendo a fundamentos filosóficos.

Hollnagel (2004) nos apresenta os fundamentos de algumas definições importantes, utilizadas na gestão da segurança. A primeira delas é com relação ao termo acidente. Segundo o autor, o conceito de acidente deve ser definido a partir de duas dimensões. A primeira é a possibilidade de ocorrência e o grau da consequência. Um acidente é sempre um evento ou ocorrência, no qual sua previsibilidade, em termos de tempo e local, são impossíveis de serem feitas (imprevisível) e suas consequências são indesejadas, pois causam perdas materiais, financeiras e humanas. Apesar do autor não definir eventos e ocorrências, esses termos, para efeito deste trabalho, são considerados como um conjunto de fatos, ações ou condições que ocorreram em uma combinação de tempo e espaço. Já Rasmussen (1997) afirma que acidentes são resultados da falta de controle. É importante enfatizar que o fato do acidente ser analisado como um evento inesperado, não justifica atribuir a ocorrência dos acidentes ao acaso.

Reason (1997) complementa essa definição ao abordar a extensão pelo qual as consequências do acidente são sentidas. Em acidentes catastróficos, suas consequências não só pelas pessoas e materiais envolvidos diretamente no processo, mas, também, recursos materiais humanos e financeiros de terceiros, podendo inclusive trazer consequências para a sociedade. Já acidentes pessoais, são aqueles nos quais as consequências somente são sentidas pelos envolvidos diretamente no processo produtivo, como os acidentes que ocorrem nas fábricas com os operários.

A partir das dimensões de análise, propostas por Hollnagel (2004), é possível notar que o acidente é o resultado de uma única combinação entre o grau da consequência e a probabilidade da ocorrência do evento resulta em quatro possibilidades.

	<b>A consequência é indesejada</b>	<b>A consequência é desejada</b>
<b>O evento é inesperado ou imprevisível</b>	Acidente	Sorte
<b>O evento é esperado ou previsível</b>	Azar	Cumprimento do objetivo

Figura 2 – Matriz que estabelece a relação entre as duas dimensões e os quatro resultados.

Através da figura 2 é possível notar que os níveis extremos de cada uma das dimensões resultam em quatro diferentes possibilidades. A primeira, já definida, é o acidente. A segunda é o resultado de uma consequência desejada, mas o evento é inesperado. A terceira são todos os eventos, no qual a consequência é indesejada, mas o resultado é esperado ou previsível. A quarta são os eventos em que a consequência era previsível e havia previsibilidade.

Mesmo que o acidente seja um fenômeno, cuja consequência é indesejada e imprevisível (ou inesperado), esse conceito abrange vários eventos em que há diferentes graus de consequências indesejadas. O acidente é o evento em que há o mais alto grau de imprevisibilidade e de consequência indesejada, pois proporciona grandes danos.

Geralmente, o evento em que não necessariamente causou um acidente é denominado de incidente. Nessas situações, as consequências dos danos foram menores, mas ainda houve grandes perdas. Em termos de ocorrências, os incidentes acontecem com maior frequência que os acidentes. Em alguns setores, como na aviação, há duas denominações de incidentes: incidente e incidente grave. Ambas são ocorrências que não podem ser classificadas como acidentes, sendo que incidente grave é o evento em que as consequências causaram maiores danos, se comparadas aos incidentes.

Já os incidentes e os quase-acidentes possuem consequências esperadas, mas suas consequências ainda são indesejadas. Nestes casos, as perdas materiais são pequenas, mas há um desperdício desnecessário de energia no processo. Hollnagel (2004) alerta para o fato de que a classificação de um evento como quase-acidente é menos óbvio do que se ocorresse um acidente, incidente grave ou incidente.

O sucesso pode ser caracterizado como os eventos em que mesmo, com alto grau de incerteza, o resultado final foi um evento desejado e esperado. Caso o evento tivesse uma consequência inesperada, esse evento poderia ser chamado de sorte.

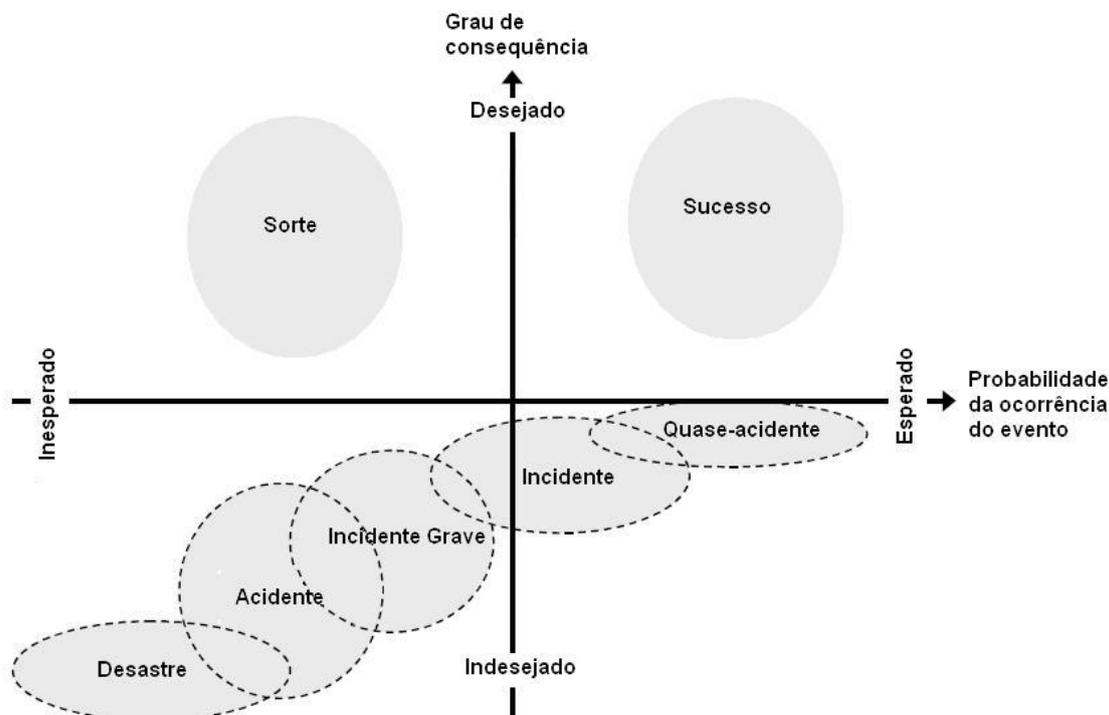


Figura 5 - Representação gráfica dos resultados da interação entre as consequências dos eventos e a probabilidade de ocorrência

Fonte: Adaptado de Hollnagel (2004)

Outros dois conceitos, amplamente difundidos, são: ato inseguro e condição insegura. Benite (2004, p.31) define ato inseguro como “fatores pessoais dependentes das ações do homem que são fontes causadoras de acidentes” e outros eventos de menor gravidade. Já, condição insegura está ligada de forma direta às condições ambientais de trabalho, presentes no momento do acidentes ou incidentes e, que são fontes causadoras de acidentes.

Devido aos níveis atuais de segurança, acidentes são ocorrências cada vez menos frequentes, conforme expõe Amalberti (2001b) e Woods (2006). Portanto, é de se esperar que haja outros eventos, também imprevisíveis (no sentido de se determinar com certeza o local e o momento de sua ocorrência), cujas consequências geram menores danos, conforme já apontado por Heinrich (1931) e Bird Jr. (1974). Portanto, quanto menor o grau de gravidade do evento, menor são os danos causados, e uma maior quantidade de informações é coletada. Benite (2004) afirma que a ocorrência de eventos de menor

gravidade são muito mais frequentes que acidentes e, por isso, devem ser considerados na gestão da prevenção.

### 2.5.3 Desenvolvimentos

No início do ano de 2000, Woods (2006) notou que uma série de estudos sobre a segurança, em organizações, utilizava termos e linguagens para definir e discutir como as organizações obtinham sucessos ou falhavam. Termos como, resiliência e robustez, eram utilizados com frequência para descrever as organizações que conseguiam alcançar altos índices de segurança, mesmo com falhas, eventos inesperados e constrangimentos.

De alguma forma, esses estudos indicavam que as organizações apresentavam comportamentos pró-ativos e adaptativos, mesmo deparando-se com situações críticas. Mesmo em ambientes turbulentos e ameaças, essas organizações conseguiam lidar e responder adequadamente às situações, evitando a ocorrência de acidentes (WOODS; WREATHALL, 2003). Exemplos desses estudos podem ser verificados em áreas de pesquisa como a *High Reliability Organizations* (HRO) (ROCHLIN, 1993; WEICK; SUTCLIFFE, 2001), ou nos trabalhos sobre Resiliência Institucional de Reason (1997; 2001) e Carthey *et al.* (2001).

Na definição de Roberts (1990), organizações de alta confiabilidade são todas as organizações de alto risco no qual o índice de segurança são mantidos altos em um grande período de tempo. O campo de estudo sobre HRO se desenvolveu, principalmente, a partir de observações realizadas em alguns sistemas críticos, como porta aviões, controle de tráfego aéreo e uma companhia de eletricidade. Para os pesquisadores, mesmo considerando a complexidade e o risco, envolvidos com as operações da empresa, e, dada a exposição da mesma, os índices de acidentes são muito baixos, se comparados a outros setores. Essa capacidade de lidar com o inesperado, com o alto risco e a complexidade é que caracteriza as HROs.

Devido às dificuldades de definir e reconhecer uma HRO, Weick e Sutcliffe (2001) propõem cinco características: i) atenção às falhas em vez do sucesso, essas empresas sabem a importância de manter a atenção a possíveis falhas, pois ao longo do tempo, os ótimos resultados de segurança podem passar a má impressão de que não há problemas no sistema; ii) relutância em simplificar as interpretações, pois nessas organizações há relutância em realizar o descarte de informações, por mais insignificantes que sejam, naquele momento, pois o objetivo é ter uma visão completa da situação para que a melhor decisão seja tomada; iii) sensibilidade acerca das operações, tanto os operadores, quanto a

gerência possui conhecimento situacional sobre o andamento das operações, inclusive das estratégias de recuperação, caso haja algum distúrbio; iv) comprometimento com a resiliência, que significa que a organização define ações e atua frente a eventos indesejados, como erros e crises; e v) respeito à experiência, essa última característica mostra que nessas organizações, em situações de grande ritmo de operação, a pessoa com maior experiência ou conhecimento sobre a situação, mesmo sendo hierarquicamente inferior, é dita como a mais capacitada para tomar a decisão, garantida pelos superiores.

Baseado, principalmente, nos estudos sobre HROs e no seu modelo de acidentes organizacionais, Reason (2001) propõe uma lista de verificação para avaliar a Resiliência Institucional de algumas organizações, denominada *Checklist for Assessing Institutional Resilience* (CAIR – Lista de verificação para avaliar a resiliência institucional). O princípio, no qual a lista se baseia, reside no fato de que algumas organizações conseguem atingir ótimos índices de segurança se comparada a outras expostas aos mesmos regulamentos e ambiente externo. De alguma forma, essas organizações conseguem perceber os limites de segurança e, por isso, conseguem se manter dentro da zona de segurança. O fato está em determinar de que forma e quais são as características que permitem que essas organizações resistam às constantes ameaças presentes nos meios e em suas operações (REASON, 1997).

A lista foi proposta a partir da estrutura elaborada para explicar as três principais forças necessárias para direcionar a segurança, quais sejam: Comprometimento, Competência e *Cognisance* (3 Cs). Essas três forças são aplicadas pela organização e departamentos através dos quatro Ps da gestão: princípio, política, procedimentos e práticas. Portanto, a lista contém vinte itens (quatro Ps da gestão), de resposta “sim” ou “não”, relacionados aos tributos esperados em uma organização resiliente, considerando as dimensões do 3C. Como exemplos de elementos contidos na CAIR, podem ser enunciados: a organização busca meios de se conscientizar e solucionar os dilemas gerenciais entre objetivos comerciais e a segurança; a organização procura estimular o desenvolvimento de habilidades não-técnicas; os erros são tratados como conseqüências de falhas organizacionais; e a organização entende que os operadores gerarão eventos indesejados e surpresas ruins, e isso é inevitável (WOOD *et al.*, 2006). A lista ainda permite uma pontuação das respostas de cada um dos itens como 1 (sim), 0.5 (não sei, pode ser, parcialmente verdade) ou 0 (não). O valor final com a soma das pontuações de cada item é, então, comparado a uma tabela. Nessa tabela, são definidas cinco regiões de pontuação: entre 16-20, organização muito resiliente; entre 11-15, boas características de resiliência;

entre 6-10, o desempenho é ruim e precisa de melhorias; entre 1-5, organização muito vulnerável; pontuação total igual a 0, “Jurassic Park”.

A CAIR foi aplicada em diferentes setores, como o estudo conduzido Wood *et al.* (2006) em empresas aéreas e o conduzido por Carthey *et al.* (2001) no setor médico. No primeiro estudo, os autores procuraram aplicar a lista para identificar quais são os principais fatores que contribuem para a resiliência institucional sob a perspectiva dos gerentes seniores, no contexto das empresas aéreas de pequeno porte da região asiática e do pacífico. Os autores concluíram que os elementos da lista de verificação, relacionados ao papel das lideranças e a gestão do desempenho das empresas, foram os que mais pontuaram. Entretanto, alguns itens não presentes na lista deveriam ser incluídos, como o gerenciamento do risco e a prática de *bechmarking*, por exemplo.

Já o segundo, houve uma aplicação hipotética do CAIR ao contexto de dois hospitais. Segundo Carthey *et al.* (2001), a lista foi revisada e os termos genéricos utilizados, originalmente, foram adaptados ao contexto. O estudo mostra algumas diretrizes para a utilização da ferramenta, como, por exemplo, aplicar a lista de verificação para diferentes profissionais em diferentes níveis hierárquicos e comparar os resultados para verificar as consistências.

Considerando esse cenário, no qual alguns estudos sobre a gestão de segurança estavam orientados para a definição e utilização da resiliência como propriedade das organizações, Woods (2006) propôs o Primeiro Simpósio Internacional em Engenharia de Resiliência. Ocorrido em *Söderköping*, Suécia, em outubro de 2004 (DEKKER, 2006), o seminário foi idealizado para que pesquisadores de diversas áreas da gestão de segurança pudessem discutir e avaliar a viabilidade dessa nova área de pesquisa. Como resultado final, houve um consenso sobre a prosperidade, mas muitos desenvolvimentos deveriam ser realizados. Resultantes das primeiras discussões, um livro com as idéias iniciais e alguns desenvolvimentos e aplicações foi publicado (HOLLNAGEL *et al.*, 2006).

Dentre os mais de 22 capítulos do livro (HOLLNAGEL *et al.*, 2006), Dekker (2006) buscou resumir as principais linhas de discussão em quatro tópicos, a saber: i) necessidade de modelos preditivos para antecipar a ocorrência de próximos acidentes; ii) antes da ocorrência da catástrofe ou colapso do sistema, a organização encaminhou-se para a falha de modo lentamente sem que houvesse percepção ou ações para conter essa trajetória; iii) dificuldade de se identificar a tendência da organização de se dirigir à falha e os limites de segurança; e iv) foram propostos meios de levantar indicadores nos sistemas como forma de identificar as características de resiliência da organização.

A partir do sucesso e dos resultados obtidos com o primeiro Simpósio, foi organizado o Segundo Simpósio Internacional em Engenharia de Resiliência, na cidade de Juan-les-Pins, França, em novembro de 2006. Ao contrário do primeiro evento, nessa ocasião foi aberta uma chamada para que outros pesquisadores submetessem seus trabalhos e houve uma seleção dos trabalhos contribuintes. Segundo Hollnagel *et al.* (2008), foram 46 resumos submetidos e aprovados, pois todos contribuía para as discussões. As apresentações foram realizadas em sessões orais e amostras de pôsters, durante três dias (RESILIENCE ENGINEERING NETWORK, 2008).

A exemplo da iniciativa de publicar um livro contendo as principais discussões do Primeiro Simpósio, alguns trabalhos apresentados no segundo simpósio foram incluídos como capítulos de um segundo livro sobre a ER. Nessa publicação, inclui, ainda, os trabalhos do primeiro simpósio não publicados (HOLLNAGEL *et al.*, 2008).

Com o crescente interesse nos estudos desenvolvidos sobre a ER, um novo simpósio foi realizado. Em outubro de 2008, ocorreu o Terceiro Simpósio Internacional em Engenharia de Resiliência, sediado também na cidade de Juan-les-Pins, na França. O encontro foi realizado com a mesma estrutura do segundo, com uma duração de três dias. Os trabalhos apresentados, também, foram submetidos a uma avaliação de revisores. Devido ao grande número de resumos submetidos, aproximadamente 68 resumos estendidos, houve uma avaliação e classificação dos trabalhos. Desses, 38 participaram do encontro e constam nos anais (RESILIENCE ENGINEERING NETWORK, 2008).

Entre a realização do Segundo e Terceiro Simpósio de Engenharia de Resiliência, a Universidade de Linköping realizou o *Workshop* de Engenharia de Resiliência, em junho de 2007. Dos trabalhos apresentados nas sessões, foram publicados apenas 7, em 2007. Segundo os autores, esses trabalhos foram os que receberam maiores pontuações e representam avanços na ER (WOLTJER *et al.*, 2007).

#### 2.5.4 Fundamentos

A partir dos desenvolvimentos dos conceitos básicos e com o amadurecimento das idéias, atualmente, a ER é entendida como um novo paradigma para abordar a gestão de segurança em sistemas sócio-técnicos complexos que envolvem dispositivos altamente tecnológicos e com operações de alto risco (HOLLNAGEL *et al.*, 2006).

De acordo com Woods (2006b), o termo resiliência vem do latim *resilire*, cujo significado é “pular para trás”. Dentro do contexto dos estudos sobre organizações, resiliência é definida como a propriedade de sistemas sócio-técnicos complexos

congregando sua habilidade de antecipar, adaptar e recuperar o estado normal de operação no caso da ocorrência de eventos externos e/ou internos, previstos e/ou imprevistos (WOODS, 2006a; WOODS; HOLLNAGEL, 2006b; HALE; HEIJER, 2006b; PARIÉS, 2006).

Nas palavras de Westrum (2006, p.53), “resiliência é a habilidade para evitar que algo ruim aconteça, ou habilidade de evitar que algo ruim fique ainda pior, ou ainda, a habilidade de recuperar-se de algo ruim que já aconteceu”. Essa definição remete a três habilidades de uma organização (REASON, 2008): 1) habilidade de antecipar eventos indesejáveis; 2) capacidade adaptativa do sistema para absorver os eventos indesejáveis; e 3) recuperação do estado normal de operação.

A primeira propriedade remete a dois pontos: é possível prever, a partir das experiências adquiridas ou a partir do processamento de sinais fracos, que há possibilidade de alguma ameaça causar maiores danos nas operações. A segunda característica pode ser influenciada pela flexibilidade da organização, pela sua habilidade de monitorar o que está ocorrendo com e habilidade em lidar com fatores latentes. A terceira característica é influenciada por aspectos que possibilitem a organização retornar ao seu estado normal de operação, após um evento indesejado (incidente, acidente...) (WESTRUM, 2006). Entretanto, deve-se deixar claro, como argumenta Woods (2006b), que uma organização resiliente não, necessariamente, possui todas as três habilidades e que essas habilidades são dinâmicas, sendo presentes ou não, dependendo da situação em foco.

Portanto, Engenharia de Resiliência pode ser definida como uma área multidisciplinar que tem o objetivo de identificar, analisar, melhorar e projetar a propriedade resiliente dos sistemas. A resiliência é a capacidade do sistema de anteceder, adaptar a eventos indesejados e de se recuperar o estado normal de operação, caso haja algum distúrbio. O termo resiliência não é uma proposição nova. Ele já é utilizado em outros contextos como na psicologia, ecologia e engenharia de materiais. Um fato comum é que o significado é utilizado por todas essas áreas com o mesmo propósito: explicar a capacidade de recuperação de um sistema seja ele: natural, psicológico ou material (WOODS; HOLLNAGEL, 2006b).

Para a ER, as atuais características da sociedade são, em grande parte, responsáveis pelo aumento da complexidade das organizações e dos meios nos quais elas estão inseridas. Com o desenvolvimento do fenômeno da globalização, proporcionado a facilidade de comunicação em longas distâncias (HEYLIGHEN; BERNHEIM, 2000), e pela escassez cada vez maior de recursos, seja ele tempo, capital ou humano (WOODS;

HOLLNAGEL, 2006b), as organizações são forçadas a aumentar a produtividade, a força ou a eficiência, fazendo “mais com menos”. Para se obter um resultado melhor, é preciso reduzir as perdas (matéria, energia e tempo) durante o processo de transformação. Essas problemáticas, associadas à larga utilização da tecnologia, propiciam uma deficiente adaptação do trabalho pelos seres humanos, revelando, então, os acidentes (SANDERS; MCCORMICK, 1993; DEKKER, 2002).

Nesse contexto, Rasmussen (1997) afirma que a sociedade atual é principalmente caracterizada pela dinamicidade, ou seja, a grande quantidade de mudanças em um curto espaço de tempo. Devido a este fato, resulta-se em características complementares, como o aumento na escala produtiva industrial, aumento na integração das operações e aumento na competitividade agressiva (RASMUSSEN; SVEDUNG, 2000).

A ER entende as falhas como conseqüência das adaptações realizadas pelos integrantes das empresas, necessárias para lidar com a complexidade do mundo real. Ela estuda a habilidade do sistema de prevenir ou de se adaptar a eventos inesperados, a fim de manter o controle (LEVESON *et al.*, 2006). As aplicações da ER são particularmente adequadas para sistemas de alto risco e com características de complexidade, tais como apresentadas por Christoffersen e Woods (1999).

Segundo Westrum (2006), além de saber em qual nível de resiliência a empresa está atuando, é importante saber quais são os tipos de ameaças que a organização tem que lidar. Segundo o autor, as ameaças devem ser avaliadas segundo a previsibilidade (regulares, irregulares, imprevistas); seu potencial para causar danos ao sistema; e sua origem (interno ou externo).

Análises realizadas em organizações que sofreram grandes catástrofes apresentaram indícios de que, aos poucos, a operação se encaminhava para a falha. Após a ocorrência do acidente, foi possível identificar que, ao longo do tempo, diversas situações apresentavam falhas do sistema, cujas conseqüências somente seriam sentidas em longo prazo e, desde que entrasse em ressonância com outras falhas (HOLLNAGEL, 2004). Esses pequenos indícios mostravam a degradação lenta das operações da empresa e o seu encaminhamento para os limites de segurança. Ao ultrapassar os limites de segurança, há a ocorrência da catástrofe, o colapso do sistema (WOODS; HOLLNAGEL, 2006b).

Segundo Woods (2003), o acidente com o ônibus Columbia, da NASA, é um exemplo claro sobre esse comportamento do sistema. A empresa não conseguiu perceber que havia um desbalanceamento entre assumir altos riscos e aumentar a produção. Aliado a este fato, a organização não previu a redução dos limites de segurança provocados pelas

práticas e decisões tomadas. Complementarmente, a política estabelecida pela alta direção, favorecendo os objetivos organizacionais críticos (conhecidos como política FBC – *Faster, Better and Cheaper*) em detrimento aos objetivos crônicos (segurança, danos e pessoas), a organização, aos poucos, se encaminhou ao colapso. Um fator que agrava essa situação é o passado com bons resultados. É comum as organizações basearem-se nos bons registros de segurança anteriores, para afirmar que as operações atuais e futuras, também serão seguras. Essa falsa percepção acaba influenciando a alta direção a reduzir os custos com a segurança até o limite tolerável da operação normal e a desprezar os pequenos incidentes.

A dificuldade de se estabelecer essa percepção, em nível organizacional, também é sentido em níveis individuais e de equipes. As próprias pessoas possuem percepções diferentes e incompletas de quais são os limites operacionais de segurança e qual a tendência futura do estado das operações. Isso ocorre, principalmente, por causa da distância entre o modelo prescrito de operação (imaginado) e a operação real do sistema (prática), devido aos constrangimentos impostos ao trabalho, pressões por produção, situações inesperadas e não previstas nos procedimentos. Mesmo com essa dificuldade, os operadores precisam desempenhar suas tarefas e atingir metas de produção. Sendo assim, os operadores são considerados como fontes de adaptação, pois detêm a informação sobre o real funcionamento do sistema e procuram meios de garantir o funcionamento das operações. A diferença entre o trabalho real e o prescrito é uma das formas de verificar o quanto as organizações têm consciência dos seus limites (DEKKER, 2002).

Segundo Dekker (2006), mais importante do que ter um modelo de risco compatível com a realidade, é fazer com que a organização mantenha discussões a respeito dos riscos os quais está exposta, mesmo que as operações pareçam seguras. Essa é a principal característica identificada por Rochlin (1993) e Weick e Sutcliffe (2001), em organizações de alta confiabilidade.

Outro ponto discutido por Dekker (2006) diz respeito à capacidade de resposta às falhas. Mesmo que o comportamento desejado seja atuar de forma a antecipar e prever possíveis falhas, os sistemas também precisam possuir habilidades para retornar ao estado normal de operações, caso haja um colapso. A capacidade gerencial da organização, em momentos de crise, pode representar uma dimensão da resiliência da organização.

De acordo com Lundberg *et al.* (2009), durante a análise do acidente, a identificação dos fatores contribuintes são afetados diretamente pelo modelo de acidente, no qual o processo de investigação se baseia e no entendimento da comissão de investigação sobre a seqüência de eventos. De acordo com Benner Jr. (1980), as

investigações de acidentes são constituídas por processos e metodologias, cujo resultado final gera hipóteses testadas e verificadas sobre quais fatores poderiam ter causado o acidente, e recomendações, evitando que futuros acidentes ocorram pelas mesmas circunstâncias. Sendo assim, para orientar os trabalhos, é necessário saber onde procurar as causas dos acidentes, por isso, é possível relacionar de forma direta os resultados de uma investigação de acidente com o modelo utilizado como base para o processo e métodos de investigação. De acordo com Hollnagel (2008a), essa relação entre os fatores causais determinados pela investigação dos acidentes e os modelos de acidentes pode ser explicado pelo princípio de “o que você acha, é o que você está procurando” (*What You Look For Is What You Find – WYLFIFYF principle*).

Ao propor um gráfico teórico (figura 6) sobre as causas dos acidentes identificados na investigação em diversos setores, Hollnagel e Woods (2005) atribuem que, nos últimos 40 anos, as causas raízes mudaram de foco. Enquanto que na década de 60 a maior parte das causas era atribuída às falhas técnicas e baixa confiabilidade dos equipamentos, na década de 80, o foco passou a ser os fatores humanos (baixa confiabilidade das pessoas, por exemplo). Por fim, percebe-se um aumento na atribuição das causas dos acidentes a fatores organizacionais, a partir do final da década de 90. Essa mudança no foco da atribuição das causas, segundo os autores, ocorre devido ao modelo de acidentes utilizado na investigação e não pela mudança dos fatores contribuintes nos acidentes.

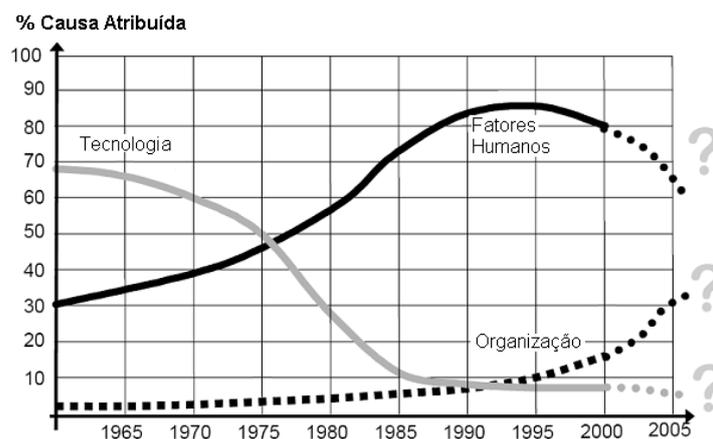


Figura 6 – Variação na porcentagem total das causas atribuídas aos acidentes conforme as três grandes categorias.

Fonte: adaptado de Hollnagel e Woods (2005)

Conforme expõem Reason (1997), Leveson (2002) e Hollnagel (2004), os acidentes ocorrem devido a combinações de diversos fatores que, de forma isolada, não teriam a

capacidade de causar o acidente. Os atuais modelos de acidentes, por exemplo, procuram estabelecer que os fatores contribuintes para a ocorrência de um acidente se combinam de modo aleatório, com pouca previsibilidade, o que dificulta a sua rastreabilidade. Também foi percebido que dificilmente os mesmos fatores encontrados em um acidente poderão causar outros acidentes.

Na visão da ER, há uma necessidade de modelos de acidentes preditivos capazes de antecipar sua ocorrência. Hollnagel (2008) sugere uma mudança no foco da segurança. Em vez de serem propostos modelos de acidentes, que influenciam as práticas de segurança, a gestão de forma pró-ativa somente evoluirá, a partir de modelos de segurança, ou seja, modelos explicativos sobre a forma que as organizações mantêm seu estado de segurança. A segurança, nesses modelos, é vista como algo que a organização precisa ter, precisa fazer, e não algo que ela evita, como é a definição de segurança, atualmente (falta de acidentes, ou riscos em níveis aceitáveis). Há duas proposições que podem atender a esse requisito. O primeiro é o modelo da dinâmica da segurança de Rasmussen (1997; RASMUSSEN; SVENDUG, 2000), e o segundo é o modelo de ressonância funcional de Hollnagel (2004).

O modelo da dinâmica da segurança de Rasmussen (1997) foi proposto como forma alternativa de explicar como os operadores, grupos e a organização operam dentro dos limites de segurança. O modelo apresenta o espaço de operação do sistema, cercado por três limites, formando o envelope de operação. O sistema e os operadores têm suas atividades dentro desses limites, mesmo que não seguindo de forma seqüencial. Há uma liberdade na ordem de execução dos procedimentos, dependendo da influência do ambiente externo. Entretanto, a execução desses procedimentos é afetada pela alta gerência, ao procurar sempre o alto desempenho do sistema. Os gradientes econômicos e de carga de trabalho também se alteram, podendo diminuir ou aumentar o espaço de operação dos operadores ou do sistema, dependendo se eles pressionarem ou não a realização das atividades.

Miller e Xiao (2007) propõem que ao utilizar o modelo de segurança dinâmica de um sistema de Rasmussen (1997), modificado para o contexto da organização de saúde, (COOK; RASMUSSEN, 2005) é possível identificar a resiliência do sistema, segundo a ER (HOLLNAGEL; WOODS, 2006). Segundo os autores, os comportamentos redundantes que sustentam a zona marginal de operação podem ser a medida da resiliência do sistema de trabalho.

O modelo de Hollnagel (2004) parte do pressuposto que o acidente ocorre devido à ressonância estocástica entre diversos fatores gerados pela variabilidade do sistema. Os elementos de um sistema complexo estão, a todo instante, modificando suas relações, objetivando manter o equilíbrio do todo, pois há uma mudança contínua do contexto em que se opera, seja interno ou externo, causando constrangimentos no desempenho das atividades pelos operadores. A adaptação do ser humano se faz necessária para manter o controle sobre o processo e evitar eventos indesejáveis. Entretanto, devido à proximidade e dependência das partes, a variabilidade gerada por um componente interfere no sinal de entrada de outro. Ampliada pelas fontes de ruído, condições ambientais ou organizacionais, a variabilidade operacional pode extrapolar as margens de segurança e fazer com que haja a perda do controle do processo, causando o acidente.

De uma forma aleatória (estocástica) algumas combinações entre variabilidade do ser humano e das condições do sistema fazem com que haja um aumento na amplitude da variação. A esse aumento denomina-se ressonância. Isso explica o fato dos acidentes serem combinações de diversos fatores aparentemente sem relação entre si e que isoladamente, não teriam condições de causar um desastre. Sendo assim, é preciso lidar pró-ativamente aos menores sinais de que a variabilidade da organização está atingindo os limites, representadas pelas adaptações e quase-acidentes.

Outro ponto a destacar é que a ER, a partir dos preceitos da ESC (WOODS; HOLLNAGEL, 2006b), procura novas abordagens para o erro humano. Hollnagel e Woods (2006) e Dekker (2002) afirmam que em 100% dos acidentes houve presença de forma direta ou indireta pelo ser humano. Essas visões concordam que todos os sistemas são projetados, gerenciados e operacionalizados por ser humanos. Uma vez que haja alguma falha, mesmo que técnica, podemos atribuí-la a alguém, em algum lugar e em algum momento, que tomou uma decisão, alocou recursos insuficientes e permitiu que a falha propagasse. Muitas pesquisas mostram que, durante a realização da atividade, os operadores acabam se deparando com situações não previstas ou decisões nunca tomadas antes. Ao realizar uma escolha ou tomar uma decisão, por exemplo, as conseqüências podem não ser as esperadas, resultando em contratempos (HOLLNAGEL *et al.*, 2006).

A mudança na forma de interpretar o erro humano é fundamental para o desenvolvimento das pesquisas em ER. Woods e Hollnagel (2006b) afirmam que as abordagens tradicionais sobre erro humano procuram categorizá-los e quantificá-los, a partir de inúmeras taxonomias e sistemas de classificação. Essas abordagens reforçam a tradição de que o sistema é seguro, pois são os operadores que os tornam inseguros. Essa

limitada visão, conhecida como teoria da maçã podre, produz sérias conseqüências no desenvolvimento da segurança nas organizações (DEKKER, 2002).

De acordo com Hollnagel e Woods (2006), nessa abordagem espera-se a ocorrência de acidentes para identificar os fatores contribuintes e adotar as barreiras de segurança (HOLLNAGEL, 1993, 2004, 2008), ou contabilizar e classificar os erros como forma de identificar os fatores que contribuíram para o erro e projetar um sistema cada vez mais à prova de erros, já que estes são as fontes de fragilidade do sistema. Ainda nessa visão, as organizações determinam os procedimentos que devem ser seguidos como forma de garantir uma operação segura. Dekker (2002) afirma que o erro humano deve ser visto como o ponto de partida para investigação das falhas do sistema e não o seu resultado final.

Na visão da ER, é necessário identificar não as falhas ocorridas e sim as adaptações que os operadores necessitam realizar para cumprir seu trabalho (VICENTE, 1999). As adaptações são definidas como situações em que o operador necessita cumprir suas atividades (objetivos), mas há um constrangimento dificultando seu cumprimento. Constrangimento é entendido como condições que não favorecem a realização das atividades (GOMES, 2008). Essas adaptações são sintomas da incompatibilidade entre o projeto e o funcionamento real, pois não houve uma adequação às variações e demandas criadas pelos próprios mecanismos internos ou provenientes do meio externo.

Espera-se que sempre haja uma diferença entre o modo como a organização foi projetada e sua operação real, segundo Vicente (1999), pois é impossível para os projetistas prever todas as situações possíveis e quais mudanças serão realizadas no futuro. As variações, demandas e incompatibilidades entre o modelo e o real são chamadas de constrangimentos. Os constrangimentos, por sua vez, podem ter origem dentro da empresa, endógenos, ou provenientes do meio externo à empresa, exógenos. Nessa visão, o operador é fonte de sucesso ao garantir a continuidade das operações, mas pode ser a fonte de falha caso sua atitude provoque um acidente ou incidente (WESTRUM, 2006).

#### **2.5.5 Princípios da Engenharia de Resiliência**

Conforme expõe Mendonça (2008), os estudos da ER ainda não chegaram a um consenso sobre quais são os princípios que regem os fundamentos da ER. Há diversos estudos que procuram propor características e princípios como forma de explicação para o comportamento dos sistemas resilientes. Esses princípios não pretendem ser exaustivos, nem independentes. Observa-se que há fortes relações entre as proposições, mas cada um

acaba por focar em um aspecto específico ou apenas lidam com níveis diferentes de abstração. Dentre as diversas propostas situam-se a de Woods e Wreathall (2003), Woods (2006a) e de Costella *et al.* (2008a).

Woods e Wreathall (2003), em um dos primeiros estudos sobre ER, propõem os seguintes princípios: i) comprometimento da gerência; ii) cultura de relatos de situações de menor gravidade; iii) cultura de aprendizagem organizacional; iv) capacidade de antecipação; v) flexibilidade da organização; e vi) consciência das margens de segurança.

Já Woods (2006a), mais tarde, revisa os princípios propostos e sugere os seguintes: a) capacidade de amortecer as interrupções do sistema; b) flexibilidade; c) percepção das margens de segurança; e d) tolerância, ou seja, o quanto o sistema se comporta sempre estiver sobre pressão ou estresse.

Segundo Costella *et al.* (2008a), através da revisão da literatura de estudos sobre ER e ESC, o autor propõe aos seguintes princípios: 1) comprometimento da alta direção; 2) capacidade da empresa de aprender nas mais diversas situações; 3) flexibilidade para adaptar a situações imprevistas; e 4) consciência das margens de segurança e de quanto a operação está próxima delas.

Portanto, de modo geral, é possível dizer que os autores concordam em alguns princípios. A partir dessas diferentes visões, o presente estudo considera como princípios da ER, o comprometimento da alta direção, a aprendizagem, a flexibilidade e a consciência.

Como ocorre nas diversas literaturas, sobre gestão da segurança, as proposições sobre a ER deixam claro o papel da alta direção como um dos principais responsáveis pela resiliência das organizações. De fato, como expõe Woods (2003) sobre as políticas instituídas pela alta direção da NASA após o acidente do Columbia, é a alta direção que direciona as operações da empresa para além dos limites de segurança ou não. No episódio do acidente com o ônibus espacial, a política FBC (*Faster, Better and Cheaper*), proposta pela nova direção da empresa, acabou por conduzir a empresa em direção ao colapso. As decisões realizadas nos níveis superiores, priorizando a produção ao invés da segurança, influenciaram as ações nos níveis operacionais, negligenciando os riscos e falhas. A pressa por realizar o lançamento da missão fez com que a avaliação do risco não fosse adequada, devido à pressão por produção, resultando o favorecimento da produção e o desfecho trágico.

Wreathall (2006) acrescenta que a alta direção é a responsável por estabelecer os valores da empresa. A partir das ações da alta direção é possível saber quais são as reais

interpretações de segurança realizadas pela empresa. Organizações resilientes possuem uma alta direção que valoriza a confiança e entendem os erros como eventos comuns e importantes para mostrar as falhas do sistema (WEICK; SUTCLIFFE, 2001).

Um segundo princípio, evidente nos trabalhos analisados, diz respeito à aprendizagem. Desde há algum tempo, alguns pesquisadores vem trabalhando sobre a aprendizagem organizacional. Senge (1998), por exemplo, afirma que a principal característica de uma organização é a sua capacidade de aprender. Tal fato é inclusive considerado um estilo de liderança. Nos trabalhos sobre HRO, os pesquisadores a consideram como uma das principais características desse grupo de organização. Isso ocorre porque a organização está preocupada com a falha, mesmo que não haja indícios. Para que isso ocorra, há o estímulo do relato dos erros e das situações de perigo, independente da gravidade (ROCHLIN, 1993; WEICK; SUTCLIFFE, 2001). Segundo a ICAO (2009), organizações desse tipo procuram sempre por informações que possam revelar problemas em suas operações e oportunidades de melhorias.

O impacto das mudanças no cenário externo e interno pode representar situações inesperadas para os operadores. As empresas precisam ser sensitivas à operação, com objetivo de detectar qualquer falha no seu início, de modo que possa ser controlada sem causar danos. Para Reason (1997), a aprendizagem é tão importante para a segurança de uma organização que deve ser engenhada como uma das culturas da empresa. Mesmo não sendo possível detectar as ameaças, inicialmente, e venha ocorrer eventos indesejados com algumas conseqüências, a organização deve estar atenta e fazer disso seu aprendizado (ICAO, 2009).

A capacidade de aprender com quaisquer situações, aliado a facilidade em se estruturar, levam à organização à capacidade adaptativa, ou a flexibilidade. Woods (2006a) afirma que organizações flexíveis são aquelas que possuem uma estrutura passível de adaptações, variando de acordo com a situação. Em situações críticas, é desejável que os supervisores e os operários sejam capazes de tomar decisões sem, necessariamente, serem instruídos pela alta direção (descentralização). O autor complementa que a organização deve ser capaz de absorver a disrupções. Isso significa que a empresa deve ser capaz de ajustar suas margens operacionais de segurança frente às ameaças. Rasmussen (1997) afirma que os limites de segurança das operações de uma empresa devem variar, segundo as condições encontradas, e o nível operacional deve perceber, claramente, quais são esses limites para, de forma autônoma, poder adaptá-los à necessidade. Da mesma forma que a

aprendizagem, Reason (1997) também considera a flexibilidade como uma cultura passível de ser implantada pelas empresas.

O último princípio comum às propostas acima é o da consciência. Dentro desse princípio, conforme comenta Costella *et al.* (2008a), há uma série de características de organizações resilientes. Rasmussen (1997) expõe de forma clara esse princípio. De acordo com o autor, a operação da empresa possui limites que, por sua vez, são influenciados por fatores, organizações e condições do posto de trabalho. Os operadores trabalham não necessariamente seguindo os procedimentos prescritos. Vicente (2005) explica que os operadores e as empresas estão operando dentro de um envelope de operação a todo instante, haja vista que a dinamicidade das organizações muda constantemente o contexto operatório. Nesse envelope de operação há uma área na qual a operação, mesmo não sendo realizada de um único modo, está segura. Rasmussen e Svendug (2000) afirmam que não só é importante saber qual são os limites de segurança e onde eles estão localizados, mas também é necessário saber quão próximo desses limites as operações estão. Devido ao acoplamento entre as diferentes áreas e departamentos e pessoas para realizar o trabalho, é necessário que todos estejam conscientes desses limites.

Relacionado à consciência, também é possível identificar a capacidade dos operadores de saber o real estado de funcionamento da empresa. A variação entre o trabalho prescrito e o real é uma realidade presente em todas as empresas, a todo instante (VICENTE, 1999). Nesse processo, quanto mais rígido forem os procedimentos adotados pela empresa (único meio de fazer o trabalho), menos flexível serão as operações. Nesse tipo de empresa, parte-se do pressuposto que o seguimento dos procedimentos garante a segurança (ICAO, 2009; HOLLNAGEL; WOODS, 2006). Entretanto, em situações inesperadas, os operários devem ser capazes de violar ou criar novas regras (REASON, 1990). Portanto, é preciso explicitar em quais situações os operários devem se desviar das regras com o intuito de garantir a segurança e a continuidade das operações.

O princípio da consciência ainda se relaciona com a capacidade da empresa de entender que o desempenho de segurança no passado não reflete o estado presente e futuro. Hale e Heijer (2006b) afirmam que muitas organizações costumam reduzir os cuidados com a segurança devido aos bons resultados no passado, e este comportamento acaba criando a falsa sensação de segurança, por parte da alta direção. Conseqüentemente, a empresa acaba reduzindo os investimentos com a segurança. Woods (2006a) afirma que esta característica foi evidenciada na análise do acidentes com a NASA, por exemplo.

### 2.5.6 Métodos para avaliação da resiliência em empresas

Segundo Mendonça (2008), para identificar as fontes de fragilidade e resiliência nos sistemas, o mais importante é que o método possua validade e confiabilidade. O método de pesquisa deve relacionar os conceitos abstratos da ER, como os princípios, aos fatos empíricos e passíveis de identificação, durante a avaliação. Sendo assim, a avaliação das fontes de resiliência e fragilidade devem partir dos princípios da ER, e estes, por sua vez, devem ser desdobrados em evidências empíricas.

Considerando a provocação realizada por Woods e Wreathall (2003) e Woods e Hollnagel (2006), no qual convidam os pesquisadores a elaborar novos métodos e ferramentas e, revisar e adaptar os métodos existentes para avaliação da resiliência nas organizações, é possível perceber, a partir das recentes publicações, o crescente número de trabalhos com esse objetivo. A seguir são apresentados alguns desses métodos.

#### 2.5.6.1 Modelo Tripod Delta para avaliação da resiliência

Cambon *et al.* (2006) afirma que para implementar um SMS não deve-se apenas projetá-lo e formalizá-lo. As evidências mostram que a implementação de um SMS efetivo deve ser passível de cumprimento pelas operações. Caso contrário, o SMS passa a ser uma restrição no desempenho das atividades da empresa.

Para avaliar o SMS, há três modelos de auditorias atualmente utilizadas. O primeiro procura avaliar os indicadores de desempenho reativos, o segundo procura avaliar o aspecto estrutural do SMS e o terceiro procura avaliar a efetividade e o cumprimento do SMS projetado, o desempenho operacional do sistema. Segundo os autores, há a necessidade de um modelo que avalie o desempenho operacional, já que muitos métodos de auditoria se restringem a avaliar a dimensão estrutural do SMS.

Partindo dessa prerrogativa, foi realizado um levantamento de 21 métodos de avaliação do desempenho operacional do SMS. Estes métodos foram avaliados segundo critérios que, entre outros, incluíam a abrangência, validade e relação do modelo em que o modelo se baseia e a ER. O método que atendeu os critérios foi o Tripod Delta.

O método Tripod Delta é derivado da teoria Tripod que, segundo Cambon *et al.* (2006), está de acordo com os pressupostos da ER. A teoria, de forma resumida, se baseia na assunção de que a empresa possui uma margem de operação segura, e qualquer desvio maior pode levá-la a ultrapassar a margem de segurança e conduzir ao acidente ou incidente. Essa movimentação é influenciada por diversos fatores. A capacidade da empresa de lidar com esses fatores, não permitindo que os distúrbios operacionais saiam do

limites da margem de segurança, pode ser interpretada como aspectos resilientes na organização. A representação gráfica pode ser visualizada na figura 7.



Figura 7 – Representação gráfica da teoria Tripod.

Fonte: Adaptado de Cambon *et al.* (2006)

O método Tripod Delta procura avaliar quais são os fatores que levam a empresa a operar fora da margem de segurança. Esses fatores são denominados Fatores Básicos de Risco (*Basic Risk Factors – BRF*). A ferramenta trabalha com onze indicadores de BRF, sendo dez de prevenção e um de recuperação, as defesas de segurança.

A ferramenta de auditoria proposta por Cambon *et al.* (2006) procurou avaliar o aspecto estrutural e operacional do SMS nas empresas. O primeiro aspecto foi desenvolvido baseando-se nas normas de segurança, atualmente existentes, como OHSAS e ILO. O objetivo consistiu em verificar se o SMS foi adequadamente formalizado pela empresa e se os requerimentos da legislação foram cumpridos a partir de 230 indicadores estruturais.

O segundo aspecto procurou avaliar “a influência do SMS no meio de trabalho e as práticas, através da experiência e observação das pessoas” (CAMBON *et al.*, 2006, p. 63). A avaliação operacional procura verificar se os componentes de um SMS são cumpridos durante o funcionamento da empresa. Os indicadores operacionais utilizados para realizar essa avaliação provém dos 11 BRFs do Tripod Delta e de 14 Processos de Gestão do Sistema (*System Process Management – SMP*). São 90 indicadores que, a partir de sua decomposição, estão relacionados a 900 questões em um questionário de avaliação da dimensão operacional do método de auditoria.

O resultado final da avaliação é um gráfico onde se compara os valores obtidos, a partir da ferramenta de avaliação dos aspectos estruturais do SMS e os valores obtidos, a partir da ferramenta de avaliação da influência do SMS, nas condições de trabalho e nas práticas de trabalho dos funcionários (CAMBON *et al.*, 2006). A partir do resultado final é possível realizar três constatações: a) o processo de segurança foi mal formalizado; b) o processo de segurança possui baixa efetividade no meio de trabalho das pessoas; e c) as

diferenças entre o sistema idealizado e o real influenciam na forma como as pessoas trabalham.

A partir do exposto, não fica claro a relação entre o modelo proposto e a ER, pois a ferramenta foi desenvolvida a partir de um método existente e depois adaptada aos preceitos da ER. Outro aspecto a considerar é a extensão da ferramenta e o tempo necessário para seu cumprimento. Segundo os próprios autores, o questionário é muito extenso e algumas questões não foram bem compreendidas.

#### 2.5.6.2 Método de avaliação de sistemas de gestão de segurança e saúde no trabalho (MASST)

A partir da identificação de algumas deficiências nos modelos tradicionais de auditoria dos SGS e modelos reinterpretados sob a ótica da resiliência de resiliência, Costella (2008) propõe uma nova ferramenta de auditoria baseando-se nas três principais abordagens de auditorias de SGS: estrutural, operacional e por desempenho, conforme definido por Cambon *et al.* (2006).

A definição da ferramenta iniciou-se com a revisão e avaliação crítica de 10 modelos de auditorias de SGS (COSTELLA *et al.*, 2008a). Complementarmente foi realizado um estudo exploratório em uma empresa de manufatura, quando se procurou associar as ações contidas no plano de segurança e saúde aos requisitos da norma OSHA 18001 e aos princípios da ER, e analisar os indicadores de desempenho utilizados pela empresa e os procedimentos de investigação de acidentes. Os resultados do estudo exploratório indicaram evidências importantes para elaboração da ferramenta. Dentre eles, destacam-se a dificuldade em avaliar diretamente os princípios da ER e a necessidade de realizar uma avaliação quantitativa visando auxiliar na priorização das ações (COSTELLA *et al.*, 2008b).

Utilizando como base as evidências do estudo exploratório, o estudo procurou elaborar um instrumento de avaliação. A ferramenta de auditoria foi elaborada, considerando critérios e itens de avaliação, definidos a partir das normas de segurança OHSAS 18001 (*Occupational health and safety assessment systems*), ILO-OSH 2001 (*Guidelines on occupational safety and health management systems*) e EASHW (*European agency for safety and health at work*), considerações da literatura e princípios da ER (COSTELLA *et al.*, 2008b). A figura 8 mostra os critérios, os itens e as fontes de evidência.

Itens do MASST	Fontes de evidência						Itens com requisitos relacionados à ER
	Estrutural	Desempenho	Operacional				
	Análise de documentação e registros	Análise dos registros dos resultados	Observação direta	Entrevistas com a alta direção	Entrevistas com gerentes	Entrevistas com representantes de SST	
1.1 – Objetivos e política do sistema de gestão de seg. e saúde							
1.2 – Planejamento do sist. de gestão de segurança e saúde							
1.3 – Estrutura e responsabilidade							
1.4 – Documentação e registros							
1.5 – Requisitos legais							
1.6 – Compromisso da alta direção							
2.1 – Ident. de per. de acidentes e doenças com enf. tradicional							
2.2 – Ident. de perigos de acid. e doenças com enfoque na ER							
2.3 – Avaliação de riscos							
2.4 – Planej. de ações preventivas com enfoque tradicional							
2.5 – Planej. de ações preventivas com enfoque na ER							
3.1 – Participação dos trabalhadores							
3.2 – Treinamento e capacitação							
4.1 – Integração de sistemas de gestão							
4.2 – Gerenciamento das mudanças							
4.3 – Manutenção							
4.4 – Aquisição e contratação							
4.5 – Fatores Externos							
5.1 – Indicadores reativos							
5.2 – Indicadores proativos							
5.3 – Auditoria interna							
6.1 – Investigação de acidentes							
6.2 – Ações preventivas							
6.3 – Ações corretivas							
6.4 – Condução da análise crítica e melhoria contínua							
7.1 – Desempenho reativo							
7.2 – Desempenho proativo							

Figura 8 - Categorias e itens de avaliação do MASST segundo a fonte de evidência.

Fonte: SAURIN *et al.*, 2008

Para cada item de avaliação foram definidos requisitos, sendo que alguns itens possuem mais de um requisito. Também foram definidas fontes de evidência, necessárias para avaliar cada um dos requisitos, seja por análise documental, entrevistas com os funcionários ou observação direta. A seguir, é apresentado um exemplo de um dos critérios do instrumento de avaliação:

Critério 1 – Planejamento do sistema de gestão

1.6 – Compromisso da alta direção

Abordagem: operacional.

Fontes de evidências: entrevista com representantes da alta direção (requisitos a, b, c, d, e, f), entrevista com representantes da gerência (requisitos a, b, c, d, e, f), entrevista com representantes do setor de SST (requisitos a, b, c, d, e, f) e entrevista com trabalhadores (requisitos a, b, c, e).

- (a) Destacar se a alta direção participa dos esforços de SST e interage com as partes interessadas, demonstrando comprometimento e buscando oportunidades para o desenvolvimento do SGS (comprometimento da alta direção e aprendizagem);
- (b) Destacar se a alta direção está ciente da satisfação, motivação e bem-estar dos trabalhadores (comprometimento da alta direção e consciência);
- (c) Destacar se a alta direção assegura os recursos para o SGS (comprometimento da alta direção);
- (d) Destacar se a alta direção demonstra preocupação com a melhoria do desempenho do SGS e se existe acompanhamento em relação ao nível dos indicadores de desempenho de segurança, especialmente os pró-ativos (comprometimento da alta direção e consciência);
- (e) Destacar se a alta direção demonstra comprometimento com a SST, tanto quanto às outras funções empresariais, tais como produção, marketing, vendas, etc. (comprometimento da alta direção);
- (f) Verificar a posição da alta direção em relação ao gerenciamento das pressões da produção em relação à segurança (comprometimento da alta direção e flexibilidade).

O método proposto consiste na aplicação sistemática da ferramenta de avaliação e na quantificação de cada item (COSTELLA *et al.*, 2009). A aplicação do método inicia-se com a definição da equipe de auditores e encerra-se com a quantificação de cada item, a partir de uma tabela de pontuação, baseada na tabela utilizada pelo Prêmio Nacional de Qualidade (FPNQ, 2006).

Carim Júnior *et al.* (2008) aplicaram o método MASST no contexto da aviação, com intuito de verificar a aplicabilidade do método. Ao utilizar uma escola de aviação como objeto de estudo, os mesmos concluíram que, a partir da análise qualitativa dos resultados, foi possível identificar os constrangimentos no trabalho dos instrutores de vôo, a partir dos princípios da ER. Entretanto, alguns requisitos não foram encontrados na empresa ou eram desconhecidos pelos participantes. Sendo assim, boa parte do tempo dispensado nas entrevistas, cerca de 2 horas cada uma, não foi produtivo, pois necessitava adequar o instrumento de coleta de dados ao contexto da aviação.

Como verificado, este modelo foi desenvolvido para ser aplicado no contexto da indústria manufatureira, pois se baseia, principalmente, em normas genéricas de segurança, amplamente difundidas entre essas empresas. Por este fato, há a necessidade de adaptar essa ferramenta a outros contextos, como a aviação civil, dada as peculiaridades de cada setor.

### 2.5.6.3 Avaliação da resiliência no sistema de transporte de helicópteros na bacia de campos

Inserido no programa internacional entre a UFRJ e *Ohio State University*, o projeto procurou avaliar os múltiplos fatores que afetam o sistema de transporte de funcionários *offshore*, a partir de helicópteros utilizados pela Petrobrás, na Bacia de Campos, a partir da perspectiva da engenharia de sistemas cognitivos (SILVA *et al.*, 2005; GOMES *et al.*, 2009).

O projeto iniciou analisando um acidente de helicóptero ocorrido em 2004, como meio dos pesquisadores interagirem com o funcionamento do sistema de aviação do local (SILVA *et al.*, 2005). Os resultados posteriores mostraram que fatores que contribuíram para o acidente poderiam ser analisados de forma mais específica (MATTA *et al.*, 2006b). Procurou-se, então, analisar a segurança do sistema tomando como referência a ER (MATTA *et al.*, 2006a; CARVALHO *et al.*, 2007).

O estudo da resiliência do sistema iniciou-se na tentativa de descrever o funcionamento do sistema em uma abordagem do geral para o específico, sem modelos pré determinados (GOMES *et al.*, 2008). A partir de entrevistas com especialistas no setor, foram identificados os principais subsistemas, a inter-relação entre eles e seu real funcionamento. Como etapa posterior, a partir de entrevistas não estruturadas e abrangentes, foram identificados os principais fatores que geravam constrangimentos nas operações de vôo, o processo foco da pesquisa (MATTA *et al.*, 2006a). Os fatores identificados, tanto internos, quanto externos, foram classificados de acordo com os subsistemas, principalmente o ambiente externo e organização do trabalho.

Apesar de não ter sido utilizado um método de análise específico para avaliar as fontes de resiliência do sistema, as técnicas de coleta de dados foram baseadas nas técnicas especificadas no CTA, principalmente as entrevistas (GOMES *et al.*, 2009; CRANDAL *et al.*, 2006). Os resultados foram consistentes e mostraram que a segurança das operações de algumas empresas de helicópteros pode estar comprometida, pois os fatores identificados levam o sistema além de sua margem de segurança. As fontes de fragilidade e resiliência mostram a tentativa do sistema de manter suas operações dentro dos limites de segurança, principalmente ao tentar lidar com o conflito de objetivos, surgidos entre a alta direção das empresas proprietárias das aeronaves e prestadoras de serviço, a alta direção da Petrobrás, os pilotos de helicópteros e o setor de manutenção das empresas. Ele se ocorre devido aos fatores econômicos e de inspeção das aeronaves.

Os resultados mostram também que as fontes de resiliência e fragilidade encontradas estão além dos requisitos considerados em sistemas de gestão de segurança. Então, para verificar a segurança do sistema, há necessidade de analisá-lo como um todo, conforme preconiza a ER. Para mais detalhes, ver Gomes *et al.* (2009) e Carvalho *et al.* (2007).

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

#### 3.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Este trabalho utilizou como estratégia de pesquisa o estudo de caso. De acordo com Yin (2001), essa estratégia se justifica quando o objeto de estudo está inserido dentro do seu contexto real e não há uma definição clara dos limites, entre o fenômeno e o contexto. O autor também afirma que essa estratégia se justifica pela sua capacidade em lidar com fenômenos onde não é possível delimitar as variáveis envolvidas e quando há diversas fontes de evidências, presentes em documentos, artefatos, entrevistas e observações. O fenômeno e o objeto deste estudo possuem tais características, justificando a utilização do estudo de caso.

Yin (2001) diferencia dois tipos de estudo de caso: caso único e múltiplos casos. O primeiro é apropriado quando o caso estudado representa um fenômeno raro ou extremo, um fenômeno revelador ou um caso decisivo para testar uma teoria formulada. O segundo é apropriado quando é necessário apresentar resultados mais convincentes ou robustos, ou quando cada caso estudado representa um propósito específico dentro do escopo global do estudo.

Neste trabalho, foi escolhida a estratégia de estudo de múltiplos casos, devido às seguintes justificativas: a) possibilidade de investigar empresas com contextos diferentes, o que amplia as oportunidades de validação dos instrumentos de coleta de dados; b) possibilidade de comparação dos resultados, gerando uma visão mais completa do fenômeno estudado; e c) segundo Anderson *et al.* (2005), o estudo de caso é a melhor estratégia de pesquisa quando o objeto de estudo é um sistema complexo, pois permite entender a dinamicidade e o padrão emergente de funcionamento do sistema.

Este estudo adotou como fontes de evidências para coleta de dados, as entrevistas semi-estruturadas, a observação direta e a análise de documentos técnicos, viabilizando assim a triangulação de dados (FLICK, 2004).

De acordo com Gil (1999, p. 117), as entrevistas são as técnicas de coleta de dados “[...] em que o investigador se apresenta frente ao investigado e formula-lhe perguntas,

com o objetivo de obtenção dos dados que interessam à investigação”. As entrevistas foram utilizadas como a principal fonte de coleta de dados, pois permitem flexibilidade, diversidade e aprofundamento dos dados coletados (YIN, 2001). Todas as entrevistas foram realizadas individualmente, face-a-face. As entrevistas foram gravadas, utilizando-se gravadores de voz digitais, e, posteriormente, transcritas para facilitar a compreensão e análise dos dados coletados.

Antes do início das entrevistas, foi solicitado aos entrevistados permissão para a gravação das entrevistas, pois, como salienta Yin (2001), o participante pode sentir-se incomodado com o uso de gravadores de voz. Na transcrição, procurou-se manter, de forma fidedigna, os termos e a estrutura gramatical proferidas pelos entrevistados, evitando distorcer as respostas.

A técnica de observação permite ao pesquisador coletar informações relativas aos comportamentos ou às condições ambientais relevantes mediante a utilização dos sentidos (GIL, 1999; YIN, 2001). Para realização desse trabalho, foi utilizada a observação direta, segundo classificação de Yin (2001). A observação direta é particularmente importante, pois, em muitas situações, as características dos fenômenos de interesse estão disponíveis em alguns comportamentos ou nas condições ambientais. Esse tipo de coleta de dados é útil para corroborar as informações adquiridas por meio das entrevistas e das análises de documentos.

Apesar de Yin (2001) sugerir que a observação seja conduzida por mais de um pesquisador, a coleta de dados no presente estudo foi realizada por um único pesquisador. É importante constar que o pesquisador responsável pela coleta de dados pode ser caracterizado como *expert* na aviação, já que o mesmo possui habilitação de piloto, experiência como piloto e instrutor de vôo, e formação acadêmica em Ciências Aeronáuticas.

Para completar a triangulação da coleta de dados foi feita uma análise dos documentos técnicos. De acordo com Yin (2001), a coleta de informações, a partir de documentos, permite corroborar e validar os dados coletados provenientes de outras técnicas, fornece detalhes específicos sobre determinada informação e possibilita realizar inferências. São particularmente úteis para obter dados com menor custo e sem constranger os funcionários da empresa (GIL, 1999).

### 3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa foi estruturada em cinco etapas, a saber: A) elaboração dos instrumentos de coleta de dados; B) seleção das empresas; C) estudos de múltiplos casos; D) análise conjunta dos dados; e E) identificação e análise das fontes de resiliência e fragilidade. A revisão bibliográfica ocorreu ao longo de todas as outras etapas, contribuindo, principalmente, para a definição das características de sistemas sócio-técnicos complexos, identificação dos princípios da ER e formulação dos instrumentos de coletas de dados e da estrutura de análise das fontes de resiliência e fragilidade. As etapas são apresentadas de forma resumida na figura 9.

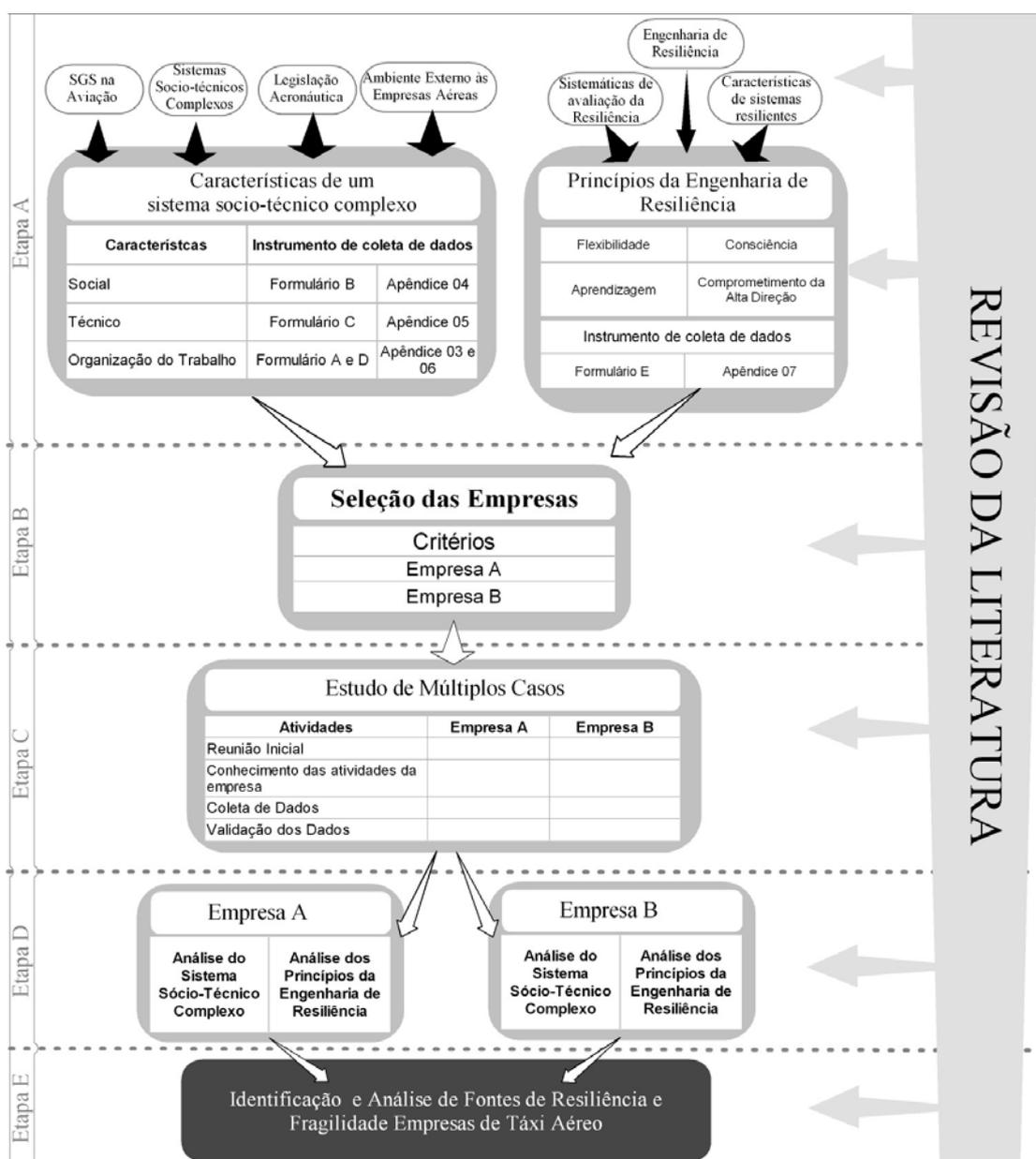


Figura 9 - Delineamento da pesquisa

### 3.2.1 Instrumentos de coleta de dados

Os instrumentos de coleta de dados foram elaborados, com intuito de avaliar as empresas de táxi aéreo sob duas perspectivas. Primeiro, para avaliar as diferentes dimensões de uma empresa, utilizando como ferramenta teórica a teoria dos sistemas sócio-técnicos, e para identificar o padrão emergente de funcionamento da empresa, confrontando com o padrão prescrito. Segundo, avaliou-se a resiliência da empresa, a partir dos princípios da ER.

#### 3.2.1.1 Avaliação das características de um sistema sócio-técnico complexo

A partir da revisão bibliográfica, foram definidos os instrumentos de coleta de dados para avaliar três dimensões de um sistema sócio-técnico complexo, sendo eles: a) social; b) técnico; e c) organização do trabalho. Apesar de não ter sido elaborado um formulário específico para coletar dados sobre o ambiente externo, o mesmo foi avaliado considerando o ambiente externo legal comum às empresas de transporte aéreo e apresentado no capítulo 2. Partiu-se do pressuposto que cada uma das empresas está sujeita ao ambiente externo nacional ou internacional, dependendo apenas de sua operação, e não necessariamente de sua localização geográfica. Detalhes específicos do ambiente externo que emergiram durante a análise dos resultados são retomados no capítulo 4 para algumas fontes de fragilidade e resiliência.

Na dimensão social, procurou-se avaliar as características das pessoas que fazem parte das empresas, sejam elas tripulantes ou não. Foi considerado o tempo de profissão, tempo de trabalho na empresa, experiências profissionais anteriores, seja na aviação ou não, e dados demográficos (sexo, escolaridade, estado civil, etc.).

Mais especificamente, foram levantadas as seguintes informações: estado civil; data de nascimento ou idade; sexo; cargos e funções desempenhados na empresa seja na administração ou na operação de vôo e de manutenção; regime salarial, tanto o fixo, como o variável; tempo de trabalho na empresa, definido a partir da data de ingresso na empresa; formação, relacionando o tipo de curso realizado para cada nível de escolaridade; treinamentos realizados, tanto no ingresso na empresa, quanto os realizados regularmente; carga horária ou escala de trabalho; turno de trabalho; experiências profissionais anteriores, não sendo necessariamente na aviação. O formulário B (apêndice 04) foi desenvolvido com o intuito de coletar essas informações.

Para avaliar o subsistema técnico, procurou-se caracterizar a estrutura física e os principais equipamentos utilizados na empresa para a realização do vôo. A estrutura física

diz respeito ao espaço alocado para o desempenho das funções administrativas e para a guarda das aeronaves. Já os equipamentos foram definidos como qualquer artefato necessário para a prestação do serviço, no caso a realização do voo). Portanto, foram caracterizadas as aeronaves e seus equipamentos embarcados, os computadores pessoais, os rádios de comunicação e os telefones fixos e celulares.

Para coletar as informações pertinentes ao subsistema técnico, foi elaborado o formulário C (apêndice 05) no qual foram solicitados os seguintes dados: identificação do equipamento; quantidade de equipamentos utilizados; descrição e especificação técnica do equipamento, forma de aquisição, a data ou o tempo de aquisição; utilização média do equipamento por dia, semanas, meses ou anos; o tipo de manutenção realizada; descrição do processo de manutenção do equipamento; custo de operação; descrição do treinamento necessário à utilização do equipamento e outras informações.

A organização do trabalho foi caracterizada em três segmentos, com base em Hendrick e Kleiner (2001): i) estrutura organizacional; ii) as funções desempenhadas pela empresa e seus processos; e iii) atividade desempenhada pelos funcionários.

A primeira atividade para caracterização desse subsistema foi a identificação do projeto da organização e sua estrutura a partir dos documentos técnicos. Para coletar essas informações foi desenvolvido o formulário A (apêndice 03), o qual apresenta a lista de documentos que constituem o sistema prescrito da empresa.

Os documentos listados no formulário são: a) especificações operativas (EO); b) Manual Geral de Operação (MGO); c) Manual Geral de Manutenção (MGM); d) Programa de Treinamento; e) Treinamento em *Company Resource Management* (CRM; Gerenciamento dos Recursos da Empresa); f) Programa de Prevenção de Acidentes Aéreos (PPAA); e g) Plano de Assistência a Vítimas de Acidentes Aéreos e seus Familiares. Também foram solicitados documentos que representassem o dia-a-dia da empresa, como os documentos de comunicação interna (atas de reuniões, memorandos, panfletos, comunicados, etc.) e documentos relativos à segurança da empresa, como os relatórios: a) de prevenção, b) de vistoria de segurança de voo, e c) de análise de acidentes, incidentes e ocorrências de solo e fichas de colisão com pássaros.

A investigação da estrutura e das funções desempenhadas pela empresa de táxi aéreo tem como objetivo avaliar a diferenciação vertical, horizontal e espacial (HENDRICK; KLEINNER, 2001), principalmente, porque toda empresa possui um padrão informal de organização (WREATHALL, 2006). Assim, o levantamento procurou caracterizar os departamentos ou setores que constituem a empresa, bem como os níveis

hierárquicos. Inicialmente, através dos manuais de procedimentos, mais especificamente o MGO, MGM, PPAA e as E.O., foram verificados o organograma, os departamentos e as responsabilidades formais de cada cargo. Para avaliar se a estrutura departamental e hierárquica, descrita nos manuais, correspondia à realidade, foram utilizados os dados das entrevistas com os funcionários através do formulário D (apêndice 06) e observações diretas. A diferença esperada ocorre devido aos constrangimentos inerentes à operação e ao meio, fazendo com que a empresa se adapte ao meio (VICENTE, 1999).

Para avaliação das funções desempenhadas, foram considerados todos os processos desempenhados pelas empresas. Devido à extensão de cada um dos processos, foram analisados e descritos brevemente os processos de vôo, de manutenção, administrativos e auxiliares.

Procurou-se, por último, avaliar o trabalho real (GUÉRIN *et al.*, 2001). Nesta etapa procurou-se avaliar como os funcionários desempenhavam suas funções no dia-a-dia, como lidavam com os constrangimentos e de que forma as atividades desenvolvidas eram influenciadas pelo trabalho de outros funcionários. A ênfase foi dada na caracterização das atividades dos tripulantes e dos funcionários de coordenação de vôo. Para o levantamento dos dados, foi utilizada uma das técnicas constantes no CTA, a entrevista semi-estruturada. Ao aplicar as técnicas formuladas no CTA, os pesquisadores buscam eliciar o conhecimento dos participantes, de forma a orientar as repostas para o objeto de pesquisa (CRANDAL *et al.*, 2006). Da mesma forma que Gomes *et al.* (2009), que buscaram identificar os constrangimentos inerentes aos trabalhos dos operadores de helicópteros *offshore* a partir de entrevistas semi-estruturadas, este trabalho utilizou as entrevistas semi-estruturadas como eliciar o conhecimento de todos os integrantes das empresas pesquisadas.

Um roteiro de entrevista semi-estruturado, com perguntas menos específicas, permite ao entrevistador a exploração de pontos de significância durante a entrevista. O roteiro é apresentado no formulário D (apêndice 06) e é constituído por quatro perguntas gerais: 01) Quais são as suas atividades dentro da empresa?; 02) Quais são os procedimentos que você deve seguir, mas que na prática, é impossível ou difícil de cumprir?; 03) Quais são as adaptações que você tem que realizar no seu dia-a-dia para que você consiga executar suas atividades e cumprir o seu trabalho?; e 04) Você conhece ou lida com outros setores da empresa? Você poderia me falar o que cada setor e cada colega faz?

### 3.2.1.2 Avaliação dos princípios da ER

Conforme a revisão da literatura, os princípios discutidos pelos diferentes autores concordavam em alguns pontos, possibilitando definir um conjunto de princípio que representam as diferentes dimensões da resiliência de uma organização. O conjunto de princípios adotados por Costella (2008) já foram testados, inclusive na aviação, e apresentaram resultados consistentes (COSTELLA *et al.*, 2009; CARIM JÚNIOR *et al.*, 2008). Dessa forma, os quatro princípios adotados neste trabalho foram: a) flexibilidade; b) consciência; c) aprendizado; e d) comprometimento da alta direção.

A partir dos princípios, prosseguiu-se o desdobramento deles em evidências empíricas, conforme sugere Mendonça (2008). Para que fosse possível realizar esse desdobramento, cada princípio foi associado a determinados fatores, apresentados nas bibliografias como características ou propriedades desejáveis em sistemas resilientes.

As figuras 10, 11, 12 e 13 mostram o desdobramento dos princípios em evidências empíricas, bem como os autores que propõem essas características e uma breve explicação de cada característica.

Princípio	Característica	Autor	Descrição
Flexibilidade	Dinamicidade do Trabalho	Rasmussen (1997); Cook e Rasmussen (2005)	Ao invés do trabalhador seguir estritamente os procedimentos, os mesmos procuram realizar as atividades dentro de um espaço de segurança, mostrando a dinamicidade do trabalho.
	Regularidade das Demandas	Woods (2006a), Wreathall (2006)	A empresa tem que lidar com demandas regulares, irregulares e imprevistas, tanto provenientes do meio externo como do interno, para garantir a regularidade das operações.
	Eventos imprevistos	Weick e Sutcliffe (2001), Westrum (2006)	A ocorrência de eventos não contemplados pelos procedimentos mostra como a empresa se adequa a essas situações, uma vez que não há uma resposta preparada.
	Adaptações	Dekker (2002), Cook e Woods (1994), Flin (2006), Wreathall (2006)	Entender como os operadores realizam as adaptações é o meio de se entender com ao segurança é alcançada, dados os problemas encontrados durante as operações.
	Responsabilidade das funções	Dekker (2002), Cook e Woods (1994)	As responsabilidades e co-responsabilidades são alocadas para cada cargo e, na prática, precisam ser cumpridas.
	Autonomia	Hollnagel (2006), Hale e Heijer (2006b)	As equipes e cada funcionário precisam ter autonomia na execução do trabalho, principalmente em situações de emergência e quando há necessidade de sacrificar a produção em prol da segurança.
	Adequação do Treinamento	Flin (2006)	O treinamento precisa considerar tanto os aspectos técnicos e operacionais, como a capacidade dos operadores de lidar com imprevistos e situações não esperadas.
	Projeto da aeronave	Hollnagel e Woods (2005), Vicente (1999)	Além dos requisitos operacionais, para atender as demandas de trabalho, é necessário que a aeronave atenda as necessidades dos operadores.

	Projeto do Trabalho	Hendrick e Kleiner (2001)	O sistema de trabalho deve ser projetado para possibilitar que o operador lide com as variações inerentes e deve continuamente ser modificado com a participação dos próprios operadores.
	Mudanças internas	Wreathall (2006), Woods e Hollnagel (2006)	É importante a empresa avaliar as mudanças internas como forma de garantir a continuidade das operações.
	Mudanças externas	Wreathall (2006)	As mudanças ocorridas no meio externo afetam indiretamente as operações da empresa e, por isso, precisam ser monitoradas e avaliadas.

Figura 10 – O princípio da flexibilidade e as características associadas bem como os estudos referidos

Princípio	Característica	Autor	Descrição
Consciência	Mapeamento do risco	Wreathall (2006), Hale e Heijer (2006b)	É preciso que a organização saiba quais são as ameaças mais frequentes para que possa repassá-las aos demais operadores e, a partir de um quadro maior, é possível tomar melhores decisões.
	Identificação de situações de perigo	Woods e Wreathall (2003), Woods e Hollnagel (2006), Westrum (2006)	É preciso ter meios para a identificação das situações de perigo.
	Antecipação de situações de perigo	Woods e Wreathall (2003), Woods e Hollnagel (2006), Woods (2006c), Woods (2006d), Dijkstra (2006), Rochlin (1999), Weick e Sutcliffe (2001), Hale e Heijer (2006b), Westrum (2006)	Os perigos devem ser identificados quando ainda não tenham capacidade de causar danos, quando o sinal é fraco e insignificante, mesmo quando as operações pareçam seguras.
	Gerenciamento de risco	Woods e Wreathall (2003), Woods e Hollnagel (2006), Woods (2006c), Woods e Cook (2006), Westrum (2006)	Não basta a identificação dos perigos; é preciso que a organização avalie os perigos por meio do gerenciamento do risco. A empresa precisa prover meios para a avaliação e priorização dos riscos pelos operadores.
	Trade-offs	Flin (2006), Amalberti (2006), Woods (2006a)	A organização deve possuir diretrizes claras para a resolução dos inúmeros trade-offs encontrados nas operações e decisões da alta direção.
	Limite de segurança	Rasmussen (1997), Cook e Rasmussen (2005)	Mais do que saber os procedimentos e as rotinas operacionais, os operadores e a empresa precisam saber sobre os limites de segurança que permeiam suas atividades.
	Entendimento do nível de segurança	Rasmussen (1997), Rasmussen e Svendug (2000), Costella (2008)	É preciso saber qual o nível de segurança das operações da empresa como meio de prever as conseqüências futuras das ações tomadas.

Figura 11 – O princípio da consciência e as características associadas bem como os estudos referidos

Princípio	Característica	Autor	Descrição
Aprendizagem	Fluxo de informações	Wreathall (2006), Woods (2006a)	O maior fluxo de informações relacionadas à segurança das operações é garantido através de um comportamento que estimula as trocas de informações, seja por meio formais (reuniões, boletins, encontros, sistema de relatos, etc.) ou informais (conversas e encontros informais, etc.), e ainda por um comportamento não punitivo referentes aos relatos sobre a situação operacional.

Procedimentos documentados	Sündström e Hollnagel (2006), Hollnagel (2004)	Um dos meios de reduzir a variabilidade do sistema é garantir que pelo menos os procedimentos estão documentados e adequados às operações, sendo revisados periodicamente
Sistema de reportes de segurança	Dijkstra (2006), Wreathall (2006)	A partir do estímulo para reportes e garantindo a não punitividade, é possível receber relatos de segurança importantes para definições das ações de prevenção.
Auditorias	Flin (2006), Hale <i>et al.</i> (2006), Costella (2008)	As auditorias precisam prever perigos e ameaças antes da ocorrência de maiores danos. Também deve ser feita para verificar somente o cumprimento documental dos requisitos, mas, também, sua viabilidade e cumprimento na prática.
Aprendizagem no trabalho	Hale e Heijer (2006b), Hale <i>et al.</i> (2006)	Não basta somente ter informações sobre o estado de segurança da organização e as ameaças, é preciso também transformá-las em aprendizado, atualizando o modo como o trabalho é feito e como a empresa entende a segurança.
Participação dos trabalhadores	Hendrick e Kleiner (2001)	A participação dos trabalhadores na definição do sistema de trabalho mostra o quanto a empresa procura aprender com sua força de trabalho, já que é ela que possui informações mais precisas e detalhadas sobre o funcionamento da organização.
Treinamentos	Flin (2006)	Os treinamentos precisam estar continuamente em mudança e sempre se adaptando às situações reais de trabalho, ao invés do teórico. Também é necessário proporcionar treinamentos de cunho não-técnico aos operadores e a alta direção.

Figura 12 – O princípio da aprendizagem e as características associadas bem como os estudos referidos

Princípio	Característica	Autor	Descrição
Comprometimento da alta direção	Experiência na aviação	Rasmussen (1997)	A alta direção deve ter conhecimento sobre a área de atividade da empresa, para que as decisões sejam mais bem avaliadas e tomadas.
	Capacitação na aviação	Rasmussen (1997)	Caso não haja conhecimento sobre a aviação, é importante, pelo menos, ter treinamentos sobre o setor no qual a empresa se encontra.
	Conhecimento das operações	Woods <i>et al.</i> (1994)	É necessário o conhecimento sobre as operações e o contexto operacional para que os recursos sejam direcionados adequadamente.
	Pressão por produção	Woods e Wreathall (2003), Woods (2006a), Hale e Heijer (2006b)	Mesmo que haja uma necessidade, por produção, deve haver mecanismos para evitar que pressões dessa natureza não afetem as operações.
	Decisões	Woods (2006a), Hale e Heijer (2006b), Wreathall (2006)	As decisões precisam ser baseadas considerando os múltiplos objetivos, balanceando produção e segurança.
	Visão da segurança	Rochlin (1999), Hollnagel (2008)	O entendimento de como a segurança é atingida ou o acidente é evitado influencia as ações da alta direção em relação à segurança.
	Visão do setor de segurança	Costella <i>et al.</i> (2008a)	A posição do setor de segurança no organograma mostra quão importante é para a empresa, principalmente na realidade da empresa.
	Recursos financeiros	Woods (2006a)	Mesmo que o objetivo principal de uma empresa seja o recurso financeiro, é preciso que em determinados momentos sejam priorizados outras dimensões.

	Recursos para a segurança	Woods (2006a), Wreathall (2006)	Ainda que não seja possível medir o quanto de segurança é atingido, devem-se alocar continuamente recursos para a segurança garantindo seu funcionamento.
--	---------------------------	---------------------------------	---

Figura 13 – O princípio do comprometimento da alta direção e as características associadas, bem como os estudos referidos

Uma vez que os princípios e as evidências empíricas foram estabelecidos, prosseguiu-se para a definição das perguntas. O roteiro de entrevista pode ser visualizado no formulário F (apêndice 07) e um exemplo dele, contendo perguntas referentes ao princípio da consciência, é apresentado na figura 14.

Princípio	Característica	Pergunta
Consciência	Mapeamento de risco	A empresa possui um mapeamento das fontes de ameaça às suas operações? De que forma?
	Identificação de situações de perigo	Como você consegue identificar que determinadas situações podem gerar perigos?
	Limite de segurança	Qual o limite de segurança de suas atividades específicas? Como você sabe? Em que se baseia?
	Entendimento do nível de segurança	Como você avalia o nível de segurança da empresa como um todo? Há indicadores de desempenho, auditorias, etc.? Como você explica a ausência de acidentes ou incidentes nessa empresa?

Figura 14 – Exemplo de perguntas definidas para avaliar o princípio da consciência considerando somente algumas características

### 3.2.2 Seleção das empresas participantes

Inicialmente, foi pesquisado o número de empresas de táxi aéreo existentes no Brasil. De acordo com os dados da ANAC (2009), existem 234 empresas de transporte aéreo por demanda no país em funcionamento e devidamente regularizadas. Elas estão localizadas em todo o território nacional e possuem características similares de operação, porte, quantidade e tipos de aeronaves.

Com o intuito de selecionar as empresas participantes no estudo, foram definidos critérios iniciais, sendo eles: a) estar homologada pela autoridade aeronáutica; b) estar em funcionamento e regularmente operacional; e c) estar localizada nas regiões sul ou sudeste do país, devido à facilidade de acesso do pesquisador.

Como seleção inicial, sete empresas de táxi aéreo atenderam aos critérios, sendo classificadas em dois grupos, de acordo com as características de operação. O primeiro grupo foi composto por quatro empresas e teve como características o pequeno porte, utilização de aeronaves de propulsão a hélice e operação dentro dos limites do Estado onde a sede da empresa se encontra. Já o segundo grupo, composto por três empresas,

caracterizou-se pela utilização de aeronaves a jato de pequeno porte e pela operação em todo o território nacional e, eventualmente, em localidades fora do país.

Todas as sete empresas foram contatadas mediante uma carta de intenção de pesquisa, conforme modelo que se encontra no apêndice 01. Das empresas contatadas, três retornaram a solicitação e se prontificaram a servir de objeto de estudo. Entretanto, o estudo limitou-se a somente duas empresas (empresa A e B), devido às restrições de custo e prazo para a conclusão do trabalho, bem como ao grande tempo despendido na coleta de dados em cada uma delas.

Um termo de autorização para realizar as atividades de pesquisa e de confidencialidade de informações foi elaborado e entregue a cada empresa. Nele, os pesquisadores solicitaram formalmente a possibilidade de utilizar a empresa como unidade de pesquisa e se comprometeram a utilizar as informações somente para fins acadêmicos e de pesquisa, desde que o nome da empresa não fosse apresentado. O modelo da carta de confidencialidade das informações está disponível no apêndice 02. O pesquisador também se comprometeu descartar ao final da pesquisa os manuais disponibilizados pelas empresas em formato eletrônico, com o intuito de prevenir possíveis cópias não autorizadas.

As duas empresas, objetos do estudo, situam-se em diferentes regiões do Brasil e estão voltadas para segmentos diferentes de mercado. A empresa A opera aeronaves bimotoras com motor a pistão, com capacidade máxima para nove passageiros e possui autorização para voar em todo o Brasil e em alguns países da América do Sul. Entretanto, opera regularmente apenas em localidades na região sul do país. Já a empresa B opera aeronaves bimotoras a jato, com capacidade máxima para até dez passageiros e possui autorização para voar em todo território nacional, na América do Sul, Central, do Norte e na Europa. Contudo, essa empresa opera regularmente nas regiões sul, sudeste, centro-oeste e nordeste do país.

### 3.2.3 **Estudo de múltiplos casos**

Considerando as duas empresas utilizadas como objeto de estudo, a realização da pesquisa ocorreu segundo a disponibilidade de seus funcionários. A seguir é apresentado o cronograma das atividades desempenhadas em cada uma delas, sendo o cronograma da empresa “A” apresentado na figura 16 e o da empresa “B”, na figura 17.

EMPRESA A			
VISITA	DATA	DURAÇÃO	ATIVIDADES
1	segunda-feira, 03 de novembro de 2008	06 h 00 m	Reunião inicial
			Visita às instalações
2	terça-feira, 04 de novembro de 2008	04 h 00 m	Coleta de dados (Entrevistas, observações e análise de documentos)
3	quarta-feira, 05 de novembro de 2008	01 h 50 m	
4	quinta-feira, 06 de novembro de 2008	01 h 00 m	
5	terça-feira, 25 de novembro de 2008	02 h 50 m	
6	quarta-feira, 26 de novembro de 2008	02 h 45 m	
7	terça-feira, 20 de janeiro de 2009	02 h 30 m	
8	sexta-feira, 06 de fevereiro de 2009	02 h 45 m	
<b>TOTAL</b>		<b>22h 50m</b>	

Figura 15 - Cronograma de coleta de dados na empresa A

As etapas da pesquisa ocorreram na empresa A ao longo de quatro meses, conforme a disponibilidade dos funcionários. Foram realizadas oito visitas que variaram na quantidade de dias e horas dispensadas para realização das etapas. Devido ao fácil acesso do pesquisador, a disponibilização dos documentos em arquivo eletrônico e a disponibilidade dos funcionários, as atividades foram realizadas em média de 3 horas por visita.

A variação do tempo dispensado em cada visita à empresa pode ser explicada pelo fato das coletas de dados, principalmente, as entrevistas, terem sido realizadas conforme a disponibilidade dos funcionários. Em algumas visitas foi possível entrevistar mais de um funcionário. Em média, as entrevistas duraram 01 hora.

Conforme é possível verificar, entre a sexta e a sétima visita à empresa, houve um período de dois meses. Esse intervalo se explica pelo fato da empresa ter sofrido um acidente no início de dezembro de 2008. A aeronave realizava um vôo de transporte aéreo de passageiros, por demanda, com início e término no aeroporto base da empresa. Ao retornar para a base, a aeronave teve falta de combustível, não conseguindo pousar em um aeroporto intermediário, mas acabou pousando próximo da pista de pouso. Como resultado, a aeronave teve grandes danos e um dos passageiros sofreu uma lesão leve.

Conseqüentemente, além da interrupção da coleta de dados, após o acidente, ocorreram algumas mudanças organizacionais, tais como, a saída de um dos envolvidos no acidente que, além de piloto, também ocupava o cargo de diretor geral. Possivelmente, este fato prejudicou a coleta de dados nas duas últimas visitas.

Um último aspecto, evidenciado no cronograma de coleta de dados, foi a não realização da apresentação e validação dos resultados. A empresa não manifestou interesse em discutir os resultados da pesquisa.

EMPRESA B			
VISITA	DATA	DURAÇÃO	ATIVIDADES
1	segunda-feira, 06 de outubro de 2008	06 h 00 m	Reunião inicial
			Visita às instalações
2	terça-feira, 07 de outubro de 2008	05 h 00 m	Coleta de dados (Entrevistas, observações e análise de documentos)
3	sexta-feira, 07 de novembro de 2008	04 h 30 m	
4	segunda-feira, 10 de novembro de 2008	06 h 10 m	
5	terça-feira, 11 de novembro de 2008	07 h 42 m	
6	quarta-feira, 12 de novembro de 2008	04 h 30 m	
7	segunda-feira, 15 de dezembro de 2008	06 h 00 m	
8	terça-feira, 16 de dezembro de 2008	09 h 30 m	
9	quarta-feira, 17 de dezembro de 2008	01 h 30 m	Apresentação dos resultados
			Validação dos resultados
<b>TOTAL</b>		<b>50 h 52 m</b>	

Figura 16 - Cronograma de coleta de dados na empresa B

O estudo de caso na empresa B foi realizado durante três meses. Pelo fato da empresa se encontrar em um local distante, foram realizadas três viagens com permanências variadas. A primeira, realizada em outubro, durou dois dias; a segunda, realizada no mês de novembro, durou quatro dias; e a terceira, realizada no mês de dezembro, durou três dias. O pesquisador permaneceu na empresa durante seu período de funcionamento comercial, das 08h00min às 17h00min, e dispensou cerca de 05h30min a cada visita, principalmente, porque alguns documentos solicitados à empresa, somente estavam disponíveis fisicamente na sede operacional, não sendo permitido suas retiradas.

Para realizar o estudo de múltiplos casos, as atividades foram divididas nas seguintes etapas: a) reunião inicial; b) visita às instalações; c) coleta de dados; e d) apresentação e validação dos resultados.

### 3.2.3.1 Reunião inicial

A reunião inicial foi proposta, com intuito de esclarecer a pesquisa aos funcionários e diretores da empresa, bem como familiarizar o pesquisador com os funcionários e chefes. Na empresa A, a reunião inicial foi realizada, somente com o chefe de operações e com o diretor geral. Os demais funcionários apenas souberam da realização da pesquisa por meio de um e-mail. Por esse motivo, antes do início das entrevistas, com os funcionários e os outros chefes, o contexto da pesquisa foi apresentado de forma resumida. Já na empresa B,

a reunião inicial foi realizada com a participação de quase todos os funcionários e diretores. Apenas o Diretor Geral não estava presente.

### 3.2.3.2 Conhecimento sobre as atividades da empresa

Foram realizadas algumas visitas às instalações da empresa, com objetivo de familiarizar o pesquisador com as operações, bem como as instalações. Logo em seguida à reunião inicial, o pesquisador foi acompanhado por um funcionário que mostrou os tipos e características das aeronaves, a estrutura física dos hangares, das salas da administração e de apoio, o processo de manutenção e o ambiente operacional, entre outros.

### 3.2.3.3 Coleta de Dados

A coleta de dados ocorreu por meio de cinco tipos diferentes de formulários, conforme já apresentado. O primeiro formulário (apêndice A) foi utilizado para solicitar os documentos da empresa ao chefe de operações (empresa A) e ao responsável pela segurança de vôo (empresa B), pois ambos tinham acesso às publicações e autorização para disponibilizá-las. Na empresa A, todos os documentos foram disponibilizados em formato eletrônico, o que permitiu sua análise, fora das dependências da empresa. Também foi possível analisar um boletim periódico com informações diversas sobre a empresa e disponibilizadas a todos os funcionários. Já outros documentos, relativos à segurança de vôo, como o relatório de prevenção, não foram pesquisados, porque a empresa não possui nenhum relatório preenchido armazenado nas dependências da empresa.

Já na empresa B, somente alguns documentos foram disponibilizados em formato eletrônico, como o MGO, MGM e PPAA. Os demais foram consultados nas dependências da empresa, pois não poderiam ser retirados das dependências. Além dos documentos solicitados, o pesquisador teve acesso ao boletim interno periódico, o qual divulga informações sobre segurança de vôo, bem como teve acesso a alguns relatórios de prevenção, expostos no mural de informações.

Em seguida, foram levantados os dados referentes ao subsistema técnico. Para a coleta destes dados foi utilizado o formulário C, cujo objetivo era orientar a análise das aeronaves, estruturas e equipamentos, através de observações e entrevistas. Na empresa A, um dos tripulantes auxiliou o pesquisador, mostrando e descrevendo as estruturas da empresa, bem como as aeronaves. Na empresa B, o acompanhamento foi realizado por um dos tripulantes também e complementado pelo mecânico.

Como última etapa da coleta de dados, prosseguiu-se às entrevistas. Cada funcionário, independente do cargo ocupado, foi entrevistado, segundo a disponibilidade e

o agendamento. Em todas as entrevistas foram utilizados três diferentes formulários: iniciaram-se com o formulário B, para coletar dados sobre os entrevistados, seguindo com o formulário D, utilizado para coletar, principalmente, os dados sobre as atividades desempenhadas. Por fim, aplicou-se o formulário E, no qual levantou dados sobre os princípios da ER.

Iniciou-se, preferencialmente, pelo coordenador de vôo, já que o mesmo tem uma visão ampla de todos os processos da empresa, mais especificamente, o processo de vôo, desde o primeiro contato com o cliente até o pós-vôo. Em seguida, foram entrevistados os pilotos, co-pilotos e mecânicos. Conforme explicado anteriormente, alguns tripulantes e mecânicos também ocupam cargos de direção e, por este motivo, os mesmos responderam à entrevista sob o ponto de vista operacional e de direção. Por último, foram entrevistados os demais funcionários de cargo de direção.

As entrevistas foram programadas em conjunto com os funcionários e suas disponibilidades. A relação de entrevistados na empresa A é apresentada na figura 18.

Funcionário	Funções		Entrevistado?
Funcionário I	Auxiliar Financeiro		Não
Funcionário II	Gerente Financeiro		Não
Funcionário III	Gerente de Marketing		Sim
Funcionário IV	Auxiliar de Manutenção		Não
Funcionário V	Inspetor de Manutenção	Diretor de Manutenção	Sim
Funcionário VI	Mecânico de Aeronaves		Sim
Funcionário VII	Comandante		Não
Funcionário VIII	Comandante	Diretor Geral	Sim
Funcionário IX	Comandante	Diretor de Operações e Piloto Chefe	Sim
Funcionário X	Comandante		Sim
Funcionário XI	Coordenador de Vôo		Sim
Funcionário XII	Co-piloto		Sim
Funcionário XIII	Co-piloto		Sim
Funcionário XIV	Co-piloto	Responsável pela Segurança de Vôo	Sim
Funcionário XV	Co-piloto		Não

Figura 17 - Distribuição dos funcionários entrevistados ou não da empresa A

A partir da figura 18, é possível verificar que a empresa A conta com um total de quinze funcionários. Desses, foram entrevistados dez, representando 66,67% do total. As razões que levaram cinco funcionários a não serem entrevistados foram as seguintes: (a) os funcionários I e II realizam atividades de pagamento de contas e recebimentos pelos serviços, não sendo de interesse da pesquisa em entrevistá-los pela escassez de tempo; (b)

o diretor-presidente não foi entrevistado, mesmo tendo sido averiguado a possibilidade de realização da entrevista; (c) os funcionários IX e X são contratados pela empresa como comandante e co-piloto, respectivamente. Entretanto, os dois são alocados para voar uma aeronave que não faz parte da frota da empresa. A empresa A também presta serviços de gerenciamento de aeronaves, que consiste em disponibilizar a aeronave em termos de manutenção, documentação e equipe de vôo para o proprietário da aeronave. A empresa possui uma tripulação que é alocada somente para voar uma dessas aeronaves, um tipo específico que difere bastante das demais aeronaves da empresa. Por este motivo, ambos não foram entrevistados, uma vez que os mesmos não participam das operações de táxi aéreo da empresa.

Da mesma forma, as entrevistas na empresa B foram realizadas, segundo a disponibilidade dos funcionários e a pertinência da participação. A relação dos entrevistados encontra-se na figura 18.

Funcionário	Funções		Entrevistado?
Funcionário I	Assistente de Operações	Coordenador de Vôo	Sim
Funcionário II	Auxiliar de manutenção		Não
Funcionário III	Comandante	Chefe de Manutenção	Sim
Funcionário IV	Comandante	Chefe de Operações e Piloto Chefe	Sim
Funcionário V	Comandante	Treinamento	Sim
Funcionário VI	Comandante		Sim
Funcionário VII	Co-piloto		Sim
Funcionário VIII	Co-piloto	Responsável pela Segurança de Vôo	Sim
Funcionário IX	Mecânico	Inspetor de Manutenção	Não
Funcionário X	Técnica de Controle Técnico da Manutenção	Biblioteca Técnica	Sim
Funcionário XI	Diretor geral		Não

Figura 18 – Distribuição dos funcionários entrevistados ou não da empresa B

A empresa B conta com um total de onze funcionários, distribuídos nas funções apresentadas na figura 18. Desses, foram entrevistados oito, representando 80% do total de funcionários. Apenas dois funcionários não foram entrevistados, pois os mesmos não se prontificaram a realizar a entrevista. Esses funcionários desempenham atividades operacionais no departamento de manutenção.

Assim como ocorrido na primeira empresa, não foi possível entrevistar o diretor geral (funcionário XI). Apesar de ter sido solicitado o agendamento da entrevista, o fato do diretor não ficar presente fisicamente na empresa, e de responder por outras empresas, não

possibilitou a realização da entrevista. Tal restrição, possivelmente, dificultou a análise dos dados relativos ao princípio do comprometimento da alta direção.

#### 3.2.3.4 Apresentação e validação dos resultados

Após a coleta dos dados, as informações foram analisadas preliminarmente e os resultados foram apresentados aos funcionários das empresas. Segundo Guimarães (2006b), a apresentação e validação dos resultados, junto aos funcionários, têm por objetivo corroborar e/ou alterar os dados coletados, a fim de garantir um consenso entre os funcionários e os pesquisadores. Nesse momento, também são esclarecidos fatos, idéias não claras, ou dúvidas, tanto do pesquisador, quanto dos funcionários. A validação dos resultados foi realizada junto a todos os integrantes da empresa, incluindo os funcionários que optaram por não participar das entrevistas. Entretanto, tal fato não prejudicou a coleta de dados ou os resultados.

#### 3.2.4 Análise conjunta dos dados

Uma vez que os dados foram coletados, a partir dos instrumentos de coleta de dados, prosseguiu-se para a análise. As transcrições das entrevistas permitiram a aplicação das técnicas de análise de conteúdo, conforme proposto por Bardin (1977). Uma dessas técnicas é a identificação e recorte de palavras, expressões, frases ou sentenças cujo significado reflete o objeto de estudo. Nesse sentido, todas as sentenças, cujo valor semântico estava relacionado às perguntas dos formulários foram recortadas das respostas transcritas.

Para cada pergunta realizada, as respostas dos diferentes entrevistados foram dispostas lado a lado, permitindo comparações. Um exemplo de aplicação pode ser visualizado na figura 19, no qual mostra a estrutura de análise utilizada considerando as perguntas do formulário E (avaliação dos princípios da ER), relacionadas ao princípio da aprendizagem. Essa ferramenta objetivou facilitar a compreensão dos dados coletados e verificar a percepção de cada respondente, a partir das concordâncias e discrepâncias entre suas respostas. Como resultados, foram identificados os padrões reais de funcionamento da empresa e as fontes de resiliência e fragilidade.

Princípio	Característica	Pergunta	Entrevistado 01	Entrevistado 02	Etc.
Aprendizagem	Fluxo de informações	A empresa costuma realizar reuniões? Quem participa? Como vocês trocam informações sobre a operação de vôos, manutenção das aeronaves e etc. entre si?			
	Procedimentos documentados	Há procedimentos documentados? Para quais atividades há esses procedimentos? Como esses procedimentos são atualizados? Quem é responsável por atualizá-los? Quais situações que necessitam a mudança nos procedimentos?			
	Sistema de reportes de segurança	Você sabe da quantidade de reportes de segurança preenchidos? Como você avalia essa quantidade? As informações contidas neles são disseminadas a todos? Você sabe como funciona o sistema de relatos? Você se sente estimulado para relatar? Por quê? Qual o critério de escolha para definir um evento reportável ou não? Dê exemplos de eventos que valem a pena ser relatados e eventos que não valem a pena.			

Figura 19 – Exemplo da planilha de análise das entrevistas realizadas para analisar a extensão dos princípios da ER

### 3.2.5 Análise das fontes de fragilidade e resiliência

Após a identificação das fontes, prosseguiu-se para análise. Considerando a revisão da literatura foi possível destacar algumas características associadas às fontes de fragilidade e à resiliência. Dessa forma, foi desenvolvida uma estrutura analítica para cada fonte identificada. Fontes de fragilidade são todos os fatores, práticas ou elementos contidos no sistema que evidenciam falhas e limitações da organização ao lidar com a complexidade, podendo causar colapsos ou eventos indesejados. Já, as fontes de resiliência são definidas como qualquer fator, prática ou elemento contido no sistema que evidencia como a organização lida com a complexidade, garantindo a continuidade de suas operações.

As características das fontes de fragilidade utilizadas na análise são: a) consequência: cada fonte de fragilidade possui consequências associadas às operações, que, de alguma forma, resultam em constrangimento no trabalho dos operadores; b) como os operadores lidam: para cada constrangimento imposto na realização do trabalho, a partir das consequências da fragilidade, os operadores adotam meios de lidar, diminuindo sua influência e alcançando os objetivos de seus trabalhos (VICENTE, 1999; GOMES *et al.*, 2009); c) princípios da ER não seguidos ou prejudicados: cada fonte está associada a incapacidade da empresa em lidar com a complexidade considerando os diferentes princípios da ER. A situação, relativamente mais grave, ocorre quando todos os princípios foram fortemente prejudicados (COSTELLA *et al.* 2009); d) Regularidade: segundo

Westrum (2006), as ameaças as quais um sistema está exposto, podem ser classificados segundo sua regularidade. Da mesma forma, a incapacidade do sistema em lidar com as ameaças possui uma regularidade, podendo ser regular, irregular ou inesperada. As categorias consideram o período de tempo no qual ela foi reconhecida ou identificada; e) potencial de causar danos: Westrum (2006) também avalia as ameaças, segundo sua capacidade de causar danos. Nesse caso, a fragilidade em lidar com a ameaça revela seu potencial de permitir a ocorrência da ameaça, podendo ser de pequeno ou grande dano; e) formalmente planejadas ou emergentes: uma fonte de fragilidade formalmente é aquela no qual a empresa adota como prática ou consiste na incoerência entre o projeto da empresa e as ameaças as quais ela está exposta. A fonte informal consiste em uma ação ou prática ou o modo de realizar o trabalho, mas que toda empresa não possui conhecimento, ou ainda, quando a empresa não a reconhece, mas a pratica (WOODS, 2006a); e f) origem: interna ou externa, em relação aos limites da empresa, e, no caso das fontes de origem interna, se surgiu por ações da direção/ gerência ou dos operadores (HOLLNAGEL, 2004; WESTRUM, 2006).

A estrutura de análise pode ser visualizada na figura 20.

Fontes de fragilidade	Conseqüência	Como os operadores lidam?	Princípio(s) da ER não seguidos ou prejudicados	Regularidade	Potencial imediato de causar danos	Emergente ou formal?	Origem

Figura 20 – Estrutura de análise utilizada para caracterizar as fontes de fragilidade

As fontes de resiliência foram analisadas, segundo as seguintes categorias: a) fonte de fragilidade ou constrangimento associado: para cada fonte de resiliência, identificada na empresa, há algum constrangimento ou uma fonte de fragilidade associada, entendidas como resultado prático da complexidade inerente do sistema e de seu meio. Sugere-se, com isso, que as características da resiliência da empresa pressupõem a forma como a empresa lida com a complexidade e, conseqüentemente, com o resultado dessa complexidade; b) princípios da ER vinculados ou ativados pela fonte de resiliência: cada fonte revela qual dimensão da ER, ou seja, o princípio está sendo desenvolvido ou ativado. Como situação desejável, cada fonte de resiliência deveria ter forte impacto em todos os princípios da ER (COSTELLA *et al.* 2009); c) ênfase da fonte: identificação se a ênfase da fonte é reativa,

preventiva ou preditiva. Enquanto, no primeiro caso a fonte atua para controlar os impactos e/ou recuperar o controle operacional após a ocorrência de um acidente ou incidente, o segundo atua para evitar um evento indesejado (acidente, incidente, quase-acidente...); o terceiro é a tentativa de garantir o trabalho e a operação normal, mesmo com os constrangimentos; é possível que a mesma fonte possua mais de uma ênfase associada (WESTRUM, 2006; ICAO, 2009); d) formalmente planejadas ou emergentes: uma fonte formalmente planejada é aquela no qual a empresa a difunde e garante que todos os funcionários a conheçam, por meio de documentos ou treinamentos. Já, a informal, é a fonte restrita a um grupo de operadores, ou a empresa não tem conhecimento de sua existência, ou ainda, quando a empresa não a reconhece e não procura difundir-la (WOODS, 2006a); e e) origem interna da fonte: a fonte originou-se a partir de iniciativas dos operadores (*sharp end*) ou da alta direção (*blunt end*) (WOODS *et al.*, 1994; HOLLANGEL, 2004; WESTRUM, 2006); como a estrutura hierárquica das empresas de táxi aéreo analisadas possuem apenas dois níveis, a alta direção será considerada como os cargos de diretor-geral, presidente ou a *holding* controladora; já os operadores são considerados todos os demais funcionários operacionais, inclusive aqueles que desempenham funções gerenciais, como o chefe ou diretor de manutenção e de operação (WELLS; CHADBOURNE, 2003).

A estrutura de análise das fontes de resiliência pode ser visualizada na figura 21.

Fontes de resiliência	Fonte de fragilidade ou constrangimento associado	Princípios da ER ativado ou desenvolvido	Qual a ênfase da fonte frente às ameaças?	Emergente ou formal?	Origem interna

Figura 21 – Estrutura de análise utilizada para caracterizar as fontes de resiliência

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 ESTUDO DE CASO NA EMPRESA A

#### 4.1.1 Caracterização do sistema sócio-técnico complexo

##### 4.1.1.1 Histórico

A empresa A possui 40 anos de existência como prestadora de serviços aéreos, tendo passado por muitas mudanças. Inicialmente, contava com três aeronaves bimotoras a pistão, de fabricação americana. No início da década de 70, a empresa fez um acordo comercial para tornar-se representante de um fabricante de aeronaves a pistão, o que permitiu a atualização e renovação de sua frota. Nesse período, uma instituição de formação de tripulantes foi incorporada às suas instalações, tornando-a como uma das principais escolas de formação de pilotos de avião, na região sul do Brasil.

No final da década de 70, a empresa incorporou mais aeronaves à sua frota, desde aeronaves bimotoras a pistão até aeronaves a jato, passando a oferecer serviços de transporte aéreo por demanda. Em 1995, a frota foi reduzida, composta por apenas três aeronaves de motor a pistão, as mesmas que fazem parte da frota atual de aeronaves.

Em 2006, a empresa passou por mudanças no controle acionário. O novo administrador focou os serviços oferecidos, transportes de passageiros, cargas e remoções aeromédicas a clientes corporativos. Os serviços de hangaragem de aeronaves, manutenção e o gerenciamento de aeronaves de terceiros são atividades secundárias oferecidas. Não foram disponibilizados dados sobre a participação de cada uma dessas atividades para o faturamento da empresa.

##### 4.1.1.2 Subsistema Social

A empresa conta com 15 funcionários, dos quais apenas 10 participaram da pesquisa. A figura 22 apresenta a relação dos funcionários entrevistados e suas funções.

Funcionário	Função ou Funções	
Funcionário III	Gerente de Marketing	
Funcionário V	Inspetor de Manutenção	Diretor de Manutenção

Funcionário VI	Mecânico de Aeronaves		
Funcionário VIII	Comandante	Diretor Geral	
Funcionário IX	Comandante	Diretor de Operações	Piloto Chefe
Funcionário X	Comandante		
Funcionário XI	Coordenador de Vôo		
Funcionário XII	Co-piloto		
Funcionário XIII	Co-piloto		
Funcionário XIV	Co-piloto	Responsável pela Segurança de Vôo	

Figura 22 – Função dos funcionários entrevistados na empresa A

Os dados apresentados na figura 22 mostram que alguns funcionários desempenham mais de uma função (por exemplo, o diretor geral também é comandante). Em grande parte, a multifuncionalidade é justificada pela sazonalidade das demandas de vôo, fazendo com que cada um dos pilotos também desempenhe outras funções na empresa, como é o caso do diretor de operações (funcionário IX), por exemplo, e pela pequena estrutura da empresa, pois, segundo o diretor geral, com uma estrutura enxuta é inviável financeiramente contratar um funcionário por função, devido aos encargos por pessoa. A própria legislação que rege o funcionamento de uma empresa de táxi aéreo (BRASIL, 2005a) permite que um funcionário ocupe funções operacionais e gerenciais ao mesmo tempo, desde que a demanda de vôo permita essa concomitância.

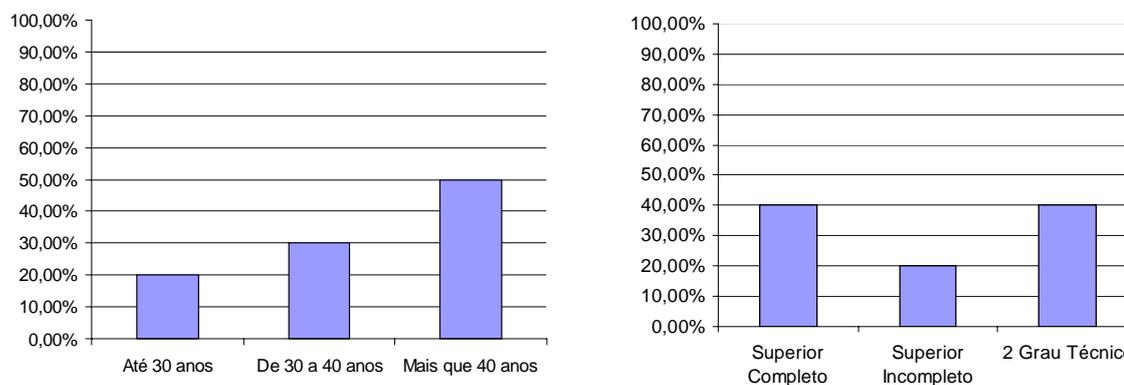


Figura 23 - Esquerda: distribuição dos funcionários da empresa A por idade. Direita: distribuição dos funcionários da empresa A pelo nível de educação formal

Com relação à idade, figura 23, metade dos entrevistados possui mais de 40 anos de idade, enquanto 30% possuem entre 30 e 40 anos e somente 20% possuía menos de 30 anos. A média de idades da empresa é de 40 anos, com um desvio padrão de

aproximadamente 11 anos. Esses números mostram a grande diferença de idades entre os funcionários; o mais novo possui 24 e o mais velho 59 anos.

Já, em relação ao nível de educação formal, mais da metade (60%) dos entrevistados relatou ter ou estar concluindo algum curso superior. Contudo, há funcionários que ocupam cargos gerenciais e/ou são comandantes de aeronaves e possuem apenas o segundo grau técnico. Tal fato evidencia que o curso superior não é requisito mínimo para ocupação de cargos gerenciais ou da alta administração, conforme a legislação vigente (BRASIL, 2005a). Os requisitos para a ocupação dos cargos são: experiência de voo (horas de voo); e o tempo de trabalho em outras empresas, ao invés do curso superior. Da mesma forma, alguns funcionários que possuem curso superior ocupam apenas funções operacionais, como os co-pilotos e o coordenador de voo.

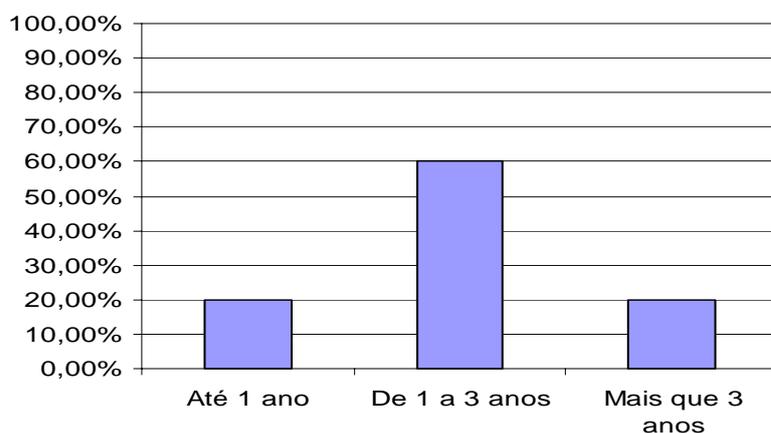


Figura 24 - Tempo de serviço dos funcionários da empresa A

O último dado diz respeito ao tempo de serviço (figura 24), revelando que 60% dos entrevistados possuem entre 1 e 3 anos na empresa. O restante dos entrevistados está trabalhando há menos de 1 ou mais de 3 anos (ambos com 20%). A média de tempo de serviço é de 3 anos, com um desvio padrão de 4 anos.

Entre os dados que justificam os altos valores da média e do desvio padrão está o fato de que um dos funcionários está há mais de 15 anos na empresa. Ele ingressou na empresa aos 17 anos como auxiliar de manutenção de aeronaves e, paralelamente, formou-se piloto de avião. Ao finalizar o curso, foi efetivado como co-piloto, função desempenhada desde o início de 2008.

O pequeno número de funcionários há mais de 3 anos indica que a taxa de rotatividade dos funcionários é alta, fato corroborado nas entrevistas. Essa taxa, segundo o

diretor de operações, é influenciada por três fatores: a) baixos salários; b) defasagem tecnológica das aeronaves operadas; e c) baixa quantidade de horas de voo realizadas por mês.

Os funcionários relataram que os salários na empresa são baixos, se comparados a outras empresas de táxi aéreo na mesma região, e ainda mais baixos, se comparados a empresas de transporte aéreo regular. Este aspecto faz com que os tripulantes aspirem outras empresas de táxi aéreo ou de transporte aéreo regular. A empresa é tida, portanto, como um trabalho momentâneo.

Aeronaves a pistão são consideradas pelos tripulantes como equipamentos de baixa complexidade e que não “[...] agregam valor às horas de voo”, conforme o relato de um dos comandantes. De fato, a experiência nesse tipo de aeronave não capacita o piloto a operar aeronaves de maior complexidade, dificultando a contratação do mesmo por grandes empresas aéreas que operam aeronaves comerciais de grande porte, por exemplo.

A empresa possui baixa demanda de voo, tornando difícil o acúmulo de horas necessárias para que o co-piloto torne-se comandante. Um dos co-pilotos explica que se considerar um co-piloto recém formado e uma quantidade média de 30 horas de voo por mês, para atingir as 3.000 horas de voo necessárias para se tornar comandante, o co-piloto teria que voar durante vários anos.

Pelos motivos anteriores, o diretor de operações relatou que a maior parte dos pilotos considera o trabalho na empresa como um período para adquirir experiência de voo e prosseguir para uma empresa de transporte aéreo regular ou outra empresa de táxi aéreo. O mesmo ainda reconhece que as empresas de transporte aéreo regular constituem um mercado de trabalho mais atraente, em termos de equipamentos operados, salários e *status*, sendo difícil equiparar as condições oferecidas e reter a mão de obra.

Entretanto, no período em que essa pesquisa foi realizada a aviação comercial regular não vinha tendo um crescimento expressivo de demanda, o que pode levar a manutenção dos atuais pilotos por um tempo superior ao usual, de acordo com um dos co-pilotos da empresa.

Em relação aos critérios de seleção, para o cargo de comandante, o candidato deve possuir experiência mínima de 3.000 horas de voo totais, independente do tipo de aeronave. Já os cargos de co-pilotos são ocupados por profissionais de pouca experiência, sendo a maior parte deles pilotos recém formados com poucas horas de voo. Os próprios tripulantes da empresa, quando requisitados, expressam sua opinião em relação aos

candidatos, porém não têm poder de decisão. Em última instância, o proprietário da empresa avalia o candidato para aprovar, ou não, sua contratação.

Os cargos de direção são ocupados por profissionais que atendem os requisitos da legislação brasileira (BRASIL, 2005a). Uma característica importante é que a empresa prefere alocar nesses cargos os funcionários que também desempenham funções operacionais, como o diretor de operações, comandante, e o diretor de manutenção, o supervisor da manutenção. Embora, não tenham sido coletados dados precisos, acerca do tempo de experiência dos entrevistados na aviação, os relatos indicaram que os funcionários que ocupam cargos de direção, de operações e de manutenção, possuem, pelo menos, 2 anos de experiência. No caso do primeiro, ainda é preciso grande experiência de vôo, no mínimo 3.000 horas de vôo e, necessariamente, deve ser comandante de uma das aeronaves.

Da mesma forma, o cargo de responsável pela segurança de vôo precisa, necessariamente, ser ocupado por um co-piloto ou comandante. Este, por sua vez, deve possuir um certificado emitido pelo órgão responsável pela segurança de vôo no país (CENIPA) após realizar um curso (certificado de EC-prev). Já os critérios para a seleção de funcionários, para ocupar os demais cargos, não estão estabelecidos explicitamente. A avaliação é subjetiva e realizada pela alta direção e não consta em nenhum manual ou documento formal da empresa.

#### 4.1.1.3 Subsistema Técnico

A empresa possui um hangar localizado dentro de um sítio aeroportuário, na região sul do país, com capacidade para abrigar aeronaves próprias, de terceiros e a estrutura administrativa, operacional e de manutenção da empresa. A função primária do hangar é proporcionar cobertura para as aeronaves, evitando a oxidação dos sistemas eletrônicos por ação da umidade do ambiente e da chuva, bem como o acúmulo de detritos em componentes críticos.

Dentro do hangar, há salas onde os funcionários encontram os recursos necessários para desempenhar suas funções. Há salas para o setor de manutenção, operações, financeiro, coordenação de vôo e alta gerência. Os tripulantes dispõem da sala da coordenação de vôo para a preparação do vôo (impressão de cartas, acesso à internet e às informações meteorológicas, etc.).

Há, também, instalações para recepção dos clientes, onde esses podem aguardar para realizar o vôo. Além de servir como ambiente de espera, a sala tem por objetivo

reduzir a ansiedade do passageiro ao proporcionar meios de distração (lanches, revistas, televisão, *internet*, etc.).

A empresa possui três aeronaves bimotoras a pistão, as quais somente conseguem realizar vôos de curta distância sem a necessidade de abastecimento de combustível em um aeroporto intermediário. As aeronaves não voam a mais de 10.000 pés de altitude, pois não possuem sistemas de pressurização ou de oxigênio suplementar. Duas das três aeronaves são do mesmo modelo e estão configuradas para transportar até sete passageiros, cargas e realizar remoções aeromédicas. Já, a aeronave de outro modelo tem uma capacidade menor, pois está configurada para transportar somente passageiros (no máximo cinco).

Aeronaves desse tipo são consideradas de baixa complexidade, conforme Wells e Chadbourne (2003). Do ponto de vista operacional, os tripulantes as caracterizam como fáceis de operar, pois voam em velocidades baixas, permitindo um maior tempo para execução das ações. Como a maior parte dos vôos é realizada com referências ao solo e ao horizonte terrestre (vôo VFR), não há necessidade de inferir sobre a posição da aeronave a partir dos instrumentos de navegação. Complementarmente, as aeronaves voam a baixas altitudes e operam em pistas pequenas, sem a pavimentação adequada. Do ponto de vista da manutenção, a baixa quantidade de componentes e de sistemas facilita a execução das inspeções, manutenções corretivas e preventivas.

Todas as aeronaves foram adquiridas pela empresa na década de 70 e, desde então, não foram atualizadas, com exceção da incorporação de um aparelho de GPS. Em função da defasagem tecnológica, os pilotos consideram a frota obsoleta e não confiável, principalmente, os instrumentos de navegação, necessários para realizar vôos sob regras de vôo por instrumentos (IFR). Durante os vôos, há a necessidade de, freqüentemente, verificar se as informações disponibilizadas pelos instrumentos de navegação estão coerentes com as informações disponibilizadas pelo equipamento de GPS.

Apesar de todas as aeronaves possuírem um aparelho de GPS, a sua utilização como fonte primária de informações não é autorizado pela ANAC, ou seja, há necessidade do vôo ser realizado pelos instrumentos de navegação, cabendo ao GPS servir como fonte de informação auxiliar. Entretanto, na prática, os pilotos reconhecem que entre utilizar indicadores não confiáveis e um sistema de GPS, eles priorizam a utilização do GPS.

Embora o GPS seja um bom auxílio ao vôo por instrumentos, os aparelhos comprados pela empresa não permitem que os tripulantes cumpram os perfis de vôo determinado pelas cartas de vôo por instrumento (perfil de subida, aproximação e descida). Essa limitação faz com que os pilotos consultem as informações dos instrumentos de vôo e

as do GPS regular e alternadamente, procurando atualizar as primeiras com as informações da segunda.

Outra defasagem percebida nas aeronaves é a indisponibilidade do piloto automático. Por apresentarem constantes falhas mecânicas em todas as aeronaves, o piloto automático permanece desligado. Segundo o relato dos co-pilotos, eles mesmos são os responsáveis pelo controle da aeronave em cruzeiro para manter a altitude, a velocidade e o destino, o que gera insatisfação, pois as ações são muito simples e cansativas. Os mesmos apelidaram essa função como “[...] co-piloto automático”.

A empresa possui equipamentos para a comunicação entre os funcionários no solo e em vôo. O coordenador de vôo (no solo) e os pilotos têm a sua disposição um rádio de comunicação VHF, uma linha telefônica e quatro celulares. Devido ao baixo alcance, o rádio VHF somente é utilizado quando a aeronave já está próxima do aeroporto, geralmente quando a aeronave já está no solo e se dirigindo ao hangar. Nas demais situações, os tripulantes se comunicam com o coordenador de vôo a partir de telefones celulares, os quais são disponibilizados somente aos comandantes. Como todo vôo é conduzido por, pelo menos um comandante, sempre há a possibilidade de contato entre o(s) piloto(s) e a coordenação de vôo.

Como equipamentos de informação, a empresa utiliza computadores com acesso à *internet*, manuais de informação aeronáutica, tais como cartas de vôo por instrumento e cartas de vôo visuais, e cartas de navegação. Ainda há softwares para planejamento da rota do vôo, atualização das cartas de vôo por instrumento, determinação dos custos do vôo e informações sobre aeroportos. A disponibilidade da *internet* ainda permite o acesso a *sites* oficiais sobre informações meteorológicas e informações atualizadas sobre os aeroportos.

#### 4.1.1.4 Organização do Trabalho

A empresa A é responsável por todos os processos inerentes ao vôo. Há somente dois serviços que são contratados: limpeza e conservação do hangar e contabilidade. A representação dos processos pode ser visualizada na figura 24.

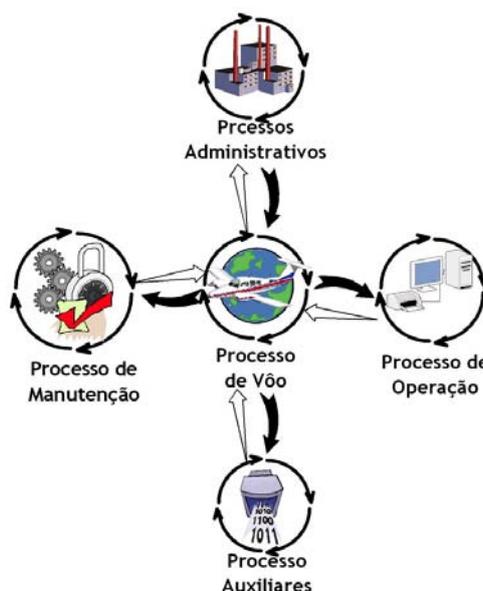


Figura 25 – Processos executados pela empresa A

O primeiro aspecto que viabiliza as operações na empresa são as demandas de vôo, cuja previsibilidade depende do tipo de cliente. Há clientes cuja demanda pode ser prevista com um grau maior de certeza, pois o mesmo solicita vôos em determinados períodos do ano (férias escolares, por exemplo) para as mesmas localidades. A demanda de outros tipos de clientes é mais difícil de prever, principalmente, aqueles que voam com pouca regularidade. Esse cliente ainda acrescenta uma variabilidade nas operações, pois os aeroportos de destino geralmente não são os mesmos que os tripulantes estão acostumados a operar. Quando há vôos para atender este último tipo de cliente, os tripulantes relataram ter que realizar um planejamento mais detalhado do vôo e, em algumas situações, eles relataram não saber se a localidade possui condições mínimas para comportar a aeronave. Não foi possível ter acesso às informações sobre as demandas de vôo dos períodos anteriores e verificar quais são as localidades menos operadas e as mais operadas e, por esse motivo, inviabilizou a distribuição da demanda por período do ano, aeroportos operadores e tipos de clientes.

Apesar de haver um banco de dados relativos aos vôos realizados nos últimos dois anos, conforme relatou o diretor geral, não é realizada uma previsão da demanda. Os funcionários realizam avaliações subjetivas, conforme o relato de um dos comandantes. Há períodos no ano no qual são realizados vôos todos os dias e, em outros períodos, os tripulantes ficam de 15 a 20 dias sem realizar vôos. Contudo, de acordo com o diretor geral, cerca de 50% dos vôos em um ano são realizados para clientes regulares.

Para atender as demandas de vôo, a empresa conta com um processo chave: o processo de vôo. Ele é um dos responsáveis por gerar a receita e consiste de dez etapas: venda do vôo (negociação), planejamento e preparação para o vôo, embarque, decolagem, subida, vôo em rota, descida, aproximação, pouso e desembarque do cliente. O término do vôo é avisado pelo comandante ao coordenador de vôo, e este encaminha a cobrança ao setor financeiro. A empresa também realiza vôos especiais, como o transporte aeromédico. Nessa situação, uma equipe médica especializada, previamente definida e contratada, é chamada para acompanhar o vôo.

O processo de vôo possui uma interface com o processo de operação, cujo responsável é o diretor de operações. Incluem-se nesse processo as atividades de treinamento, capacitação e seleção de tripulantes, atualização dos procedimentos de operações (incluindo os procedimentos de vôo), gerenciamento da escala de vôo, determinação dos pagamentos dos tripulantes.

O processo de vôo possui interface também com o processo de manutenção, cujo responsável é o diretor de manutenção. Uma vez homologada pela autoridade aeronáutica na prestação de serviços de manutenção, a empresa pode realizar todas as manutenções de suas aeronaves e de terceiros. Para isso, basta que a empresa possua mecânicos treinados e capacitados, manuais e ferramentas para cada tipo de aeronave manutenível.

Já o processo auxiliar consiste nas atividades de guarda e movimentação das aeronaves no solo, abastecimento de combustível e comissaria (bebidas, comidas e produtos de higiene). Todas essas atividades são realizadas por empresas contratadas. A limpeza das aeronaves, a organização e atualização dos documentos e manuais ficam a cargo dos co-pilotos.

Os processos administrativos são desempenhados pela própria empresa, através do setor financeiro que conta com dois funcionários. Suas principais atividades são: o pagamento de salários, fornecedores e impostos, cobrança, contabilidade, propaganda e marketing.

Tendo em vista atender aos requisitos da legislação, a empresa possui um setor responsável pela segurança de vôo composto apenas por uma pessoa, capacitado como EC-Prev. Este setor planeja as atividades relacionadas à segurança de vôo, operacionaliza o sistema de relatos de segurança, realiza auditorias e, ainda, é o responsável pela investigação interna de ocorrências de solo, incidentes e acidentes. Segundo as prerrogativas estabelecidas no PPAA, este setor deve assessorar a alta direção sobre quaisquer assuntos relacionados à segurança de vôo da empresa.

Para cumprir os processos anteriores, a empresa possui uma estrutura hierárquica, conforme a legislação brasileira (BRASIL, 2005a). Essa estrutura é apresentada no organograma da figura 25.

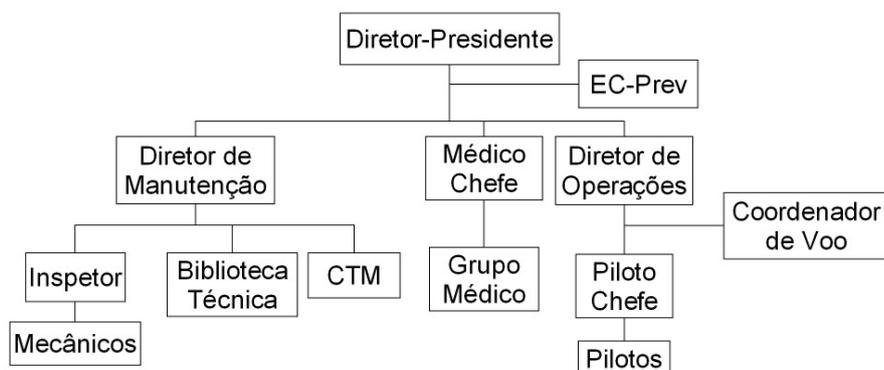


Figura 26 – Organograma da empresa A conforme o MGO

O organograma mostra que a empresa conta com três funcionários, diretamente subordinados à alta direção, que por sua vez é assessorada pelo responsável pela segurança de vôo. O único grupo de funcionários que não está alocado dentro das instalações da empresa é o de remoções aeromédicas, que compreende as funções de médico chefe e subordinados. Tais funcionários são terceirizados e somente são acionados quando há a necessidade de realizar um vôo de remoção aeromédica.

Contudo, com base nas observações e entrevistas, foi possível perceber que a real distribuição hierárquica da empresa, em termos de funções, não coincide com o organograma apresentado nos manuais. A real distribuição hierárquica, conforme percebida pelo pesquisador, não foi validada junto aos representantes da empresa, por não ter sido possível agendar a reunião de apresentação e validação dos dados. De qualquer forma, a distribuição é apresentada na figura 26.

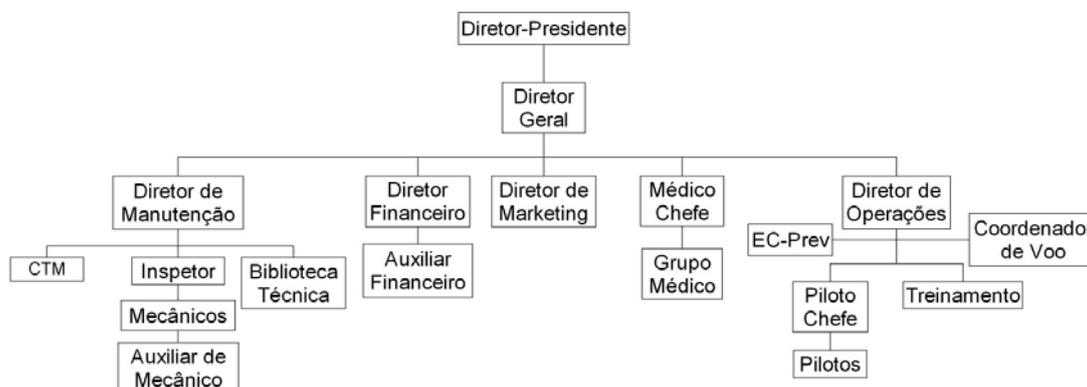


Figura 27 – Real distribuição hierárquica da empresa A

Foram identificadas grandes diferenças entre os processos prescritos e os processos reais. Em diversas situações, a dinâmica linear, projetada e formalizada nos documentos, não é possível de ser cumprida. Por exemplo, embora a empresa seja autorizada pela ANAC a realizar vôos visuais e por instrumento e os manuais possuam procedimentos relativos a esta operação, os vôos somente são realizados se a condição meteorológica propiciar o vôo visual. Sabendo desse aspecto, antes de vender o vôo ao cliente, o coordenador de vôo contata os tripulantes para certificar-se de que o vôo poderá ocorrer.

Para lidar com essas diferenças, a empresa se organiza informalmente. Quando comparado ao organograma prescrito, há diferenças substanciais na estrutura organizacional encontrada na empresa. Por exemplo, apesar de constar no organograma da empresa, foi identificado o cargo de diretor de marketing, responsável pela divulgação da imagem da empresa no mercado e pela prospecção de novos clientes. O coordenador de vôo afirmou não conhecer muito esse cargo e não ter muito contato, apesar de estarem fisicamente próximos. Logo após a ocorrência do acidente, esse cargo foi extinto, mas não foi divulgado o motivo.

Outro exemplo reside no fato do diretor-presidente, dono da empresa, não atuar diretamente nas operações. Ele é representado pelo diretor geral nas funções diárias da empresa, o qual também desempenha função de comandante. Enquanto o diretor geral participa das operações diárias da empresa, inclusive atuando como piloto, o diretor presidente somente comparece à empresa aos sábados para uma reunião com todos os diretores. Esses dois cargos compõem a alta direção.

A real distribuição hierárquica revela, inclusive, um conflito de poder: o diretor geral também ocupa a função de comandante, o que o leva à condição de superior e subordinado, ao mesmo tempo, do diretor de operações. Segundo ele, essa é uma situação desconfortável, pois na prática não há subordinação quando o diretor de operações desempenha a função de comandante. Em algumas ocasiões, o diretor de operações não pode discutir alguns problemas de vôo, por se tratar do seu superior.

Também há contradições com relação ao setor responsável pela segurança de vôo. Segundo o responsável pela segurança de vôo, na prática, sua função é assessorar diretamente o diretor de operações, por possuir maior contato e por ser co-piloto. O mesmo reconhece que possui pouca ligação com os demais setores da empresa, exceto com os demais pilotos da empresa, pois há constantes trocas de informações informais sobre as condições de vôo e a situação operacional. O setor de manutenção, apesar da sua importância, não há interface com o setor de segurança de vôo.

Subordinados ao chefe de operações encontram-se os tripulantes, divididos em comandantes e co-pilotos. O co-piloto é o responsável por todas as atividades de preparação para o voo, exceto a consulta às informações sobre as condições meteorológicas e a logística do voo na chegada ao destino, cabendo ao comandante a realização dessas atividades e supervisão do co-piloto.

Cada co-piloto possui uma atividade extra: deve cuidar de uma das aeronaves da frota. Sua função é atualizar os manuais de informações aeronáuticas, manter a limpeza dos aviões e garantir que os manuais e as listas de verificações estejam dentro das aeronaves. O objetivo é manter as aeronaves prontas para realizar os voos a qualquer momento. Como essas atividades são simples, a frequência dos pilotos na empresa é baixa, caso não haja voos. Estas atividades não possuem prazos definidos, sendo possível realizá-las quando os tripulantes necessitarem ir à empresa por qualquer outro motivo.

A característica de multifuncionalidade é encontrada nos funcionários que ocupam o cargo de responsável pela segurança de voo, diretor de operações e diretor geral. A característica comum é que todos são tripulantes e desempenham funções administrativas. Por este motivo, tais funcionários possuem horários de trabalho e salários diferenciados. Assim como os demais tripulantes, esses funcionários estão disponíveis para realizar voos todos os dias, inclusive em horários não comerciais e finais de semana, mas as funções administrativas somente são realizadas nos horários comerciais e quando não há voos programados.

Os pilotos e demais tripulantes recebem um salário fixo e um adicional variável, proporcional ao número de horas de voo realizadas no mês. O valor variável representa metade do valor bruto do salário no final do mês, segundo os entrevistados.

Como parâmetro para a auto-organização das escalas, é considerado o número de horas que cada tripulante voou no mês. O coordenador de voo aloca o co-piloto e o comandante que possuem um menor número de quilômetros voados naquele mês, como forma de garantir um pagamento uniforme a todos os tripulantes.

A organização do trabalho dos demais funcionários de solo é diferente. Eles cumprem uma carga horária semanal de 40 horas em horários comerciais e a remuneração é fixa, independente do desempenho no final do mês.

Não há necessidade de realizar a alocação dos tripulantes por aeronave. Todas as aeronaves da empresa são da mesma categoria, o que torna desnecessário a realização de cursos para certificar a capacidade técnica de operação em cada aeronave. Sendo assim, todos os comandantes e co-pilotos são capacitados a operar qualquer uma das aeronaves.

Portanto, a empresa possui três comandantes e três co-pilotos, revezando-se em três aeronaves.

Atualmente, devido ao acidente ocorrido, a empresa perdeu uma das aeronaves e um dos comandantes pediu demissão. Essas alterações resultaram em mudanças no quadro de tripulantes e na frota, já que a empresa passou a contar com dois comandantes e três co-pilotos, distribuídos em duas aeronaves.

#### 4.1.2 Fontes de fragilidade

Na empresa A foram identificados onze fontes de fragilidades. As mesmas foram classificadas segundo categorias definidas previamente, e são apresentadas na figura 27.

Fontes de fragilidade	Conseqüência	Como os operadores lidam?	Princípio(s) da ER não seguidos ou prejudicados	Regularidade	Potencial imediato de causar danos	Emergente ou formal?	Origem	
1	Defasagem dos instrumentos de navegação e a utilização de GPS	Utilizam a estratégia de compensar as informações dos instrumentos de navegação a partir do GPS	A atenção dos pilotos está dividida entre duas fontes de informações incompletas e insuficientes e o há um conflito entre qual delas é a fonte primária	Flexibilidade, aprendizagem e comprometimento da alta direção	Regular	Grande	Formal	Interna e gerência
2	Diferentes graus de defasagens tecnológicas entre as aeronaves da empresa	Tentam realizar o voo na aeronave em melhor condição de voo e treinamento simulando situações de emergência	As aeronaves em piores condições podem apresentar emergências e panes durante um voo	Flexibilidade, aprendizagem, comprometimento da alta direção	Regular	Pequeno	Formal	Interna e gerência
3	Indisponibilidade do piloto automático	Os co-pilotos procuram realizar as atividades deles e as dos comandantes	Comprometimento da capacidade de atenção dos co-pilotos, ampliado pela sonolência e o cansaço físico	Flexibilidade, aprendizagem, comprometimento da alta direção	Regular	Pequeno	Formal	Interna e gerência
4	Falta de diretrizes claras para recusar a tarefa (recusa em realizar o voo)	Determinam os parâmetros informais para realização do voo	Dúvidas na decisão se o voo deve ser, ou não, realizado e transtornos aos pilotos	Flexibilidade, aprendizagem	Regular	Grande	Emergente	Interna e operadores e gerência
5	Pressão por produção pela alta direção	Solicitam um parecer de outro tripulante para tentar se justificar à alta direção	Influencia a decisão dos pilotos sobre a realização dos voos, principalmente quando há dúvidas sobre a real condição meteorológica	Flexibilidade, consciência, aprendizagem	Irregular	Grande	Emergente	Interna e gerência
6	Falta de procedimentos padronizados, documentados e atualizados	Realizam reuniões informais para determinar alguns padrões de voo	Não há possibilidade de consultar os procedimentos prescritos e falta de referência teórica para realizar o treinamento	Flexibilidade, aprendizagem	Regular	Pequeno	Emergente	Interna e gerência

7	Processo de seleção e contratação dos tripulantes e demais funcionários	Os pilotos tentam recusar o voo, quando não se sentem confortáveis com o outro tripulante indicado	Falta de coesão, entendimento e baixo troca de informações entre os tripulantes	Flexibilidade, aprendizagem, comprometimento da alta direção	Irregular	Pequeno	Formal	Interna e gerência
8	A importância dos recursos financeiros para a alta direção	Pouco comprometimento dos tripulantes com a empresa	Decisões favoráveis à produção, em detrimento da segurança, principalmente em relação à alocação de recursos financeiros	Consciência, comprometimento da alta direção	Regular	Pouco	Emergente	Interna e gerência
9	A estrutura hierárquica da empresa se baseia na multifuncionalidade	Procuram sempre revisar as ações do diretor-geral em voo, monitorando mais de perto suas ações	Conflito dos tripulantes de voo com o diretor-geral, um dos comandantes da empresa	Flexibilidade, consciência	Irregular	Grande	Formal	Interna e externa, operadores e gerência
10	Poucas informações sobre o desempenho de segurança da empresa	Os relatos sobre situações inseguras são realizados entre os próprios tripulantes	Dificuldade de saber sobre o real estado de segurança da empresa e poucas ações voltadas à segurança	Aprendizagem e consciência	Regular	Pouco	Emergente	Interna e externa, gerência
11	Os aeroportos mais operados pela empresa estão em condições operacionais ruins	Lista compartilhada sobre as condições de operação dos principais aeroportos utilizados pela empresa	Podem causar situações imprevistas e danos às aeronaves	Flexibilidade, consciência	Irregular	Grande	Emergente	Externa

Figura 28 – As 11 fontes de fragilidade identificadas na empresa A, analisadas segundo categorias pré-estabelecidas

A **primeira fonte de fragilidade** identificada diz respeito à defasagem dos instrumentos de navegação das aeronaves. Mesmo consideradas de baixa complexidade, as aeronaves possuem instrumentos de navegação defasados e não confiáveis. Quando há necessidade de realizar um voo sob as regras de voo por instrumento (IFR), os tripulantes conduzem as aeronaves pelos instrumentos de navegação, mas preferem dar mais atenção e confiança ao aparelho de GPS, gerando sobrecarga de trabalho.

A sobrecarga é gerada em momentos de decolagem ou pouso, quando é necessário, a partir das informações fornecidas pelas cartas de voo, conduzir a, monitorando o cumprimento dos procedimentos das cartas através dos instrumentos de navegação. Devido à baixa confiabilidade das informações fornecidas pelos instrumentos de navegação, os tripulantes passam a verificar no GPS se as informações estão coerentes. Os pilotos sentem-se desconfortáveis, pois em algumas ocasiões acabam esquecendo-se de consultar o GPS e continuam prestando atenção e controlando a aeronave apenas pelas informações dos instrumentos de navegação.

Um dos comandantes relatou um evento ocorrido durante um voo em uma localidade com grande tráfego de aeronaves. Ao se aproximar do aeroporto de destino, o controle de tráfego aéreo solicitou iniciar uma curva para uma direção específica. O comandante iniciou a curva baseando-se apenas em informações do instrumento de navegação que, naquele momento, estava inoperante. Nesse instante, o controlador de tráfego aéreo alertou os tripulantes por não terem curvado para a direção solicitada, sendo então, efetuada a correção. Ao se atentarem para esse fato, os tripulantes verificaram as informações do GPS que estavam diferentes das dos instrumentos de navegação e corroboravam as instruções dos controladores. Nesse caso específico, os pilotos estavam na rota de colisão de outra aeronave. Um dos co-pilotos complementa que “[...] situações desse tipo são frequentes e não exceções”.

Essa fonte de fragilidade é acentuada em voos nos quais os pilotos não possuem contato visual com o terreno e precisam seguir perfis de voo apresentados pelas cartas de voo por instrumento. Aliado a este fato, há momentos em que há grande quantidade de tarefas a serem executadas e, pouco tempo, para realizá-las, como durante a aproximação e pouso, ou a decolagem e subida. Nesses cenários, os tripulantes relataram tomar como fonte primária de informações os instrumentos de navegação e, ao não conferirem as informações do GPS, eles têm dificuldade de corrigir mentalmente as informações errôneas dos instrumentos de navegação. Tais fatos revelam as estratégias utilizadas pelos pilotos para lidar com a fonte.

O fato de esquecer-se de conferir as informações pode levar a um entendimento errado da rota voada pela aeronave. Também parece haver um conflito cognitivo dos tripulantes em determinar qual a fonte primária de informações sobre o voo, já que nenhum dos dois instrumentos de navegação proporciona informações suficientes para os tripulantes. As informações anteriores, aliadas às situações vivenciadas pelos pilotos, justificam a classificação dessa fonte como grande potencial de causar danos.

Como ainda não ocorreu nenhum evento cujas consequências resultaram em danos às aeronaves ou propriedades ou lesões aos pilotos ou clientes ou terceiros, essa fonte pode ser entendida como prejudicial à ênfase preventiva da empresa em lidar com situações de perigo.

Tal problema é conhecido por todos os funcionários e, inclusive, pela alta direção. Alguns pilotos relataram que, desde que entraram na empresa, têm ouvido a alta direção se prenuunciar dizendo que esse problema somente será resolvido depois que a empresa trocar todas as aeronaves. Segundo o diretor geral, o custo/benefício de trocar somente os

instrumentos de navegação é menor do que trocar toda a frota. Por estes motivos, essa fonte pode ser classificada como formal e de origem interna, influenciada pela alta direção.

Nenhum dos entrevistados relatou saber quando esses problemas começaram, mas todos afirmam que ele existe em todas as aeronaves, em todos os vôos, apenas variando a intensidade (há vôos no quais os problemas estão mais intensos). Também não há previsão para a troca das aeronaves por outras novas. Tais fatos justificam a classificação da fonte como regular, pois ela está sempre presente nas operações da empresa.

Por último, é possível afirmar que esta fonte afeta todos os princípios de resiliência da empresa. O princípio do comprometimento da alta direção é afetado, pelo fato de ter conhecimento e não tomar nenhuma providência, mesmo com constantes contestações dos funcionários (mecânicos e pilotos). Tal fato também evidencia a dificuldade da empresa em aprender com as situações geradas pela fonte de menor gravidade. A flexibilidade da empresa é reduzida, uma vez que, parte da capacidade cognitiva dos pilotos está voltada para lidar com os problemas das aeronaves. As informações errôneas disponibilizadas pelos instrumentos podem esconder problemas e dificultar a resolução deles por parte dos pilotos.

A **segunda fonte** está relacionada com os diferentes graus de defasagem tecnológica entre as aeronaves da frota. Dada a idade da frota, mais de 30 anos, algumas aeronaves possuem componentes com maior probabilidade de apresentar falhas do que outros. Por exemplo: algumas aeronaves possuem motores mais novos e confiáveis, outras têm um sistema elétrico que ainda não apresentou problemas. Esses problemas podem vir a ocorrer em vôo e causar situações de emergência aos pilotos. De qualquer forma, todas as aeronaves possuem alguma defasagem técnica e, por isso, essa fonte está regularmente presente nas operações da empresa.

Tal fonte prejudica o princípio da flexibilidade, pois reduz a capacidade dos pilotos de lidarem com outras situações potencialmente perigosas. Qualquer outra situação de perigo será potencialmente agravada, se ocorrer uma falha técnica na aeronave.

O princípio do comprometimento da alta direção também é afetado. Um dos copilotos afirma que os problemas técnicos encontrados existem desde que o mesmo entrou na empresa, há 15 anos. De forma geral, os funcionários acreditam que a empresa tem conhecimento desses problemas, mas as restrições financeiras pela qual a empresa tem passado ultimamente dificultam a atualização das aeronaves ou até as suas substituições. Isso evidencia a falta de comprometimento da direção com a segurança e a preferência pela produção.

A direção e todos os pilotos têm conhecimento das restrições das aeronaves, o que caracteriza a fonte como formal. Assim como a fonte de fragilidade, relacionada com a defasagem dos instrumentos de navegação, a alta direção divulga entre os funcionários que esses problemas somente serão solucionados quando houver a troca das aeronaves. Nesse sentido, essa fonte tem sua origem dentro da própria empresa e ocorre devido à decisão da alta direção de não trocar as aeronaves neste momento.

Essa fonte limita a capacidade da empresa de detectar eventuais problemas e responder antes que o problema possua maiores conseqüências. Isso porque as próprias limitações das aeronaves podem ser fontes ou esconder outros problemas, dificultando a identificação e resolução pelos pilotos. Essa fonte também pode dificultar a recuperação do controle das operações, limitando a capacidade reativa da empresa.

A fonte possui pouco potencial de causar danos imediatos, pois caso a aeronave encontre-se em vôo, a defasagem técnica da aeronave pode levá-la a uma situação de emergência que pode ser agravada por outros fatores. Ao mesmo tempo, caso ocorra alguma situação de emergência em fases críticas do vôo (decolagem, pouso, por exemplo), pode não haver tempo suficiente para recuperar o estado normal de vôo, levando a ocorrência de um evento indesejado.

Ao conhecer as condições de cada aeronave, o diretor de operações procura realizar treinamentos simulando emergências, principalmente a falha de um dos motores, com todos os tripulantes que ingressam na empresa e em treinamentos de reciclagem. Ele acredita haver grandes probabilidades de ocorrer esse tipo de emergência em vôo com os pilotos. Outra estratégia utilizada pelos tripulantes é a escolha das aeronaves para voar. Um dos comandantes, por exemplo, relatou que das três aeronaves apenas uma possui os motores em bom estado de operação. Ela é comumente escolhida para realizar vôos em aeroportos críticos, com pistas curtas ou em altas altitudes ou com relevos próximos à pista. Acredita-se ser mais difícil de haver uma pane nessa aeronave do que nas outras, principalmente, nessas localidades.

As entrevistas e as observações evidenciaram a indisponibilidade do piloto automático nas aeronaves, **terceira fonte de fragilidade**. Isso exige que a aeronave seja controlada manualmente pelo piloto, mantendo o vôo em cruzeiro. Quando os comandantes estão como pilotos em comando e a aeronave encontra-se em cruzeiro, eles delegam a função aos co-pilotos.

Segundo a divisão de tarefas dentro da cabine, o piloto em comando é quem controla os comandos da aeronave, enquanto o piloto auxiliar realiza o monitoramento do

primeiro, comunica com os órgãos de controle ou outras aeronaves e acompanha o desenvolvimento do voo, através da folha de navegação, anotando informações sobre o tempo de voo, combustível remanescente e previsão de chegada.

De acordo com os co-pilotos, o fato de ficar controlando o manche para que a aeronave não varie a altitude e direção é entediante e monótono, principalmente quando os voos são longos. Um deles chegou a definir essa situação como “co-piloto automático”. O controle deve ser realizado através de ajustes pequenos e sutis, mas demandam uma grande atenção nos instrumentos da aeronave. Muito tempo sem prestar a atenção nesses instrumentos pode levar a aeronave a entrar em atitudes anormais, por isso há a necessidade da atenção ser mantida constantemente, causando monotonia, desconforto e cansaço.

Dependendo ainda da situação, os co-pilotos relataram sentir sono e cansaço físico, especificamente dores nos braços. Ao invés de compartilhar o trabalho, os comandantes somente passam a monitorar os co-pilotos e não assumem nenhuma das funções destes (comunicação, registro dos parâmetros de voos, etc.), deixando para os co-pilotos essas ações. Como resultado, um dos pilotos executa ações monótonas, cansativas e que demandam grande atenção e, ao mesmo tempo, procura realizar suas próprias atividades. O outro realiza somente o monitoramento das ações do primeiro, sem compartilhar as atividades dentro da cabine.

Essa fonte prejudica os princípios da flexibilidade, aprendizagem e comprometimento da alta direção. A flexibilidade é afetada pela falta de sincronia entre os pilotos. Enquanto um possui múltiplas tarefas e ainda precisa alocar grande parte da atenção para manter a aeronave no mesmo nível de voo, o outro somente o monitora, sem compartilhar as atividades. A aprendizagem é prejudicada, pois ainda não ocorreu ou não foram relatadas situações nas quais a ausência do piloto automático levou a eventos indesejados. Os pilotos acreditam que somente após um quase acidente ou incidente é que a empresa tomará providências para adequar tecnicamente as aeronaves. Isso mostra a incapacidade da empresa de aprender com situações de menores conseqüências e a partir da experiência e adaptações realizadas pelos pilotos.

Essa fonte prejudica ainda a ênfase preventiva, pois a empresa tem prejudicada sua capacidade de reduzir as conseqüências de uma ameaça e detectar sua ocorrência antes de se transformar em uma ameaça, mas a capacidade reativa não é afetada. Embora esteja presente regularmente nas operações da empresa, essa fonte possui pouco potencial de

causar dano, uma vez que sua consequência está relacionada com o comprometimento da capacidade de atenção, cansaço e sonolência dos co-pilotos.

Por ser de domínio de todos os funcionários da empresa, essa fonte pode ser classificada como formal, com origem interna e influenciada pela alta direção, pois somente esta é capaz de alocar recursos para solucionar esse problema.

A **quarta fonte de fragilidade** identificada foi a falta de diretrizes claras para orientar as decisões dos pilotos para realizar ou não o voo, considerando, principalmente, os fatores meteorológicos. Foram relatadas situações em que a falta de critérios explícitos para avaliar as condições meteorológicas prejudicou a avaliação dos comandantes, pois não correspondeu à condição verdadeira encontrada durante o voo. Em uma delas, os tripulantes retornaram ao aeroporto de partida. Tal situação gerou transtornos ao comandante, sendo, inclusive, chamado a prestar esclarecimentos à alta direção.

Carim Júnior *et al.* (2008) identificaram uma fonte de fragilidade semelhante em uma escola de aviação civil. Segundo os autores, foi possível estabelecer uma relação entre a decisão de realizar o voo, a partir da avaliação prévia da meteorologia, a condição meteorológica real presente algum tempo após a avaliação, e as consequências aos tripulantes, conforme a figura 29.

<b>Decisão/Condição Meteorológica Real</b>	<b>Ruim</b>	<b>Boa</b>
<b>Voar</b>	Transtornos	Decisão Certa
<b>Não Voar</b>	Decisão Certa	Transtornos

Figura 29 – Relação entre a decisão de realizar ou não o voo e a condição meteorológica real encontrada e as consequências

Fonte: Carim Júnior *et al.* (2008)

A situação relatada pelos pilotos corresponde à consequência “transtornos”, resultante da decisão de realizar o voo em uma condição meteorológica real ruim. Nessa situação específica, além do prejuízo para a empresa, já que o voo não pode ser cobrado do cliente, e pela pressão da alta direção sofrida pelo piloto, o cliente sentiu-se muito desconfortável e, segundo o coordenador de voo, contratou outra empresa para terminar a viagem e nunca mais contratou a empresa para outros serviços.

Essa fonte prejudica a capacidade da empresa de se adaptar às situações e de aprender com elas. A dificuldade de decidir se um voo pode ou não ser efetuado, principalmente, devido às condições meteorológicas, dificulta a previsão de situações

potenciais de perigo, degradando a flexibilidade da empresa. Por outro lado, o fato de não se registrar em quais situações o voo não pode ser realizado dificulta o aprendizado da empresa, ao não transformar essas informações em ações preventivas, determinação das diretrizes.

Outro princípio prejudicado, por esta fonte, é a consciência. Um dos comandantes relata que o fato da empresa voar pouco e seus salários estarem baseados na produtividade individual altera a consciência sobre o limite de segurança. Esses fatores levam os tripulantes a assumir riscos desnecessários, quando têm que decidir sobre a realização de um voo. Portanto, a maior parte das decisões tomadas pelos tripulantes quanto à realização dos voos tende a sacrificar a segurança em benefício da produção.

Da mesma forma que a alta direção não estimula o estabelecimento de diretrizes claras, a equipe de voo também não propôs nenhuma diretriz para formalizar junto à alta direção, caracterizando-a como emergente. Nesse caso, a fragilidade ainda é considerada de origem interna, influenciada tanto pela alta direção, como pelos operadores. Para lidar com os constrangimentos causados pela fonte, os operadores procuraram compartilhar informalmente entre si algumas diretrizes gerais para realizar a recusa de tarefa.

A degradação da resiliência da empresa também ocorre quando há pressões por produção sobre os comandantes, principalmente em situações onde há o conflito com a segurança (**quinta fonte de fragilidade**). Todos os comandantes foram enfáticos ao afirmarem que já presenciaram ou foram pressionados a realizar voos, mesmo quando as condições meteorológicas não eram favoráveis. Em muitas situações eles realizaram o julgamento em favor da produção para atender às pressões, mesmo contrariados. O diretor de operações relata um evento no qual realizou um voo por pressão de um dos diretores, mas não conseguiu chegar ao destino, pousando em um aeroporto de alternativa. Como consequência, a empresa não pode realizar a cobrança, gerando prejuízo. Por tal fato, o comandante relatou ter sentido desconforto com a meteorologia encontrada em voo e foi chamado pela alta direção para explicar o prejuízo. O passageiro, por sua vez, sentiu-se desconfortável em voo e acabou não realizando outros voos com a empresa.

Conforme relatado pelos tripulantes e diretor geral, já houve situações em que o comandante do voo foi substituído por não se sentir confortável em realizar o voo. Segundo ele, é natural que um piloto recuse um voo, pois cada um possui uma experiência e um limite de segurança. Caso outro piloto se sinta seguro para realizar o voo, ele o aloca. Tal fato evidencia que a segurança é associada ao desempenho individual, não havendo

ênfase em identificar e avaliar as causas que levaram o piloto a recusar-se a voar, afirmando, mais uma vez, o favorecimento da produção frente à segurança.

Embora os tripulantes tenham relatado terem sofrido pressão para operar sob precárias condições de segurança, os mesmos consideram que a coordenação de vôo é o setor mais pressionado. Tal percepção foi reforçada pelo coordenador de vôo, que, como único responsável pela venda dos vôos, sente-se pressionado a vendê-los, principalmente, em épocas de baixa demanda de vôos. Essa condição pode favorecer a venda de vôos para destinos ou localidades que as aeronaves não possuem capacidade para operar.

Idealmente, os cargos gerenciais devem ser ocupados por profissionais com formação e conhecimento sobre o negócio e o mercado no qual a empresa atua, o que garantiria uma adequada administração e gerenciamento de risco da empresa, conforme afirma Rasmussen (1997). Gomes *et al.* (2009) e Guido Júnior *et al.* (2008) encontraram evidências de que o conhecimento e formação nas atividades do setor da empresa levam as empresas à fragilidade. Os autores justificam que no momento em que o superior conhece as operações, o mesmo acredita e transfere seu conhecimento sobre os limites de segurança aos operadores, forçando-os a realizar o vôo, indo de encontro ao que Rasmussen (1997) afirmou. Guido Júnior *et al.* (2008) acreditam que, na escola de aviação civil, a pressão é ainda maior, porque o superior possui grande conhecimento sobre as operações da empresa e, ainda, atua como instrutor na mesma.

Essa fonte de fragilidade afeta a capacidade de adaptação da empresa (flexibilidade), a de aprendizagem e a consciência sobre os limites de segurança. Segundo Rasmussen (1997), entre os diversos fatores que reduzem o espaço de segurança de um operador está a pressão econômica, geralmente representada pela pressão por produção. Essa redução da margem operacional diminui a capacidade dos pilotos de lidarem com situações adversas e se recuperarem dela. Ao mesmo tempo, a alta direção acaba não sabendo quais são os limites de segurança de suas operações, pois, ao pressionar a realização de um vôo, assume-se que não haverá nenhum evento adverso. Segundo a percepção do diretor de operações, só se sabe que a pressão é ruim no momento em que todos os pilotos decidem não realizar o vôo nas mesmas condições. Esse é o parâmetro utilizado para identificar os limites de segurança das operações. Já, a aprendizagem é prejudicada porque a empresa não avalia nem registra quais fatores foram determinantes para a recusa da realização do vôo, de modo que facilita as tomadas de decisão em situações similares.

Em termos de regularidade, a fonte pode ser considerada como irregular, pois, segundo um dos comandantes, não são todos os vôos que há essa pressão, e possui um grande potencial de causar danos. De origem interna e influenciada pela alta direção, essa pressão não é explícita a todos, o que a caracteriza como emergente.

Embora o diretor geral afirme existir procedimentos de vôo padronizados e documentados, todos os pilotos foram enfáticos ao contestar e afirmam nunca terem tido acesso a eles, caracterizando a **sexta fonte de fragilidade**. Os relatos indicaram ainda que os procedimentos documentados não eram seguidos e havia variabilidade entre os procedimentos utilizados pelos comandantes, pois cada um adota um padrão próprio. Como resultado, os pilotos têm dificuldades e acabam se atrapalhando quando precisam ajustar algum instrumento de navegação, pois não é clara a área de responsabilidade de cada um. Portanto, em todos os vôos não há procedimentos técnicos documentados, evidenciando a regularidade dessa fonte de fragilidade.

A fragilidade tem como conseqüências a falta de um treinamento estruturado e de referências teóricas sobre os procedimentos que os pilotos recém admitidos têm que cumprir. Os pilotos iniciantes, seja comandante ou co-piloto, tomam conhecimento dos padrões informais de vôo somente durante os treinamentos práticos, realizados nas aeronaves. Ao ser admitido na empresa, um dos co-pilotos relatou que teve dificuldades de aprender, pois não havia material de treinamento documentado disponível e o treinamento sobre os procedimentos operacionais foi realizado somente durante as práticas de vôos reais.

A fonte afeta a flexibilidade e a aprendizagem da empresa. Mesmo que cada um dos pilotos tenha um padrão próprio de operação em situações normais de vôo, a flexibilidade é afetada pela dificuldade dos tripulantes de consultar os procedimentos técnicos documentados em situações anormais. Um procedimento prescrito estabelecido pode ser um meio mais rápido de resolver alguma emergência ou problema encontrado durante o vôo.

Há evidências que essa fragilidade afeta o princípio da aprendizagem, pela falta de esforços para aproximar o trabalho real do trabalho prescrito. De acordo com os entrevistados, percebe-se maior ênfase em aproximar o trabalho real do trabalho prescrito exigido na legislação, principalmente, a partir das incoerências identificadas nas auditorias da ANAC. De fato, nenhum dos procedimentos informalmente adotados pelos tripulantes é contemplado pelos manuais, já que alguns não são condizentes com os requisitos da legislação. Da mesma forma, a falta de atualização e documentação faz com que

procedimentos estabelecidos por cada piloto se percam no momento que o mesmo deixa a empresa, evitando que o conhecimento individual e único seja compartilhado com os demais e seja incorporado pela empresa. Tal fato pode ser prejudicado, uma vez que a taxa de rotatividade dos funcionários é alta.

A fonte possui pequeno potencial de causar danos, considerando sua capacidade imediata. Assim como evidenciado pelos pilotos, quase todos os vôos ocorrem sem situações imprevistas ou ameaças. Portanto, a fragilidade pode ser decisiva em situações de ameaças e agravada por outros fatores, como a qualidade técnica das aeronaves ou a pressão por realizar vôos em condições meteorológicas adversas.

A fragilidade é emergente devido sua informalidade. Apesar de ser conhecida por todos os pilotos, a alta direção não se pronuncia formalmente sobre esse problema e, inclusive, nega sua ocorrência. Neste sentido, sua origem é interna e é causada pela gerência.

A seleção dos tripulantes, atualmente, é realizada por avaliações subjetivas, focando em requisitos técnicos, sendo a **sétima fonte de fragilidade**. Os currículos são enviados ao diretor geral e o mesmo avalia a quantidade de horas de vôo e experiência em outras empresas e cursos de formação. No caso do co-piloto, o diretor geral prefere candidatos com poucas horas de vôo, nenhuma experiência anterior e cursos complementares na aviação. O pretendente a comandante deve possuir experiência mínima como tal e experiências anteriores em outras empresas. Entretanto, não há valores claros sobre quantas horas de vôo caracterizam um candidato com pouca experiência ou muita experiência. Ao satisfazer os critérios, o diretor geral chama o candidato para uma entrevista e seleciona aquele que melhor se enquadra no perfil imaginado pelo mesmo.

Da mesma forma, a verificação da compatibilidade do perfil do candidato com as características da empresa somente é realizada quando o mesmo é contratado. Nesse momento, há a integração com os demais funcionários, independente do cargo ocupado, ao apresentar o novo funcionário aos demais. Essa apresentação é realizada informalmente.

A partir das entrevistas foi possível verificar que, principalmente os tripulantes, reclamam do processo de seleção e contratação, pois não são envolvidos no processo. Nas palavras de um dos comandantes, “[...] é engraçado como a gente não participa da seleção dos novos pilotos, mas quem tem que aturá-los somos nós. Tudo bem que temos que ser profissionais, mas se nos pudessemos dar palpites, seria muito mais fácil voar”.

As entrevistas indicaram que há pouca troca de informações entre os funcionários, especialmente, entre os tripulantes. Dois fatores foram salientados como justificativas para essa situação:

(a) os tripulantes somente estão nas instalações da empresa quando precisam realizar vôos, restringindo as oportunidades de comunicação face-a-face. Mesmo tendo que cumprir algumas atividades extras, caracterizadas como simples e de realização rápida, os co-pilotos vão à empresa em poucas ocasiões quando não há vôos, fato evidenciado pelas observações do pesquisador durante as visitas.

(b) os funcionários relataram que há divisões em grupos na empresa. Segundo um dos comandantes, “[...] formaram-se grupinhos aqui dentro. Isso dificulta na forma como a gente interage, já que não há um grupo coeso e unido. Somos muito individualistas”. Um dos co-pilotos complementa: “até hoje não vi união entre a gente. Já participei de confraternizações dos funcionários de empresas em que outros amigos estão trabalhando e acho muito interessante. Mas aqui não tem isso”.

Tais evidências revelam a influência do não seguimento do princípio do comprometimento da alta direção e as conseqüências negativas sobre os princípios da aprendizagem e da flexibilidade. Apesar das constantes contestações dos tripulantes de vôo, a alta direção não consulta os tripulantes acerca dos pilotos pretendentes. Segundo o diretor geral, “[...] a função do piloto é voar e a seleção e contratação é função da alta direção. Portanto, cada um na sua”.

A forma como o processo de seleção e contratação está estruturada não permite que a empresa aprenda com o próprio conhecimento gerado. O processo não se baseia no perfil de tripulante procurado pela empresa, o perfil dos seus funcionários e as características das suas operações. Após a seleção e contratação não é realizada nenhuma verificação sobre a compatibilidade do perfil do funcionário com o da empresa. O diretor de operações justifica que isso ocorre porque é muito caro demitir um funcionário. A alta direção prefere aguardar a saída do mesmo e, enquanto isso, os próprios tripulantes precisam se adequar aos novos funcionários.

O princípio da flexibilidade é prejudicado, uma vez que uma tripulação com pouca cooperação entre si dificulta a realização do vôo. Segundo um dos co-pilotos, “sempre que o vôo é realizado com comandante ‘fulano’, o vôo será ruim. Já entro no avião torcendo para que o vôo acabe logo. Eu sei que isso é ruim, pois toda hora fico olhando torto para ele e, ao mesmo tempo, fico pensando como deveria agir em uma situação de emergência, pois a vontade é de deixar ele se virar”. Esse comentário exemplifica como a operação da

aeronave e a resolução de problemas seria prejudicada, caso um evento indesejado ocorresse.

Como essa fragilidade ocorre quando um voo é realizado com um comandante que não se relaciona bem com um co-piloto e como a seleção da tripulação depende, exclusivamente, da disponibilidade dos tripulantes e da quantidade de horas de voo realizadas (os que fizeram menos são escolhidos), é possível verificar a irregularidade dessa fonte. Essas três condições são improváveis de serem previstas, conforme relata o coordenador de voo. A fragilidade ainda pode ser considerada com baixo potencial de causar danos, porque a mesma não é um fator que poderia ser atribuído diretamente a uma situação de risco para as operações. A deficiente relação entre os tripulantes prejudica o desempenho total da equipe, podendo resultar em problemas de cooperação e coordenação entre eles.

Como o processo de seleção e contratação é realizado, exclusivamente, pela alta direção e é conhecida por todos os funcionários da empresa, a fonte pode ser caracterizada como formal, e sua origem é da alta direção, pois influencia os operadores e a operação da empresa.

A **oitava fonte de fragilidade** identificada se refere à importância atribuída pela alta direção sobre os recursos financeiros. O diretor geral declarou que a empresa tinha uma meta de se tornar a melhor empresa de táxi aéreo do estado e sua política tinha a segurança de voo como um aspecto primordial. Pelo contrário, todos os funcionários relatam perceber que o objetivo real da empresa é gerar lucro em detrimento da segurança de voo, sempre que entram em conflito. Segundo os tripulantes, as ações da alta direção não refletem essa política.

Ao considerar apenas os recursos financeiros, as decisões da alta direção priorizam a produção, conforme os relatos. De acordo com um dos comandantes, principalmente, devido à baixa realização de voos, a alta direção atribui um alto grau de prioridade para a geração de receitas em detrimento de investimentos em segurança, percebida pela defasagem tecnológica das aeronaves. Um segundo comandante complementa que a alta direção “[...] queria investir em pintura e na decoração do interior das aeronaves”.

Outro exemplo, relatado por um co-piloto, diz respeito aos investimentos recentes realizados pela empresa para divulgação da imagem e propaganda em revistas e televisão. O diretor geral e o diretor de marketing afirmam que há necessidade da empresa divulgar sua imagem como forma de prospecção de mercado e aumento das demandas de voo, garantindo a continuidade das operações.

Tais decisões foram mal interpretadas por todos os funcionários entrevistados, uma vez que a empresa possui outras prioridades para os recursos, na percepção deles. Nas palavras de um dos comandantes, “[...] a alta direção investe em coisas que não são apropriadas. Enquanto querem prospectar mais clientes, o meu equipamento, o painel da aeronave, está todo obsoleto. Então não dá”.

Rasmussen (1997) tomou como exemplo empresas de transporte marítimo para justificar que sempre que a alta direção foca em obter ganhos, outras dimensões da empresa são deixadas de lado, como a segurança e a qualidade. Sua justificativa é a que esse comportamento é esperado em empresas controladas por bancos ou instituições financeiras, não possuindo qualquer domínio sobre os aspectos operacionais e as especificidades do negócio da empresa. Entretanto, as evidências encontradas na empresa A mostram como as decisões da alta direção favorecem a obtenção de lucro em detrimento de outras dimensões, mesmo que ocupantes dos cargos gerenciais sejam, também, operadores (tripulantes).

Tais evidências mostram que os princípios das ER prejudicados são a consciência e o comprometimento da alta direção. As decisões relatadas mostram a incompatibilidade entre a percepção da alta direção e os operadores, quanto à necessidade de investimentos nas operações. Essa diferença revela como a qualidade técnica das aeronaves é menos prioritária do que a prospecção de mercado e quão defasada encontra-se a consciência da alta direção em relação aos limites de segurança das operações.

Mesmo que os tripulantes saibam claramente quais são as prioridades necessárias para garantir a segurança das operações, somente a alta direção é que possui autonomia para decidir onde alocar esses recursos. Por tal motivo, é possível afirmar que a fonte mostra a falta de comprometimento da alta direção e revela sua origem (interna).

A defasagem técnica das aeronaves é um fator que pode ser ligado diretamente a eventos indesejados, como incidentes, porém, uma de suas causas, as decisões da alta direção favorecendo a produção, possui pouco potencial de causar danos imediatamente, pois estão distantes espacialmente e temporalmente no caso de um evento indesejado.

A contradição dos relatos da alta direção com a percepção de suas ações pelos funcionários revela que esta fonte é emergente, pois não é reconhecida e compartilhada por todos da empresa.

A empresa permite e estimula a multifuncionalidade entre seus funcionários, principalmente, entre os pilotos. Dois dos comandantes ocupam também cargos gerenciais, sendo eles o diretor geral e o diretor de operações. Entretanto, apenas o último é o

tripulante mais atuante nas operações, participando de muitos vôos, enquanto o primeiro realiza vôos esporadicamente. Segundo os relatos dos funcionários, todos, de algum modo, já tiveram conflitos de relacionamento com o diretor geral, caracterizando a **nona fonte de fragilidade**. O diretor de operações afirma que seus conflitos ocorrem porque, ao mesmo tempo em que o diretor geral é seu superior, ele também é seu subordinado. Mesmo com essa distribuição hierárquica, o diretor de operações tentou, por diversas oportunidades e segundo seus relatos, convencer o diretor geral que a falta de investimentos na atualização das aeronaves também afeta suas operações. Tal argumentação levou o início da discussão.

Pelo fato de ser comandante, os conflitos com o diretor geral não são restritos somente aos aspectos administrativos. Alguns co-pilotos afirmaram terem discutido e conflitado em vôo com ele. Os conflitos estão relacionados, principalmente, à decisão final sobre planejamento dos vôos, como abastecimento, por exemplo. Essas situações geraram desconfortos a ponto dos co-pilotos evitarem voar com o diretor geral.

Esse aspecto parece influenciar a consciência da tripulação quanto aos limites de segurança, bem como a flexibilidade da empresa em lidar com as ameaças. Segundo o diretor de operações, o único dos tripulantes a entrar após ele e que não recebeu um adequado treinamento foi o diretor geral. Isso ocorreu porque o diretor-presidente solicitou um treinamento rápido, como meio de garantir mais um comandante disponível na escala de final de ano, pois nesse período há um aumento das demandas de vôo e, naquela época, havia apenas dois comandantes para voar três aeronaves. Com isso, o treinamento foi reduzido e importantes conteúdos não foram trabalhados, como os procedimentos executados em caso de falha de um dos motores.

Por um lado, o diretor de operações acredita que o diretor geral não possui treinamento suficiente para garantir um vôo seguro, principalmente, se houver alguma situação de emergência com um dos motores, indicando a dificuldade da tripulação de lidar com a ameaça (flexibilidade). Por outro, a pressa em realizar o treinamento rápido mostra como a alta direção e o próprio diretor geral não têm muito claramente quais são os limites de segurança das operações e onde eles estão em relação aos limites (consciência).

As conseqüências da fonte somente ocorrem quando o diretor geral passa a exercer suas funções como piloto. Por este motivo, a mesma pode ser caracterizada como irregular, já que o mesmo realiza poucos vôos por mês. Embora declare não ter havido nenhuma situação de emergência, um dos co-pilotos relatou ter tido sérias discussões com o diretor geral em vôo a respeito da segurança do vôo, pois ele queria realizado em condições

meteorológicas adversas. Essa situação revela o grande potencial de causar danos que essa fragilidade possui.

Apesar dos conflitos entre o diretor geral e os demais tripulantes de vôo não serem do conhecimento de todos os funcionários da empresa, a fonte de fragilidade é uma decisão da empresa, documentada e formalizada entre todos os funcionários. Por este motivo, esta fonte foi classificada como formal.

A fonte pode ser classificada como interna e externa considerando a origem. A justificativa de ser considerada como interna recai no fato da decisão da empresa em alocar o diretor geral como comandante. Já a externa recai no fato da própria legislação brasileira permitir este tipo de alocação de cargos. A RBHA 119 (BRASIL, 2005a) prevê que, dependendo do porte da empresa, alguns cargos podem ser ocupados por pilotos. Nesse sentido, a empresa se encontra dentro da legalidade, não apresentando nenhuma irregularidade para a autoridade aeronáutica. Da mesma forma, o conflito ocorre entre os operadores, mais especificamente entre um comandante (diretor geral também) e os copilotos. Portanto, é possível classificá-la como originada nos operadores, mas também é influenciada pela alta direção, cuja decisão em estabelecer essa estrutura hierárquica levou o surgimento desse conflito.

**A décima fonte identificada** está relacionada com a falta de informações sobre o desempenho de segurança. Foi verificado que a empresa possui poucas informações sobre o desempenho de segurança de suas operações, mesmo a partir do seu sistema de auditoria interno, auditorias externas realizadas pela autoridade aeronáutica e sistema interno de relatos de segurança.

As únicas auditorias internas regulares são realizadas pelo responsável pela segurança de vôo e têm ênfase estrutural (avaliam o sistema prescrito, enfatizando a documentação). Tais auditorias têm finalidade burocrática, mas não apresentam resultados em planos de ações para melhorias. Em termos de auditorias externas, a única que ocorre regularmente é conduzida pela ANAC, nos processos de operações e manutenção, com o objetivo de verificar o cumprimento da legislação vigente, com base na análise de documentos e registros arquivados na empresa. Todos os entrevistados reconheceram que as informações geradas pelas auditorias resultam em modificações estruturais, com o intuito apenas de atender a legislação vigente, pois, na prática, a empresa não costuma cumprir determinadas recomendações.

O sistema de reporte de informações de segurança possui poucos relatórios preenchidos e, segundo o responsável pela segurança da empresa, o sistema funciona

adequadamente, sem problemas. Em 2008 foi preenchido somente um relatório, segundo dados do PPAA. De acordo com o responsável pela segurança de vôo, o baixo número reflete que não há situações de risco ocorrendo na empresa.

Com outra visão, mais condizente com o contexto verificado ao longo da pesquisa, os demais tripulantes atribuem o baixo número à falta de ações práticas e *feedback*. Segundo um dos comandantes, a única ação percebida pelo grupo de vôo é a tentativa de identificar o relator para determinar ações disciplinares e punitivas.

Além do mais, um fator externo foi apontado como contribuinte para a baixa quantidade de relatos. Depois dos dois maiores acidentes da história da aviação civil brasileira em 2006 e 2007, todos tripulantes de vôo, independente de sua empresa, temem a possibilidade de criminalização ou de atribuição de culpa em função dos relatos.

Aliado a esses fatores, há evidências de que não há consenso entre os funcionários acerca de quais tipos de situações de falta de segurança devem ser relatadas pelos tripulantes nos formulários de reporte de segurança, disponíveis na empresa. Segundo um dos comandantes, um evento reportável seria aquele que quase ocasionasse um acidente. Esta percepção foi corroborada pelo diretor geral, que afirmou que reportaria “[...] uma quase colisão, uma colisão com pássaro, uma desobediência de controle aéreo por parte do controlador”.

Considerando as evidências, é possível verificar que a fragilidade afeta os princípios da aprendizagem e consciência. Em qualquer período do ano, há poucas informações disponíveis sobre o estado de segurança da empresa, mesmo quando a empresa é auditada (fiscalizada) pela ANAC. Portanto, é possível classificar a fonte de fragilidade como regular. Outra característica dessa fonte é o baixo potencial de causar danos imediatos, porque ela evita que a empresa detecte problemas de menor gravidade, cujas conseqüências são mínimas. Por este mesmo motivo, a empresa dificilmente conseguirá detectar o encaminhamento à falha, levando gradualmente o sistema ao colapso. Por último, a fragilidade analisada pode ser classificada como emergente, pois mesmo sendo que o processo de aquisição e coleta de dados sobre informações de segurança seja formalizado e documentado e esteja implantado, o mesmo não desempenha suas funções adequadamente e não fornece resultados válidos e necessários.

Tanto as auditorias externas realizadas pela ANAC, cujo resultado não representa o desempenho de segurança da empresa, como o medo dos pilotos brasileiros de serem criminalizados são evidências de que esta fonte de fragilidade é parcialmente originada no meio externo. A contribuição do meio interno ocorre porque o sistema de relatos e a

auditoria não mostram o real estado de segurança da empresa. Essa fonte também se origina na alta direção, por estimular um clima de medo e identificação de culpados.

Por último, a décima primeira fonte de fragilidade revela a dificuldade dos pilotos em operar nos aeroportos mais utilizados pela empresa, principalmente, aqueles localizados no interior do estado de maior atuação da empresa. Segundo os pilotos, muitos aeroportos do interior estão sob a administração de aeroclubes ou do município e, devido à baixa demanda de vôos, acabam não recebendo manutenção ou melhorias. Somente aqueles operados por grandes companhias possuem uma estrutura suficiente para uma operação segura e independente da condição meteorológica e à noite.

Os aeroportos que não, possuem facilidades para o embarque e desembarque de passageiros são considerados apenas como aeródromos (BRASIL, 1986) e, somente servem como local para decolagens, pousos e estacionamento de aeronaves. A maioria desses aeroportos possui pista de pouso e decolagem coberta com grama ou saibro, e, quando coberto com asfalto ou concreto, é comum a presença de pedaços soltos, buracos e pedras de tamanhos variados, ocasionando, principalmente, o desgaste das hélices das aeronaves. Alguns, ainda, possuem o agravante de estarem localizados em regiões montanhosas, onde as elevações próximas do aeroporto podem causar um acidente ou simplesmente modificam a direção do vento, ou em altas altitudes elevadas, degradando o desempenho da aeronave em termos aerodinâmicos e de potência disponibilizada pelos motores.

A fonte tem sua origem no ambiente externo à empresa, pois é de responsabilidade do operador do aeroporto mantê-lo em adequadas condições. Da mesma forma, o Comando da Aeronáutica é a autoridade responsável pela publicação de informações genéricas sobre os aeroportos e de informações relevantes à segurança das operações das aeronaves nessas localidades. A primeira informação é disponibilizada na publicação chamada de ROTAER, onde constam informações sobre serviços oferecidos, tamanho das pistas, procedimentos de aproximação, pouso e decolagem, entre outras. Já, a segunda publicação é conhecida como NOTAM, onde constam informações sobre pássaros, árvores ou obstáculos próximos da pista, serviços inoperantes, serviços de manutenção realizados próximos da pista, tamanho reduzido da pista de pouso e decolagem, entre outras.

O problema reside na qualidade e quantidade de informações, pois mesmo sabendo dessas informações, os pilotos afirmam que a realidade de alguns aeroportos é pior. Segundo um dos comandantes, metade dos aeroportos operados pela empresa não possuem serviço de abastecimento com o combustível utilizado pelas aeronaves e outros não

possuem indicação da direção do vento. Um caso extremo relatado foi um aeroporto que possui próximo um lixão, o que atrai urubus e outras espécies de pássaros. Todos esses fatores levam a fragilidade a uma condição de grande potencial de causar danos, principalmente, porque ela afeta diretamente as operações de vôo da empresa.

A fragilidade prejudica a capacidade flexível da empresa e sua consciência. Em operações normais de vôo, há restrições quando se opera nessas localidades. Em situações de emergência, não há muitos aeroportos que pudessem ser utilizados como apoio, reduzindo a capacidade de adaptação dos tripulantes frente às ameaças. O próprio aeroporto, dependendo de sua condição, pode vir a contribuir com perigos para a operação.

As condições nestes aeroportos também são dinâmicas, “pois um dia o aeroporto tem pedras soltas na pista, no outro ele já está com buracos imensos”, como afirma um dos comandantes. A mudança constante nessas condições, faz com que os pilotos atualizem reativamente seu conhecimento sobre os aeroportos e as condições oferecidas, seja por experiência própria ou a partir de experiência de terceiros.

Nem todos os vôos realizados pela empresa são destinados ou originados nesses aeroportos, caracterizando a fonte como irregular. A fonte ainda pode ser considerada como emergente, uma vez que a situação real dos aeroportos não é formalizada pelas instituições responsáveis ou resolvida, cabendo aos pilotos a troca informal de informações. Esse último aspecto revela como os pilotos lidam com essa fragilidade. Especificamente, na empresa estudada, os tripulantes possuem uma lista com a descrição da situação operacional de cada um dos aeroportos e as restrições impostas às aeronaves. Essa lista é compartilhada entre eles e disponibilizada para o coordenador de vôo.

A empresa realiza vôos principalmente para localidades não atendidas pelas empresas de transporte aéreo regular, principalmente, as localizadas no mesmo estado, no qual a empresa possui sua sede e a estrutura operacional. Entretanto, a maior parte desses aeroportos possui uma estrutura degradada e que não propicia adequadas operações para alguns tipos de aeronaves. Em alguns, há existência de arbustos muito próximos às pistas de decolagem e pouso que, se encontram com buracos, pedras soltas, sem marcação. Há, também, a existência de obstáculos ao redor das pistas, como antenas de transmissão, morros, árvores e residências. Esses aeroportos também possuem deficiências na prestação de alguns serviços essenciais, como serviço de informação aeronáutica e de abastecimento de combustível. Todos esses fatores prejudicam as operações no aeroporto.

Idealmente todas as informações referentes aos aeroportos deveriam ser comunicadas à comunidade aeronáutica por meio do Rotaer e pelo Notam, publicação

emitida e de responsabilidade do Comando da Aeronáutica. Entretanto, as informações apresentadas pelas publicações são limitadas e não representam as reais condições dos aeroportos e dos serviços prestados, como a degradação das condições de cada aeroporto. O ideal seria a contínua atualização dessas informações nas publicações. Entretanto, os pilotos relataram que só passam a saber sobre as reais situações operacionais de alguns aeroportos no momento em que os mesmos voam até eles ou quando se comunicam com outros pilotos. Por este motivo, continuamente eles atualizam uma lista compartilhada, no qual são estabelecidas as condições operacionais das aeronaves em cada aeroporto.

Sendo assim, a fonte prejudica os princípios da flexibilidade e da consciência. A flexibilidade é prejudicada, pois qualquer situação de emergência, causado por diversos fatores, serão agravados pelas condições de operação das pistas, podendo conduzir a eventos indesejados. Da mesma forma, a consciência é prejudicada pelo fato da interpretação das condições anteriores de um determinado aeroporto influenciar no planejamento e na realização do voo. No momento em que os tripulantes chegam ao aeroporto e encontram condições diferentes daquelas previstas, há a necessidade de planejar novamente o voo. Tal situação se torna evidente nas palavras de um dos comandantes:

“Esses dias, tivemos que ir para uma localidade que, segundo o Rotaer, tinha serviço de abastecimento e informações sobre a direção e intensidade do vento. Faríamos uma parada nesse aeroporto para abastecer e deixar o cliente, aguardá-lo e depois retornar. Quando chegamos lá, nada do que tínhamos lido estava coerente e outras coisas tinham mudado desde a última vez. Não tinha abastecimento, pois o posto fechou e havia crescido árvores e arbustos altos ao redor da pista, de forma que quase não conseguimos enxergá-la. Tivemos que dar umas três voltas ao redor da pista para determinar a direção e intensidade do vento, pois, na naquele momento, a meteorologia estava deteriorando e o indicador de direção e intensidade do vento estava rasgado. A situação ficou desconfortável e, portanto, resolvemos retornar”.

Como meio de lidar com esses problemas, os pilotos desenvolveram e compartilham uma lista sobre as condições de cada aeroporto. A lista, além de sua função de lembrar os pilotos das condições de cada aeroporto e o modo operatório a ser adotado, também procura orientar o coordenador de voo para vender os voos, de forma que a venda seja realizada considerando as restrições de operação, quando houver. Por exemplo: o aeroporto da localidade X não permite que a aeronave decole, caso seja abastecida com combustível para realizar Y horas de voo e ainda carregar todos os passageiros. Dessa forma, os voos são vendidos considerando as restrições e evitando que os pilotos sejam surpreendidos ou tenham que verificar a possibilidade de realizar o voo.

A fonte foi classificada como irregular, pois a maior parte das operações realizadas pela empresa são feitas para localidades em bom estado de conservação. Também foi possível constatar que a fragilidade possui um grande potencial imediato de causar danos, pois afeta diretamente às operações de vôo da empresa. Apesar de ser originada no ambiente externo, já que é de responsabilidade do administrador do aeroporto manter sua conservação e a do Comando da Aeronáutica atualizar as informações relativas, a falta de disseminação das reais condições permite classificar a fonte como emergente. As legislações pertinentes estabelecem que os aeroportos homologados pela autoridade aeronáutica, para operar continuamente, devem oferecer mínimas condições de segurança aos vôos, o que não acontece na prática.

Considerando as fontes de fragilidades analisadas, é possível concluir os seguintes pontos: i) em todas foram identificados mais de um princípio da ER prejudicado ou não seguido, variando de 2 a 3 princípios. A flexibilidade e a aprendizagem foram prejudicadas em 81,8 e 72,7% das fontes, enquanto que a consciência e o comprometimento da alta direção foram prejudicados em 45,5%; ii) em 63,6% das situações analisadas, as fontes foram consideradas regulares, estando presente continuamente nas operações da empresa, e nas restantes foram identificadas fontes irregulares; iii) em relação ao potencial de causar danos, 54,5% das fontes teve baixo potencial de dano, e em 45,5%, grande potencial; iv) a mesma distribuição dos valores foi identificada quanto à formalidade, no qual 54,5% eram emergentes, enquanto 45,5% estavam vinculadas ao sistema formal da empresa; v) em 63,6% das fontes tiveram origens internas e relacionadas aos operadores e à gerência, ao mesmo tempo. Já as origens internas influenciadas pela gerência foram identificadas em 90,9% das fontes, revelando uma grande participação. Apenas três fontes se originaram no ambiente externo à empresa e duas por ações dos próprios operadores; e vi) foi possível identificar como os operadores lidavam com a fonte de fragilidade em todas as fontes analisadas.

#### 4.1.3 Fontes de resiliência

As fontes de resiliência identificadas na empresa são apresentadas na figura 30.

Fontes de resiliência	Fonte de fragilidade associado	Princípios da ER ativado ou desenvolvido	Qual a ênfase da fonte frente às ameaças?	Emergente ou formal?	Origem interna
-----------------------	--------------------------------	--	---	----------------------	----------------

1	Estratégia dos pilotos de conferir e conciliar as informações dos instrumentos de navegação com as do GPS	Defasagem tecnológica dos instrumentos de navegação e a utilização de GPS	Flexibilidade e Consciência	Preventiva	Emergente	Operadores
2	Escolhem as aeronaves a partir da priorização segundo o grau de defasagem tecnológica	Diferentes graus de defasagens tecnológicas entre as aeronaves da empresa	Flexibilidade, Aprendizagem, Consciência	Preventiva	Emergente	Operadores
3	Os co-pilotos procuram realizar as atividades deles e as dos comandantes	Indisponibilidade do piloto automático	Flexibilidade	Preventiva	Emergente	Operadores
4	Diretrizes informais estabelecidas pelos tripulantes para realizar a recusa de tarefas	A empresa não possui diretrizes claras orientando os pilotos na recusa de tarefas	Aprendizagem, Consciência	Preditiva	Emergente	Operadores
5	Solicitam um parecer de outro tripulante para justificar à alta direção a recusa do voo	Pressão por produção causada pela alta direção	Flexibilidade	Preventiva	Emergente	Operadores
6	Constante atualização dos procedimentos formais de operação das aeronaves	Falta de procedimentos documentados	Flexibilidade, Aprendizagem	Preditiva	Emergente	Operadores
7	Os pilotos tentam recusar o voo, quando não se sentem confortáveis com o outro tripulante indicado	Processo de seleção e contratação dos tripulantes e demais funcionários	Flexibilidade	Preventiva	Emergente	Operadores
8	Os relatos de segurança são compartilhados entre os tripulantes	Poucas informações sobre o desempenho de segurança da empresa	Aprendizagem, Consciência	Reativa	Emergente	Operadores
9	Lista compartilhada sobre as condições de operação dos principais aeroportos utilizados pela empresa	Condições operacionais ruins dos principais aeródromos operados pela empresa	Aprendizagem, Consciência	Reativa	Emergente	Operadores

Figura 30 – As fontes de resiliência identificadas na empresa A

A **primeira fonte de resiliência** a ser analisada mostra como os pilotos lidam com a defasagem dos instrumentos de navegação e a aquisição de informações do GPS. Conforme a fonte de fragilidade analisada, os instrumentos de navegação, mais especificamente o VOR e o ADF, não fornecem informações adequadas sobre o posicionamento da aeronave em relação às estações de radio difusão VOR e NDB, respectivamente. As estações enviam sinais eletromagnéticos em todas as direções e os receptores na aeronave indicam de onde vêm os sinais recebidos (WASSON, 1996). É a partir desses sinais e das indicações dos instrumentos que os pilotos voam por instrumento, se deslocam entre dois pontos sem referências visuais com o solo. Outro instrumento que equipa as aeronaves é o giro direcional, cuja função é indicar a direção do voo, como uma bússola. Entretanto, o giro direcional precisa ser ajustado pelo piloto em tempos regulares e sempre após as curvas, pois acontece o efeito da precessão. Quando nenhum desses instrumentos mostra informações corretas sobre o posicionamento da aeronave qual a direção em que está seguindo, os pilotos têm dúvidas quanto ao posicionamento da aeronave em relação às estações e ao trajeto que a mesma precisa percorrer.

Com a defasagem dos instrumentos, a empresa comprou um equipamento de GPS por aeronave. A justificativa foi uma tentativa de resolver a defasagem tecnológica dos instrumentos com informações provenientes de satélites. Os instrumentos estão dispostos no painel distantes um dos outros. Na verdade, o painel está organizado a partir dos instrumentos de navegação, não sendo previsto o uso do GPS. Um problema adicional imposto, é que o GPS não possui informações completas que permitam aos pilotos realizarem o voo por instrumento sem a consulta aos instrumentos de navegação. Essa limitação se deve a qualidade do GPS e sua limitação, pois o mesmo possui uma defasagem entre o posicionamento indicado e o real.

Portanto, os pilotos relataram que durante as aproximações por instrumentos, eles têm que olhar os instrumentos de navegação, interpretar as informações (ainda tem que saber quais delas não aparentam apresentar informações corretas), conferirem com as informações disponibilizadas pelo GPS, imaginarem o posicionamento geográfico da aeronave em relação ao trajeto e ao destino, e transformarem essas informações (e outras) em comandos. Os comandos servem, então, para manter a aeronave dentro do trajeto de voo (vertical ou horizontal) em vistas de atingir o destino final.

A verificação contínua dos pilotos é a forma que os mesmos encontraram para lidar com a defasagem das informações dos instrumentos de navegação. Aliado a este fato, os mesmos procuram realizar vôos somente em boas condições meteorológicas, devido à incerteza sobre a real posição da aeronave. Frequentemente, os pilotos levam mapas e cartas de navegação (utilizados para vôos com referências visuais ao terreno) para conferir se as características geográficas encontradas são as mesmas previstas nos mapas e cartas. É provável que, mesmo sentindo-se sobrecarregados em avaliar dois diferentes instrumentos, a baixa velocidade de operação das aeronaves favoreça a adaptação em situações de baixa carga de trabalho na cabine, tais como vôos realizados em condições visuais e em localidades conhecidas.

Essa fonte de resiliência mostra a capacidade flexível e a consciência da empresa. A flexibilidade é garantida pela estratégia adotada pelos pilotos em conferirem as informações dos instrumentos de navegação com as informações do aparelho de GPS. A adaptação realizada pelos pilotos é uma estratégia informal e um meio que os mesmos encontraram para lidar com os constrangimentos impostos.

O princípio da consciência é garantido porque os tripulantes conhecem os limites operacionais impostos pelos instrumentos de navegação e o aparelho de GPS. A partir desse pressuposto, alguns vôos específicos, como os realizados para terrenos montanhosos,

são realizados diurnamente e em condições meteorológicas favoráveis, no qual o contato visual com o terreno acidentado é garantido.

Quanto a sua ênfase, a fonte pode ser classificada como preventiva, pois a adaptação objetiva reduzir os impactos ocasionados pelos constrangimentos. Essa classificação é reforçada pelo fato dessa fonte não ser o resultado da recuperação do controle do sistema. Na verdade, a fonte de resiliência é a tentativa dos pilotos de manter o controle sobre a aeronave evoluindo dentro de um espaço geográfico.

A estratégia utilizada pelos pilotos é considerada como emergente e de origem dos próprios pilotos, uma vez que a alta direção ignora a existência desse constrangimento durante as operações, mesmo que o diretor geral também seja um dos pilotos prejudicados. Também não há nenhum treinamento ou procedimento formalizado referente à utilização das informações dos instrumentos de navegação e do GPS ao mesmo tempo.

A **segunda fonte de resiliência** identificada na empresa é a estratégia que os tripulantes desenvolveram para lidar com as diferenças de defasagem tecnológica entre as aeronaves. A segunda fonte de fragilidade discutida mostrou que algumas aeronaves estão em melhores condições técnicas de realizarem um voo do que outras, por isso os tripulantes procuram escolher a aeronave em melhor condição de voo, sempre que possível, a partir de uma priorização informal.

Apesar de não ter sido relatado disputas entre as equipes, sempre que possível os tripulantes, antes de realizar um voo, procuram escolher a aeronave considerada como o melhor equipamento. Segundo os tripulantes, é possível dispor as três aeronaves segundo sua condição técnica e, conseqüentemente, sua influência nas operações. A primeira é a melhor em condição técnica. Segundo os funcionários de manutenção, todos os esforços são realizados para mantê-la sempre nas melhores condições de voo. Essa aeronave permite a realização de voos em cenários mais complicados, como voo noturno, em terreno acidentado, destino distante, pistas curtas e não pavimentadas, etc. Apesar de sua qualidade operacional, essa aeronave, assim como as outras, possui os instrumentos de navegação defasados e um aparelho de GPS.

A segunda aeronave, na lista dos pilotos, possui boas condições de voo, com um único problema: os motores e a qualidade do interior das cabines. Segundo relatos, os motores não produzem a mesma propulsão esperada, por causa do desgaste. Um dos copilotos afirma que essa aeronave somente é utilizada para voos de médio alcance, pois com a defasagem dos motores, ela consome mais combustível e não possui a mesma capacidade de voar a altas altitudes e em aeroportos localizados em terrenos acidentados, devido à

limitação da mesma em realizar uma decolagem ou aproximação perdida. O interior da mesma, também se encontra mal conservado, com algumas poltronas soltando pedaços e o carpete do chão sujo. Clientes importantes para a empresa, dificilmente, são alocados dentro dela para realizar um voo.

A lista termina com a pior aeronave da frota, segundo os tripulantes. Essa aeronave, além dos problemas relatados para as outras, possui frequentes falhas nos sistemas elétricos, deficiências no sistema hidráulico e no sistema de freios. Dificilmente a aeronave é utilizada para realizar voos, mas, quando utilizada, prefere-se empregá-la em voos de curta distância, com grandes pistas de pouso e decolagem e em localidades sem elevações ao redor. Os pilotos relataram que ficam apreensivos quando precisam voar nessa aeronave.

A garantia da resiliência ocorre através da priorização das aeronaves pelos pilotos, influenciando a flexibilidade, a aprendizagem e a consciência da empresa. A flexibilidade ocorre devido à capacidade adaptativa e criativa dos pilotos ao perceberem as diferenças entre as aeronaves e escolhê-las, segundo a rota a ser voada. O atendimento a esse princípio não é pleno, pois a escolha das aeronaves depende da disponibilidade das mesmas para realizar o voo. Portanto, nem sempre é possível escolhê-las, apesar de ser possível em 90% dos casos, conforme o relato de um dos comandantes.

O princípio da aprendizagem mostra como o conhecimento de cada um dos pilotos contribuiu para a elaboração das priorizações, mesmo que cada um não tenha conhecimento pleno sobre a capacidade operacional das aeronaves. Por fim, a consciência mostra como os tripulantes procuram evidenciar os limites de segurança de suas operações. No momento em que se prioriza a capacidade técnica da aeronave e a associa com o destino a ser voado, os operadores procuram restringir a operação, com intuito de evitar situações inseguras. A restrição imposta pode ser associada à capacidade dos operadores em determinar quão perto dos limites de segurança a operação se encontra e se encontrará.

A ênfase dessa fonte é preventiva, uma vez que ela procura reduzir as ameaças provenientes da defasagem técnica das aeronaves. A ênfase seria preditiva, caso a empresa trocasse e adequasse as aeronaves tecnicamente. Da mesma forma, uma ênfase reativa seria caracterizada se a seleção das aeronaves fosse realizada após a ocorrência de quase-acidentes ou incidentes.

Pelo fato dessa estratégia ser compartilhada entre os tripulantes de voo e a empresa não ter reconhecido e a divulgado, essa fonte pode ser classificada como emergente. Ainda

é possível afirmar que a fonte é uma iniciativa dos próprios operadores, caracterizando sua origem.

A **terceira fonte de resiliência** reflete o meio pelo qual os co-pilotos encontraram para lidar com a falta de piloto automático nas aeronaves e a delegação do controle da mesma pelo piloto em comando, quando em cruzeiro. Os dados mostraram que os próprios co-pilotos controlam a aeronave, principalmente na etapa do voo mais longa e monótona, o voo em cruzeiro. Quando os co-pilotos são os pilotos de monitoramento, os comandantes delegam a eles o controle da aeronave, e estes, ao mesmo tempo, têm que realizar as atividades inerentes a sua função, gerando sobrecarga de trabalho.

Segundo os relatos, os co-pilotos, sabendo do excesso de atividades que precisam ser realizadas, acabam tendo que executá-las seqüencialmente, alocando a atenção em cada uma delas em determinados momentos. Um dos co-pilotos define essa estratégia no seguinte relato:

“Você olha o altímetro, o ‘climb’ e o indicador de atitude. Se eles estiverem indicando que não há tendência da aeronave subir ou descer, eu olho os instrumentos de navegação para ver o que eu tenho que fazer e retorno para os primeiros. Se tivermos próximos de um aeroporto, eu já preciso chamar o aeroporto pelo rádio. Antes, porém, eu verifico novamente a tendência da aeronave. É sempre um ‘olho’ na tendência da aeronave e ‘outro’ nas demais atividades”.

Os pilotos ainda afirmam que tal adaptação somente é possível considerando as características das aeronaves. Os aviões voam a baixas velocidades, se comparados aos utilizados pelas grandes empresas de transporte aéreo, e possuem sistemas mais simples e fáceis de operar. Essas aeronaves permitem um maior tempo de ação pelos pilotos, principalmente, entre duas tarefas. O segundo permite que os pilotos tenham um conhecimento mais amplo do funcionamento da aeronave, garantindo que qualquer problema seja mais facilmente identificável.

Nesse sentido, a fonte de resiliência pode ser considerada como emergente, por não ser formalizada e não ser conhecida por todos da empresa, revelando a adaptação dos co-pilotos frente à fragilidade. Aliado a este fato, a baixa complexidade tecnológica e as baixas velocidades das aeronaves mostram de que forma o princípio da flexibilidade é ativado. Por último, a fonte revela que a empresa não tomou ações prevendo a degradação da capacidade técnica das aeronaves e que suas conseqüências influenciam as operações dos pilotos. A forma como os pilotos lidam com a fragilidade, evitando maiores

consequências e até eventos com consequências indesejadas, mostra a capacidade que a ênfase resiliente da empresa é preventiva, evitando que algo ruim se torne pior.

A **quarta fonte de resiliência** ocorre pelo fato da empresa não possuir diretrizes claras estabelecendo quando um voo não pode ser realizado, principalmente considerando a meteorologia. Há uma tendência de a alta direção pressionar os tripulantes para realizar o voo, embora os documentos estabeleçam os comandantes como os únicos responsáveis pela decisão de realizar ou não o voo.

Para lidar com os constrangimentos anteriores e garantir o cumprimento do trabalho de forma segura, os tripulantes estabeleceram, informalmente entre si, quais voos não podem ser realizados quando as condições meteorológicas do aeroporto de destino ou de partida não estiverem propícias para a realização de voos visuais. Esse acordo informal foi realizado considerando, principalmente, os fatores tecnológicos e o conforto ao passageiro, evidenciando que os tripulantes favorecem o julgamento em favor da segurança em situações que não são pressionados. Os mesmos ponderam que há limitações técnicas consideráveis nas aeronaves (mesmo a melhor em condição de voo) e que os clientes têm medo de voar em condições meteorológicas ruins, pois o balanço causado pela turbulência causa desconforto.

Esse acordo informal é repassado pelos pilotos mais antigos, geralmente os comandantes, para os mais novos (os co-pilotos), principalmente antes dos voos. Os mais antigos revelam quais são os indícios que mostram a degradação da meteorologia durante o voo e que podem prejudicar a chegada no aeroporto de destino. Na verdade, há uma relação entre a direção do voo, norte ou sul, e o fenômeno meteorológico identificado nos boletins meteorológicos, frente fria ou massa de ar quente, por exemplo. Um exemplo revelado pelo comandante mostra que se há um voo a ser realizado com sentido sul e há indícios de chegada de uma frente fria, os pilotos recusam realizar o voo. Se o destino for norte e a aeronave não precisar retornar à base imediatamente, o voo é realizado. Já quando não é preciso retornar à base imediatamente, o voo é recusado, pois no retorno há a possibilidade de encontrar os efeitos da frente fria.

A partir dessas evidências, a análise da fonte identificou a ativação dos princípios da aprendizagem, flexibilidade e consciência. As diretrizes informais foram propostas a partir das experiências de alguns tripulantes, principalmente, os mais experientes. Alguns tripulantes, que contribuíram para a definição das diretrizes, afirmaram terem aprendido a partir de experiências boas e ruins. As boas foram situações nas quais eles recusaram realizar o voo e a meteorologia se degradou conforme a previsão, ou outros pilotos, sem

vínculo com a empresa, relataram terem tido problemas por causa da meteorologia ruim. Em outras ocasiões, quando o voo foi realizado, mesmo com a incerteza sobre as condições, o voo teve que ser direcionado para outros aeroportos ou retornou à origem, causando os transtornos apresentados na figura 29.

A consciência está associada à tentativa de explicitação dos espaços de segurança das operações nas condições especificadas anteriormente. As diretrizes informais podem ser comparadas aos limites, às margens de segurança da operação. Cada decisão tomada pelos tripulantes serve como redefinição dos limites e o compartilhamento entre os tripulantes as torna explícitas entre eles, sendo esta última a justificativa para a classificação da fonte de resiliência como emergente e originada a partir de ações isoladas dos operadores. A fonte ainda evidencia a resiliência preditiva da empresa, pois os tripulantes procuram antecipar possíveis situações de perigo antes de o voo ser realizado.

A **quinta fonte de resiliência** decorre da necessidade dos tripulantes, principalmente os comandantes, de reduzirem ou evitarem a pressão da alta direção para realizarem o voo. Segundo os relatos, sempre que um voo precisa ser realizado, mas os tripulantes têm dúvidas quanto às condições meteorológicas, desempenho da aeronave e condições da pista do aeroporto de destino, eles procuram avaliar esses fatores e chegar a uma conclusão. Entretanto, em alguns voos, há uma pressão da alta direção, mais especificamente do diretor geral, principalmente quando o voo é rentável, ou o cliente é importante para a empresa. Para diminuir essas consequências e evitar confronto com a alta direção, os comandantes procuram pedir opiniões de outros para reforçar as suas decisões. Na verdade, a segunda opinião sempre reforça a decisão tomada pela tripulação.

Essa fonte de resiliência influencia a flexibilidade da empresa, sua ênfase é preventiva, emergente e origina-se a partir dos próprios operadores. A estratégia utilizada pelos pilotos, de utilizar uma segunda opinião para justificar sua recusa, mostra a forma pela qual os operadores conseguem lidar com a pressão. A adaptação revela a característica preventiva da resiliência da empresa, já que ela não evita a ocorrência da pressão, mas reduz suas consequências sobre a decisão dos pilotos em realizar o voo. Os pilotos se referem a essa estratégia como dica, a qual é passada de um piloto para o outro, principalmente aos mais novos, justificando sua característica informal sem a intervenção da empresa.

A constante modificação dos padrões de procedimentos técnicos caracteriza a **sexta fonte de resiliência**. O diretor de operações relatou que, em voos de curta duração e desde que seja o único a ser realizado no dia, procura realizar junto com outro comandante,

objetivando verificar os procedimentos utilizados. Tal fato, aliado ao tamanho da empresa, facilita a modificação dos padrões de operação da empresa, sempre que necessário. Segundo um comandante, mesmo que haja diferenças entre os procedimentos adotados por cada um, não há variações contraditórias, uma vez que as aeronaves possuem instrumentos, chaves, equipamentos e botões, localizados de forma a seguir uma ordem lógica para serem ligados, acionados ou verificados. “Não tem como infringir essa ordem, pois a cada fase do voo (acionamento dos motores, decolagem, pouso, etc.) requer um conjunto de ações”, relata um dos pilotos.

A facilidade de modificação dos padrões de operação revela a flexibilidade da empresa. Este fator poderia ser visto como uma fragilidade, se cada piloto tivesse seu próprio padrão de modo isolado. Porém, frequentemente, o diretor de operações, como comandante, procura identificar e estabelecer os padrões ao realizar o voo com os demais comandantes. Aliado a este fato, os próprios comandantes trocam informações entre si sobre os procedimentos e com os co-pilotos, garantida pela pequena equipe de pilotos. As trocas de informação, a respeito dos padrões entre os pilotos e as ações do diretor de operações, revelam como a empresa aprende com a experiência de cada tripulante, chegando a um conjunto de procedimentos de voo formais.

Mesmo que os procedimentos não sejam constatemente documentados, há baixa variabilidade entre os procedimentos adotados por cada tripulante, como revelado pelas entrevistas revela uma estratégia encontrada pelos tripulantes revela a resiliência preditiva da empresa. Essas evidências, também caracterizam a fonte como emergente e originada nas operações.

A **sétima fonte de resiliência** está associada à fonte de fragilidade referente ao processo de seleção de tripulantes da empresa. O processo de seleção não inclui os próprios tripulantes da empresa e não procura identificar se o perfil do candidato está de acordo com o da empresa, resultando a contratação de pilotos que, mais tarde, entram em conflito com os demais. O conflito ocorre porque a falta de padronização dos procedimentos técnicos de voo, mesmo com a pequena variabilidade encontrada entre os comandantes, faz com que a coordenação e cooperação entre os pilotos sejam influenciadas pela qualidade do relacionamento interpessoal entre eles. Quanto mais eles se conhecem e gostam de voar um com o outro, “[...] o voo sai de forma mais fácil e melhor”, segundo um dos comandantes.

Ao serem convocados pelo coordenador de voo para realizar um voo, sendo a priorização baseada no valor total da parcela do salário referente à produtividade, os

pilotos têm a opção de recusar o voo. Nos casos relatados, ao receber a ligação, os pilotos questionam quem será o comandante ou co-piloto do voo. Dependendo da resposta, há a recusa em realizar o voo.

Na verdade, além do fator anterior, a decisão dos pilotos considera ainda os seguintes fatores: o valor do salário estimado para o final do mês, porque poucas horas de voo realizadas têm como consequência um salário menor; o valor rendido pelo voo proposto, já que voos noturnos rendem mais que diurnos; a quantidade de horas previstas e a extensão do voo, revelando se há ou não parada em algum aeroporto; e o aeroporto de destino, pois aeroportos muitos próximos não rendem muitas horas de voo. Entretanto, nessa ponderação, geralmente, o peso atribuído ao outro tripulante designado é maior quando a dupla não tem uma boa relação.

Segundo um dos tripulantes entrevistados, “[...] saber quem é o outro piloto acionado para realizar o voo faz você pensar um pouco mais se realmente quer voar”. Um segundo entrevistado complementa “se for um cara que você não se dá bem, eu prefiro não voar, pois sei que vai haver algum conflito ou estranhamento e o voo será mais cansativo, principalmente em voos muito longos ou quando temos que ficar em um hotel”.

Nesse sentido, a fonte de resiliência ocorre porque, ao recusar, eles tentam garantir e oportunizar outro tripulante que possui melhor relacionamento, em detrimento da perda financeira e das horas de voo não realizadas. A fonte ainda pode ser classificada como preventiva, uma vez que a recusa de realizar o voo previne a ocorrência de conflitos, o que poderia prejudicar o bom andamento do voo. Por fim, esta fonte se origina por ações isoladas de alguns tripulantes e não é amplamente divulgada entre os funcionários, caracterizado-a como emergente.

A **oitava fonte de resiliência** ocorre através do compartilhamento dos relatos informais de segurança entre os tripulantes. Os meios formais de relato de situações de insegurança não são utilizados, por dois fatores, conforme afirma o responsável pela segurança de voo. O primeiro é o julgamento dos tripulantes quanto às situações de insegurança que devem ser relatadas utilizando os formulários específicos. Segundo os mesmos, são situações de insegurança são ocasiões nas quais houve uma consequência negativa, como colisão, quebra de algum componente da aeronave e que ocorreu por culpa de um terceiro, seja piloto, aeroporto ou abastecimento, por exemplo. O segundo é o medo de identificação do relato. O pequeno porte da empresa aliado à baixa demanda de voos resulta na facilidade de identificação dos envolvidos no evento e na atribuição de culpados e julgamentos, mesmo com os esforços do diretor de operações para evitar tais situações.

Dado o contexto e a importância de algumas informações, os tripulantes evitam a formalização desses eventos, revelando-as entre si durante conversas informais. Os co-pilotos são a principal fonte de trocas de informações, pois eles realizam vôos com diferentes comandantes e cada evento é difundido entre eles. Essa troca de informações é evidenciada no comentário de um dos comandantes: “Eles (os co-pilotos) acabam nos dizendo o que aconteceu com fulano ou beltrano, e, para nós (comandantes) isso é muito bom, pois eu fico sabendo que naquela localidade eu tenho que me atentar para um problema específico”.

Essas evidências revelam como a consciência e a aprendizagem da empresa são enriquecidas, pois, a partir de situações vivenciadas por alguns funcionários, há o aumento das experiências de todos os pilotos, tornando mais claro, dessa forma, os limites de segurança das operações. Um exemplo citado foi o evento no qual uma das aeronaves teve dificuldade de decolar de um aeroporto, porque estava com uma grande quantidade de combustível e com muitos passageiros, o que quase gerou um incidente. Ao ser repassado aos demais pilotos, informalmente, estes passaram a incorporar as limitações de quantidade de passageiros e de combustível impostas por aquela localidade.

Ao contrário das fontes de resiliência discutidas anteriormente, esta fonte pode ser classificada como reativa. Mesmo que a troca de informações seja realizada informalmente (emergente) entre os tripulantes (operadores), somente situações cujas consequências foram ruins são reveladas. Segundo um dos pilotos, o exemplo da dificuldade de decolagem de uma aeronave somente foi revelado pela gravidade percebida por eles e o desconforto causado aos passageiros, pois, do contrário, não seria comentada.

A **nona fonte de resiliência** está associada às condições ruins dos aeroportos mais operados pela empresa. Entre estas condições estão pistas com pedras soltas e buracos, vegetação alta próxima à pista, árvores próximas às cabeceiras, entre outras. Essas informações, mesmo importantes, não constam no principal meio de informação sobre as condições dos aeroportos, conhecido como Rotaer e Notams.

Nesse caso, os pilotos procuram determinar limites de operação das aeronaves nas localidades que eles sabem que possuem restrições à operação segura da aeronave, como pousos e decolagens somente em uma das cabeceiras, limitação de passageiros e de combustível dependendo da distância a ser voada, entre outras. Como resultado, as limitações são disponibilizadas e atualizadas através de uma lista a todos os tripulantes e ao coordenador de vôo. Por exemplo: uma das aeronaves não consegue decolar de um dos aeroportos se estiver abastecida com todo combustível possível e com todos os passageiros

embarcados. Na lista, este aeroporto pode ser operado desde que tenha um limite de passageiros e de distância a ser voada (limitando a quantidade de combustível).

A lista é uma tentativa de estabelecer uma consciência coletiva sobre os limites de segurança das operações em vôos para algumas localidades e a aprendizagem de situações que já apresentaram restrições às operações anteriormente. Para os pilotos, a lista garante um detalhamento das condições reais de operação encontradas por eles quando realizarem um vôo para aquelas localidades, principalmente os perigos e as limitações. Já, para o coordenador de vôo, antes da venda de um vôo para uma das localidades contidas na lista, a lista antecipa as restrições ao vôo, como, por exemplo, a quantidade de passageiros permitida na aeronave, ou a quantidade de paradas que a aeronave precisa realizar antes de chegar ao destino, devido às restrições de combustível.

A ênfase dessa fonte, a exemplo da anterior, é reativa, pois as restrições somente são inseridas na lista depois da ocorrência de eventos, cujas conseqüências foram indesejadas, como quase-acidentes ou, inclusive, incidentes. Adicionalmente, a fonte pode ser classificada como emergente, pelo fato de ainda não ter sido reconhecida, formalizada e documentada pela alta direção, e por se originar a partir de ações dos operadores.

Após a apresentação das fontes de resiliência identificadas na empresa, é possível propor as seguintes conclusões preliminares: i) das 11 fontes de fragilidade, 9 geraram fontes de resiliência; ii) todas as fontes de resiliência identificadas estavam associadas, de alguma forma, aos constrangimentos causados pelas fontes de fragilidades identificadas; iii) todas as fontes estavam, de alguma forma, relacionadas com os princípios da flexibilidade (66,7%), consciência (55,6%) e aprendizagem (55,6%); iv) em 66,7% das fontes foram identificados mais de um princípio relacionado; v) em 22,2% das fontes tiveram ênfases preditivas ou reativas, e 55,6% tiveram ênfase preventiva; e vi) todas as fontes originaram-se de ações emergentes e isoladas dos operadores. Esses dados revelam que as fontes de resiliência podem ser interpretadas como estratégias ou ações adotadas pelos operadores para lidar com os constrangimentos impostos identificadas como fontes de fragilidade e, por isso, em nenhuma delas houve participação da alta direção no favorecimento.

#### 4.1.4 Considerações Finais

Os dados apresentados mostram que a empresa utilizada como primeiro estudo de caso têm 40 anos de existência, tendo passado por diferentes direções e estruturas. A empresa possui uma grande estrutura física para suportar as operações de vôo e conta com

uma frota de três aeronaves próprias. Por serem da década de 70, as aeronaves encontram-se, atualmente, em diferentes condições tecnológicas, mas todas necessitam de atualização, principalmente, o piloto automático e os instrumentos de navegação. Da mesma forma, os instrumentos de navegação precisam estar coerentes com o sistema de GPS utilizados na aeronave, de forma a evitar a sobrecarga de informação nos pilotos.

A empresa conta com 15 funcionários, exercendo diversas funções, principalmente, os pilotos. Eles ainda ocupam diferentes cargos, principalmente, os de diretor-geral, de operações e de responsável pela segurança de vôo. Por este motivo e pela relação hierárquica entre eles, há um conflito de poder, pois, ao mesmo tempo, ambos são subordinados e chefes.

A organização hierárquica real identificada é diferente da prevista no organograma da empresa. Da mesma forma, o funcionamento real da empresa procura lidar com as restrições impostas e difere do padrão encontrado nos manuais. Um exemplo apresentado foi a alocação de pilotos para o vôo, que depende da quantidade de horas de vôo realizadas por mês, pois metade do salário deles é composto pela remuneração variável e dependente da produtividade.

Das fontes de fragilidade e resiliência analisadas, destacam-se a relação entre a identificação das fontes de fragilidade e de resiliência; o princípio do comprometimento da alta direção somente foi identificado como prejudicado ou não seguido; a grande incidência de fontes emergentes e de origem interna. A partir das fontes de fragilidade, foi possível avaliar como os operadores, mais especificamente os tripulantes, lidam com os constrangimentos impostos por elas. As formas que os tripulantes lidam com os constrangimentos foram analisados como fontes de resiliência, em 9 das 11 fontes de fragilidade, revelando uma possibilidade de relação entre elas.

Em 45,5% das fontes de fragilidade constatou-se o prejuízo ou o não seguimento do comprometimento da alta direção, e nenhuma das fontes de resiliência revelou esse princípio. Tal fato pode estar associado às práticas adotadas e à falta de dedicação da alta direção em relação à segurança da empresa. O constante favorecimento da produção em detrimento da segurança se apresenta implícito em todas as decisões da empresa, principalmente em relação à realização de vôos, a recusa de tarefa e atualização da frota e dos equipamentos das aeronaves. Por fim, verificou-se uma grande incidência de fontes de fragilidade e de resiliência, originadas a partir da estrutura interna da empresa. Foram identificadas fontes originadas internamente em 90,9% das de fragilidade e em todas de resiliência. Das fontes de resiliência originadas internamente, todas estavam ligadas às

decisões ou ações tomadas por gerentes ou diretores. Por outro lado, todas as fontes de resiliência tinham origem dentro da empresa a partir de ações isoladas e informais dos tripulantes de voo.

## 4.2 ESTUDO DE CASO NA EMPRESA B

### 4.2.1 Análise do sistema sócio-técnico complexo

#### 4.2.1.1 Histórico

A empresa B foi fundada na década de 90 e iniciou suas operações como empresa de táxi aéreo em Brasília, onde, atualmente, encontra-se a matriz. Não há muitas informações a respeito sobre suas operações, nesse período. O que se sabe é que ela possuía uma aeronave e uma tripulação. Não se sabe ao certo quais eram as demandas de voo da empresa e quantos funcionários a mesma possuía. Os fatos mais concisos a respeito da empresa começam em 2005, quando ela adquiriu uma aeronave a jato para realizar vôos nacionais e a sede operacional foi transferida para um aeroporto na região sudeste do país. A empresa, ainda mantém o hangar em Brasília como suporte aos vôos que, eventualmente, se destinam àquela cidade.

#### 4.2.1.2 Subsistema Social

A empresa conta atualmente com onze funcionários próprios, dos quais oito participaram da pesquisa, e com uma empresa terceirizada que presta serviços de limpeza das instalações (nenhum participou do estudo). Aqueles que foram entrevistados estão relacionados na figura 31, segundo a ou as funções desempenhadas.

Funcionário	Funções	
Funcionário I	Assistente de Operações	Coordenador de voo
Funcionário III	Comandante	Chefe de Manutenção
Funcionário IV	Comandante	Chefe de Operações e Piloto Chefe
Funcionário V	Comandante	Treinamento
Funcionário VI	Comandante	
Funcionário VII	Co-piloto	
Funcionário VIII	Co-piloto	Responsável pela Segurança de voo
Funcionário X	Técnica de CTM	Biblioteca Técnica

Figura 31 – Distribuição dos funcionários entrevistados da empresa B por função desempenhada

Os dados da figura 31 mostram a multifuncionalidade de alguns funcionários, justificado pelo pequeno porte da empresa e a baixa quantidade de vôos. Essa característica

fica mais evidente nos funcionários que desempenham funções a bordo das aeronaves. Os pilotos aproveitam os períodos nos quais não há vôos para desempenhar atividades gerenciais. Dos pilotos que desempenham mais de uma função, dois deles possuem funções gerenciais, a exemplo do que ocorre na empresa A.

A figura 32 apresenta a distribuição dos funcionários por faixa de idade e nível de escolaridade. A distribuição por tempo de serviço na empresa é apresentada na figura 33.

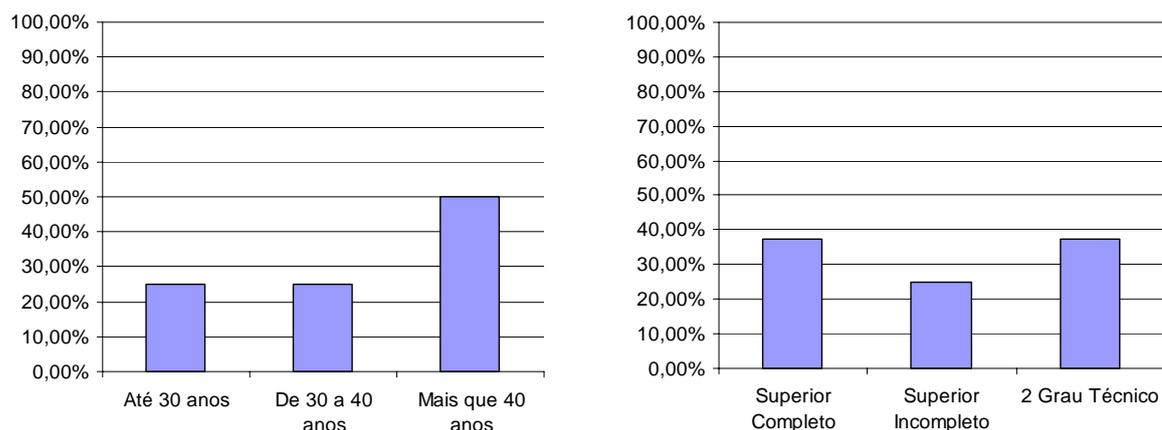


Figura 32 – Esquerda: distribuição dos funcionários da empresa B por idade. Direita: distribuição dos funcionários da empresa B por nível de escolaridade

A média de idade dos funcionários é de 40 anos, com um desvio padrão de aproximadamente 13 anos. O mais jovem funcionário tem 22 anos e o mais experiente, 58 anos. Exceto os mais novos, todos aqueles com idades acima de 30 anos possuem experiência anteriores na aviação e ocupam cargos de alta direção e/ou são os comandantes das aeronaves. Os tripulantes menos experientes, os dois co-pilotos, possuem experiências diferentes. Enquanto, um trabalhou em uma empresa de fabricação de aeronaves e chegou a realizar vôos por esta empresa, o outro possui experiência como instrutor de vôo em instituições de formação de pilotos.

Em relação aos comandantes e chefes, dois, além da experiência acumulada em empresas de transporte aéreo regular, trabalharam em empresas fabricantes de aeronaves. Os demais comandantes (dois) possuem experiência em empresas de táxi aéreo, por mais de 20 anos.

A distribuição dos funcionários em relação ao nível de escolaridade mostra uma grande variação dos dados. Os funcionários com o ensino superior completo ou incompleto somam 37,5%, mesmo valor aos que possuem somente o segundo grau técnico. Os dados também indicaram que 2 dos 3 recém contratados (menos de 2 anos de trabalho na

empresa) possuem curso superior completo ou em conclusão. O chefe de operações expôs não haver uma regra explícita para a contratação de funcionários, devido ao pequeno porte da empresa. Entretanto, afirma haver uma preferência por profissionais com curso superior concluído ou em andamento.

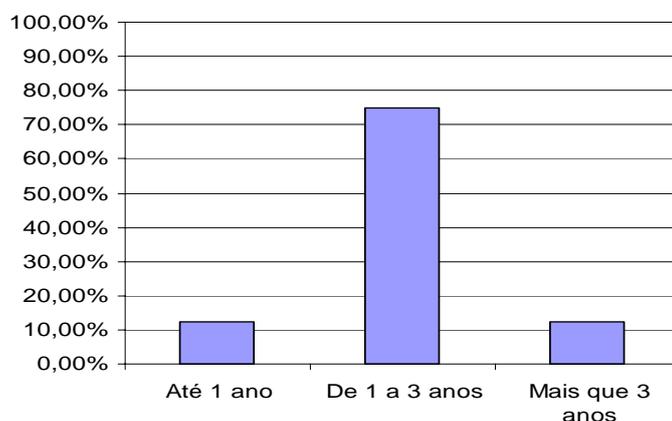


Figura 33 - Tempo de serviço na empresa B

O alto percentual de entrevistados com menos de 3 anos de empresa (75%) sugere que a equipe foi formada recentemente, corroborando os relatos dos entrevistados. O profissional com mais antigo na empresa possui 3 anos e meio de tempo de serviço. Na verdade, há 4 anos a empresa iniciou sua atual estruturação, ao adquirir a primeira aeronave, o que explica esse baixo tempo médio de empresa.

Todos os funcionários são remunerados, a partir de valores fixos, independente da função desempenhada. Para cada função adicional, há um valor de gratificação. Segundo um dos comandantes, o fato de receberem valores fixos facilita a tomada de decisões com relação à realização ou não do vôo, pois dessa forma não estão sujeitos às pressões financeiras pessoais quando a condição operacional não for adequada. Segundo um comandante, “o piloto deve ganhar para esperar e não para voar. Aqui acontece o oposto da maioria das empresas de táxi aéreo que eu conheço e trabalhei”.

Os entrevistados ainda fizeram considerações a respeito dos valores dos salários. De acordo com eles, o valor é um atrativo, se comparado a outras empresas do mesmo setor. Tal fato fica claro nas palavras de um dos comandantes: “[...] a gente tem uma política salarial clara e bem definida [...] a gente ganha bem [...] se comparado a outras empresas de táxi aéreo”. Essa característica faz com eles não necessitem procurar outras fontes para complementar à renda e possam se dedicar integralmente à empresa.

#### 4.2.1.3 Subsistema Técnico

A empresa possui dois hangares localizados no aeroporto em Brasília, e outro, em São Paulo. O primeiro abriga a matriz da empresa, e o segundo, concentra todas as operações de voo e os recursos administrativos, sendo o objeto de estudo e de coleta de dados deste trabalho. Este último, ainda, possui a capacidade para abrigar as duas aeronaves da empresa e as aeronaves de terceiros, já que a empresa, também oferece serviço de hangaragem e limpeza de aeronaves.

O hangar é constituído por instalações para atendimento aos clientes, como salas de recepção de passageiros, banheiros e cozinha. Como a maior parte dos voos inicia ou termina no aeroporto onde a empresa está localizada, a manutenção, alocada nas mesmas instalações, tem fácil e freqüente acesso para acompanhar e verificar as condições das aeronaves. No hangar, há ferramentas para a realização de pequenas manutenções corretivas e preventivas, entretanto, as manutenções mais complexas para cada tipo de aeronave são realizadas por empresas contratadas e homologadas.

Há uma estrutura montada para facilitar a preparação dos voos. A sala dos pilotos disponibiliza acesso às informações de voo, por meio de mídia escrita e eletrônica (aos manuais de voo por instrumento, cartas dos aeroportos, informações sobre aeroportos, etc.). Há internet sem fio cobrindo toda a instalação e, por meio dela, os pilotos podem acessar as informações dos voos disponíveis na rede.

A empresa conta com duas aeronaves a jato. Ambas possuem motores a reação e sistemas automatizados, caracterizando-as como aeronaves de alta complexidade tecnológica, segundo Wells e Chadbourne (2003). O controle delas é, na maior parte do voo, mantido pelo piloto automático e por um computador de gerenciamento de voo. Uma das aeronaves, com capacidade para nove passageiros e dois tripulantes, é utilizada para destinos dentro do território nacional. Já a outra, considerada de longo alcance e com capacidade para dez passageiros e dois tripulantes, é utilizada para voos internacionais ou para longas distâncias, dentro do território nacional.

De acordo com os funcionários, as aeronaves são novas e possuem poucas horas de voo. Um dos diretores afirma que isto facilita a manutenção, pois os componentes, os sistemas e a estrutura da aeronave são novos, evitando a ocorrência de problemas mecânicos pelo ao desgaste.

Em relação aos equipamentos de comunicação, a empresa dispõe de cinco celulares/rádio, um celular e um rádio de comunicação. Os quatro comandantes, o coordenador de voo e o mecânico de manutenção possuem celulares/rádio. Esse aparelho

funciona como um celular normal e, ao mesmo tempo, como um rádio de comunicação. Muitos fornecedores de serviços, localizados dentro do sítio aeroportuário, também possuem esse tipo de aparelho, facilitando a troca de informações e a economia, pois não há gasto pela realização da chamada. Caso haja algum impedimento para realizar uma chamada via rádio, utiliza-se, então, o celular, o que ocorre em poucas ocasiões. Além do mais, cada aeronave possui um celular via satélite com cobertura global, muito útil em localidades nas quais os celulares da empresa não têm cobertura. Esse telefone é tido como um equipamento redundante, principalmente, caso ocorra algum acidente ou incidente, necessitando uma imediata comunicação.

O coordenador de vôo ainda dispõe de um rádio portátil que opera na frequência dos órgãos de controle de tráfego aéreo do aeroporto onde a empresa se localiza. Este aparelho somente é utilizado para acompanhar a saída ou a chegada dos vôos da empresa, pelas limitações de alcance do aparelho.

#### 4.2.1.4 Organização do Trabalho

Embora a empresa B tenha sido estruturada seungundo a legislação vigente, sua organização possui uma peculiaridade. A empresa faz parte de uma controladora, designada como *holding*, responsável por outras empresas de transporte nos setores aéreo e rodoviário. A alta direção fica fisicamente alocada na *holding*, mas está constantemente trocando informações sobre as operações da empresa B por meio do coordenador de vôo. Enquanto a *holding* é responsável pelo processo administrativo, envolvendo as atividades de pagamentos de contas, compras, contratação, exames médicos, pagamento salarial e outros, a empresa B é responsável por controlar os processos de vôo e de apoio (manutenção, limpeza e comissaria, etc.), bem como a seleção e treinamento de funcionários. Os processos sob a responsabilidade de cada uma das empresas estão representados na figura 34.

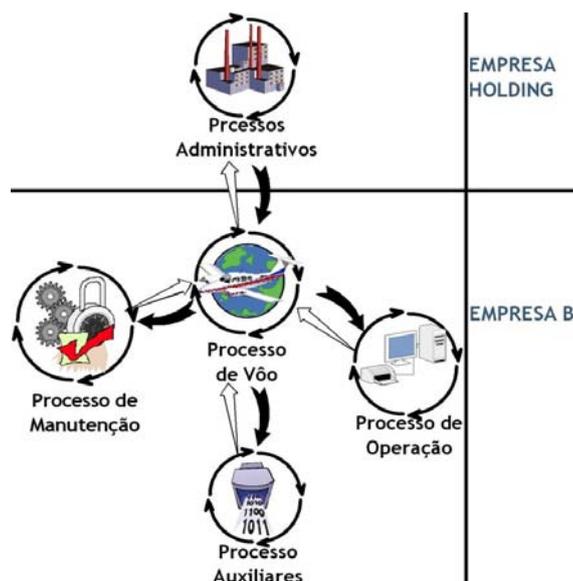


Figura 34 – Processos identificados na empresa B e na empresa controladora

A maior parte das demandas de vôo da empresa são para atender, principalmente, os donos (diretores da *holding*) e os clientes externos e regulares. A aeronave de menor porte é utilizada para vôos nacionais e, na maior parte das vezes, o destino é sempre o mesmo. Já a aeronave de grande porte é utilizada com menor frequência e atende, principalmente, a destinos internacionais. As demandas desses vôos são regulares e previsíveis, pois ocorrem sempre em períodos de férias e feriados.

Raramente alguns vôos são realizados para clientes externos e eventuais. As demandas de vôo de clientes externos possuem um alto grau de imprevisibilidade e irregularidade. Para esses, os fretamentos são realizados quase na totalidade na aeronave de menor porte e os destinos não costumam se repetir tão frequentemente em comparação à demanda dos diretores da *holding*. Esses vôos também costumam ocorrer em horários diversos.

Para atender às demandas, a empresa possui como processo central o vôo, composto pelas seguintes etapas: venda, planejamento e preparação, embarque, decolagem, vôo em rota, descida, pouso e desembarque do cliente. O processo é finalizado quando o cliente chega ao seu destino final ou quando há o cancelamento do vôo, seja pelo cliente ou pela empresa. O pagamento pelo serviço prestado somente é realizado após sua conclusão, quando o cliente chega ao destino final. A empresa emite a fatura de cobrança, mas o controle do pagamento é realizado pela *holding*.

O processo de manutenção da empresa se limita a pequenos e simples serviços, como, por exemplo, antes de cada vôo, o mecânico realiza uma inspeção visual das

condições físicas da aeronave, procedimento este, que é repetido pelos co-pilotos. Quando a manutenção é completa e maior, as aeronaves são encaminhadas para empresas de manutenção, localizadas em outros aeroportos no Brasil.

O processo de operação tem como objetivo manter o controle sobre o processo de voo, proporcionando meios para que o mesmo seja cumprido com segurança, conforto e economia. Este processo é constituído de diversas atividades, incluindo o treinamento e capacitação dos tripulantes, elaboração e atualização de procedimentos padronizados e seus respectivos manuais, controle das horas voadas, acompanhamento de voo, entre outras. A principal atividade do processo de operação é o de monitoramento e acompanhamento de voo, cujo objetivo é garantir adequado suporte às operações.

Há ainda o processo auxiliar de voo, que inclui as atividades de limpeza, guarda e preservação das aeronaves, abastecimento de combustível, alimentos, bebidas e entretenimento para os voos e a movimentação das aeronaves no solo sempre que os motores não estejam em funcionamento operando.

A empresa, ainda, mantém um setor de segurança de voo, o qual é responsável por atividades de planejamento e execução de ações para mitigar e/ou eliminar os riscos. Essas atividades, por sua vez, são baseadas nos relatos dos tripulantes, auditorias de segurança de voo, análise de ocorrências de solo, incidentes ou acidentes.

Cada um desses processos e suas respectivas atividades são desempenhados, segundo uma estrutura hierárquica, representada no organograma da figura 35.

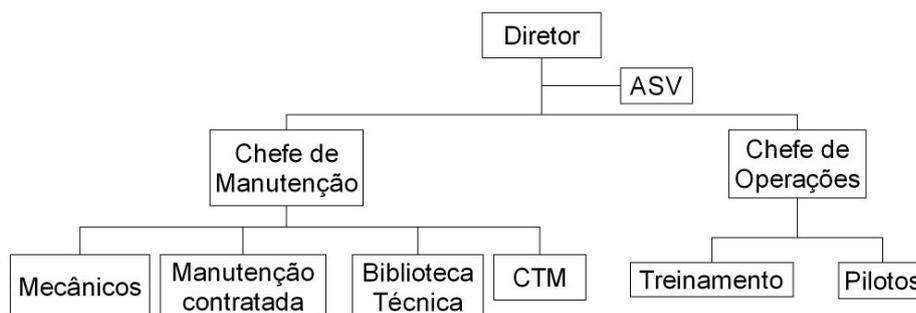


Figura 35 - Organograma prescrito da empresa B

Conforme é possível verificar, o organograma da empresa B não contempla a *holding*, sendo o diretor o responsável pela empresa. O diretor possui um assistente para assuntos relacionados à segurança de voo, denominado ASV. Subordinados ao diretor estão os chefes de manutenção e de operações e suas respectivas equipes.

Embora o organograma apresentado na figura 35 atenda aos requisitos legais, foi constatado que o mesmo não corresponde à organização encontrada no dia-a-dia. A representação da organização informal, conforme dados coletados, é ilustrada na figura 36.

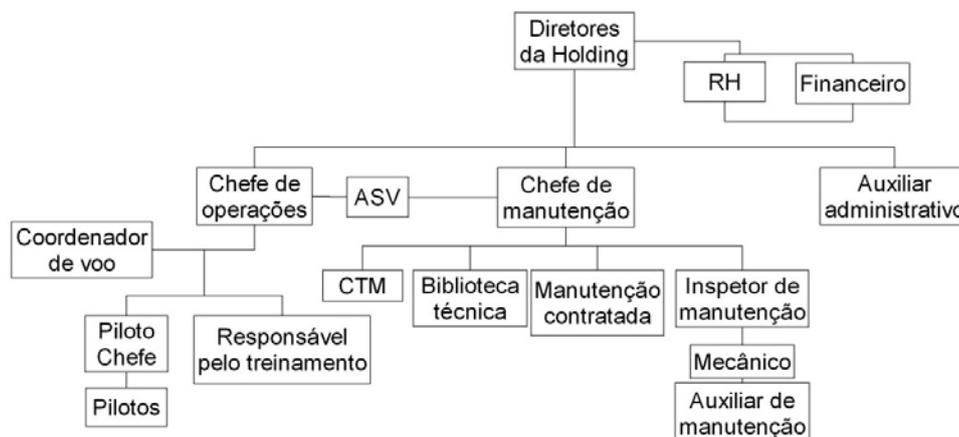


Figura 36 – Real distribuição hierárquica da empresa B

A partir das entrevistas realizadas com os funcionários, foi possível verificar a existência de mais cargos do que aqueles apresentados no organograma. O principal ponto a ser salientado diz respeito à relação da empresa B com a *holding*. Pelo organograma, segundo os documentos, o responsável jurídica empresa B é um dos diretores da *holding*. Na prática, entretanto, a empresa é conduzida por outro diretor da *holding*, que procura manter contato com o coordenador de vôo para se atualizar sobre as operações da empresa, mesmo à distância.

Vale salientar que, na real distribuição hierárquica da empresa, os chefes de manutenção e de operações desempenham mais do que suas responsabilidades. Ambos possuem um alto grau de autoridade nas operações, a ponto de serem considerados pelos demais funcionários como a alta direção. Esses dois funcionários centralizam todas as decisões da empresa e possuem uma ótima relação com os diretores, conforme constatado nas entrevistas.

O responsável pela segurança de vôo não assessora diretamente o diretor, conforme o organograma. Ele assessora diretamente os chefes de manutenção e de operações. Segundo o responsável pela segurança de vôo, como as decisões que afetam operacionalmente a empresa são tomadas pelos chefes, sua função é assessorá-los e garantir que a segurança tenha sempre um peso maior. O funcionário que ocupa este cargo também é co-piloto em uma das aeronaves.

O cargo de chefe de manutenção é ocupado por um funcionário que também desempenha as funções de comandante, inspetor de manutenção e acompanhamento dos serviços de manutenção, quando realizados por empresas contratadas. Sob a responsabilidade do chefe de manutenção, está o controlador técnico da manutenção, que é o responsável pela biblioteca técnica (onde constam todas os regulamentos, manuais e recomendações referentes às aeronaves e suas manutenções). Ainda sob a responsabilidade do chefe de manutenção, estão um mecânico e um auxiliar de manutenção.

O funcionário que ocupa o cargo de chefe de operações, também desempenha as funções de piloto chefe e comandante de uma das aeronaves, conforme o Manual Geral de Operações da empresa. Para assessorá-lo, há o cargo de coordenador de voo, responsável pelo acompanhamento de todos os voos. Ele ainda é o responsável por manter contato com os clientes e realizar cotações e vendas de voo, além de verificar o nível de satisfação, após a conclusão do serviço prestado. Já, subordinados ao piloto chefe, encontram-se os tripulantes.

Apenas dois dos seis tripulantes, um co-piloto e um comandante, não possuem funções formais, conforme as entrevistas revelaram.

A distribuição dos pilotos por aeronave e as funções secundárias desempenhadas por eles é apresentada na figura 37.

FUNÇÕES		AERONAVE	
Principal	Secundárias	X	Y
Comandante	Chefe de Operações e Piloto Chefe		
Comandante	Chefe de manutenção, Inspetor de manutenção e responsável pelo acompanhamento da manutenção contratada		
Co-piloto	Auxiliar o chefe de operações		
Comandante	Responsável pelo treinamento		
Comandante	Nenhuma		
Co-piloto	Responsável pela segurança de voo		

Figura 37 – A função principal e secundária dos tripulantes da empresa B, bem como a disposição deles por aeronave

Com base na figura 37, é possível constatar que cada aeronave possui três tripulantes exclusivos, sendo dois comandantes e um co-piloto, sem a possibilidade de intercambiá-los. Nessa disposição, há a possibilidade de formação de três tipos de equipes. A primeira possibilidade é uma equipe composta por dois comandantes. A segunda e a terceira possibilitam formar uma equipe com um comandante e um co-piloto.

Como forma de manter sempre uma equipe preparada para o vôo, os tripulantes organizam a escala cumprindo seis dias de trabalho e três dias de folga. Não é cobrado dos tripulantes o cumprimento de horários de trabalho e a presença, dos mesmos, na empresa em horários comerciais para realizar atividades não relacionadas às de vôo. Cada um é responsável por uma área e deve mantê-la em operação e atualizada. A escala sempre é preparada com um mês de antecedência e há flexibilidade para atualizar o planejamento original. Comumente, os pilotos “compensam os horários de outro” permitindo um maior tempo de folga. Tal prática é aceita e incentivada pelos chefes da empresa.

#### 4.2.2 Fontes de fragilidade

Foram identificadas poucas fontes de fragilidade na empresa em questão. Todas são apresentadas na figura 38.

Fontes de fragilidade		Consequência	Como os operadores lidam?	Princípio(s) da ER não seguidos ou prejudicados	Regularidade	Potencial imediato de causar danos	Emergente ou formal?	Origem
1	Restrição da capacidade técnica da maior aeronave da empresa	Restrições operacionais	Recusa em realizar determinados vôos	Flexibilidade, Consciência	Regular	Grande	Formal	Interna, alta direção
2	Dificuldade de reservar <i>slots</i> para realizar os vôos no aeroporto onde se localiza a base operacional da empresa	Atrasos na saída dos vôos ou cancelamento de vôos chegando e restrição do planejamento do vôo	O coordenador procura adotar estratégias visando diminuir possíveis pressões por tempo sobre os tripulantes	Flexibilidade	Irregular	Pequeno	Formal	Externa
3	Vôos que devem ser realizados para destinos não operados anteriormente ou não operados regularmente	Rotas e destinos cujas condições de operação são desconhecidas e podem afetar a segurança	Troca de informações com outros pilotos de outras empresas e desistência em realizar o vôo	Consciência	Irregular	Pequeno	Emergente	Externa
4	Falta de treinamento em gerenciamento de crises	Dificuldade da empresa em lidar com acidentes ou incidentes	Cada um possui ações pré-estabelecidas	Aprendizagem	Regular	Pequeno	Formal	Interna, alta direção
5	Pressão por parte dos diretores da empresa	Influencia a tomada de decisão dos pilotos para realizar vôos considerados inseguros	Os chefes de operação e manutenção diminuem a pressão sobre os demais funcionários	Flexibilidade, Consciência	Irregular	Grande	Emergente	Interna, alta direção

6	Os funcionários não participam das decisões estratégicas tomadas pelos diretores da <i>holding</i>	Mudanças sem o conhecimento devido sobre suas conseqüências na operação	Os funcionários encaminham seu parecer ao diretor de operação e de manutenção que, por sua vez, encaminham ao diretor-geral	Flexibilidade	Irregular	Pequeno	Formal	Interna, alta direção
---	--	---	---	---------------	-----------	---------	--------	-----------------------

Figura 38 – As 06 fontes de fragilidade identificadas na empresa B, analisadas segundo as categorias pré-estabelecidas

A **primeira fonte de fragilidade** está relacionada com as aeronaves. A maior aeronave da empresa possui fortes restrições quanto à capacidade de carga, o que geralmente é resolvido, reduzindo a quantidade de combustível para realizar o vôo para poder levar cargas e passageiros. Como conseqüência negativa e induzindo a fragilidade do sistema, a aeronave, se estiver com muitas cargas e passageiros tem seu alcance reduzido, necessitando um abastecimento antes de chegar a origem, dependendo da distância. Entretanto, em alguns aeroportos, o valor do combustível é mais alto, criando um conflito entre abastecer com combustível mais barato, o número de pousos intermediários necessários e pequenas distâncias voadas.

Essa aeronave também possui restrições operacionais em alguns aeroportos, em função de suas velocidades de pouso e decolagem serem um pouco elevadas, no julgamento dos pilotos, em relação a outras aeronaves da mesma categoria. Além disso, alguns serviços de manutenção nessa aeronave têm que ser realizados por empresas no exterior, pois não há oficinas nacionais homologadas. O programa de manutenção também é realizado de forma diferente das outras aeronaves: devem ser realizadas grandes manutenções em grandes espaços de tempos. Tais fatores dificultam o trabalho do responsável pelo controle técnico das manutenções, criando restrições nas operações da empresa, pois para cada grande manutenção a ser realizada, a aeronave precisa ser deslocada para um vôo internacional e, por este motivo, é preciso agendar algum vôo comercial próximo dessa data, pelo menos para cobrir os custos de operação, conforme determinado pelo diretor da empresa.

A análise da fonte permitiu verificar que a mesma prejudica os princípios da flexibilidade e consciência. A primeira é prejudicada porque nem todos os aeroportos podem ser operados com segurança pela aeronave. Em caso de emergência, no qual seja preciso pousar em um aeroporto intermediário, não são todos os aeroportos que comportariam a operação da aeronave. A baixa quantidade de combustível abastecida,

quando a aeronave está com um peso elevado, reduz seu alcance, restringindo as distâncias voadas.

A consciência é prejudicada pela dificuldade de se prever todas as possíveis situações que fariam a aeronave divergir para aeroportos intermediários. Por exemplo: segundo um dos pilotos, um dos planejamentos previa a parada da aeronave em um aeroporto intermediário para abastecimento, antes de prosseguir para o destino. As condições meteorológicas se deterioraram durante o voo, resultando em um consumo maior de combustível, além do previsto. Tal situação não foi prevista pela tripulação, que ficou com dúvidas sobre a capacidade de um outro aeroporto (o mais próximo naquele momento), pois o mesmo não havia sido previsto e estudado anteriormente. A incerteza gerada pela situação dificultou a consciência coletiva sobre as margens de segurança e o espaço seguro de operação, uma vez que os fatores foram prejudicando a capacidade de previsão do desfecho do voo. Por fim, o voo pousou nesse aeroporto que, por acaso, comportou adequadamente a operação da aeronave.

A fonte é classificada como regular, pois a restrição de capacidade da aeronave está sempre presente quando a mesma é utilizada para realizar voo. Suas conseqüências somente são influentes, quando a rota de voo e os aeroportos operados são fatores limitantes, também. O potencial de causar danos é grande, pelo fato da operação dessa aeronave, em um aeroporto inadequado para a mesma, poderia agravar as conseqüências de um evento indesejado, devido a quantidade de passageiros embarcada na aeronave, geralmente oito pessoas. Também é possível classificá-la como formal e de origem interna causado pela alta direção. Mais especificamente, a decisão de comprá-la foi feita pelos diretores da *holding*, com o auxílio de consultores externos. Portanto, a decisão de compra da aeronave foi da alta direção, formalizada em documentos da empresa.

Por último, foi evidenciado como os operadores lidam com a fragilidade. Como não há ainda a possibilidade de trocar a aeronave por outra mais adequada, os chefes de operação e de manutenção impõem os limites de operação e possuem autonomia e autoridade para recusar a realização de voo sempre que julgam prejuízos da segurança. Já, em situações nas quais é preciso realizar o voo, o planejamento é realizado sempre priorizando a segurança em detrimento do lucro. Alguns desses voos geram prejuízo para a empresa, mas são realizados somente para atender determinado cliente. Isso ocorre porque quanto mais pousos intermediários a aeronave precisar fazer, maiores serão os custos do voo. Mesmo assim, os comandantes procuram fazer mais pousos intermediários, evitando situações de baixa quantidade de combustível.

Devido à dificuldade em conseguir um *slot* no aeroporto, qualquer atraso pode prejudicar a realização do voo, o que caracteriza a **segunda fonte de fragilidade**. Todo voo, realizado para ou a partir do aeroporto no qual se encontra a base operacional da empresa, deve ser feito dentro de um período de tempo específico, conhecido como *slot*, cuja duração é de cerca de 5 minutos. Entretanto, neste aeroporto, devido ao volume de tráfego, há grandes dificuldades em conseguir os *slots*, principalmente, quando os voos são realizados em menos de 48 horas. A alocação de *slot* é realizada por meio de um sistema disponível na *internet*, cabendo a cada empresa alocar os horários, conforme a necessidade e os *slots* disponíveis. Entretanto, alguns clientes solicitam voos para o dia seguinte, dificultando a aquisição do *slot* e a diminuição do tempo para realizar o planejamento de voo, geralmente realizado depois da confirmação do *slot*.

Caso a aeronave não decole ou pouse durante o período de tempo reservado, não é mais possível operar no aeroporto, causando transtornos às operações, a não ser que a empresa consiga outro *slot* próximo do expirado. Por este motivo e prevendo possíveis atrasos, na maior parte das vezes, a empresa reserva mais de um horário, garantindo um maior tempo de utilização. As próprias empresas realizam “trocas” de *slots*, principalmente quando alguns não serão utilizados mais utilizados, caso haja o cancelamento do voo, por exemplo. Na empresa investigada, o responsável pela alocação dos *slots* e a troca com as demais empresas é o coordenador de voo, sempre em coordenação com os pilotos e os chefes de operação e manutenção.

A fonte de fragilidade pode trazer riscos à segurança, por dois motivos. De fato, houve situações em que o planejamento de voo teve que ser elaborado rapidamente, pois o *slot* para realizar o voo somente foi conseguido algumas horas antes. Por este fato, é possível que algumas etapas importantes do planejamento não sejam devidamente realizadas, pela pressão de tempo. O segundo motivo é o atraso do voo ou seu cancelamento, principalmente quando destina-se ao aeroporto. Caso não seja possível pousar no destino, a aeronave deverá se dirigir a outro aeroporto. Nestas situações, a aeronave geralmente se encontra com baixa quantidade de combustível, o que pode acarretar em uma situação crítica para os tripulantes, pois o alcance da aeronave fica limitado, não possibilitando muitas alternativas para o pouso em outros aeroportos.

Os funcionários da empresa possuem estratégias para lidar com a fonte. O coordenador de voo, por exemplo, troca constantemente informações com os tripulantes, atualizando-os sobre as condições dos *slots*. Ele também constantemente troca informações e os próprios *slots* com outras empresas, o que cria um “mercado informal de trocas de

*slots*, para que um ajude o outro, sem a troca financeira. É um *slot* pelo outro”, como o próprio coordenador de vôo expõe. Ele também procura alocar mais de um *slot* próximo do outro, aumentando o período de tempo para realizar o vôo. Os tripulantes também atualizam constantemente o coordenador de vôo com informações sobre a previsão de possíveis atrasos, auxiliando a estratégia de alocação dos *slots* pelo coordenador. Quando há um vôo importante a ser realizado (lucrativo ou para os donos da empresa) em menos de 48 horas, o coordenador, além das estratégias anteriores, procura monitorar de casa a alocação de *slots*, pois “[...] sempre tem alguém que desiste ou o sistema oferece mais espaços de tempo, principalmente de madrugada”, complementa.

Essa fonte de fragilidade afeta a flexibilidade da empresa, principalmente as operações de vôo. A chegada ou partida de um vôo dentro de um período de tempo específico pode causar uma pressão por tempo sobre os pilotos e a empresa, dificultando a preparação e o planejamento adequado. A impossibilidade de a aeronave realizar o pouso no aeroporto diminui as possibilidades de aeroportos de destino, pois a quantidade de combustível fica limitada, não permitindo o deslocamento da aeronave para outros aeroportos mais distantes. Em situações de condições meteorológicas ruins, que prejudicam as operações de aeroportos em regiões próximas, tal situação pode dificultar a decisão dos pilotos sobre qual aeroporto eles deverão prosseguir.

A fonte pode ser classificada como irregular, pois não são todos os vôos prejudicados pela dificuldade de conseguir um *slot*, somente aqueles que serão realizados dentro de 48 horas, o que são a minoria dos realizados pela empresa. Seu potencial imediato de causar dano é pequeno, pois a fonte não prejudica diretamente as operações, ao criar condições de pressões por tempo para realizar o vôo. A fonte é formal e de origem externa, pois sua determinação foi realizada por meio de instrumentos legais, é válida somente para o aeroporto em questão, determinada pelo Comando da Aeronáutica, órgão responsável pelo controle de tráfego aéreo neste local.

A **terceira fonte de fragilidade** está relacionada às demandas de vôo de clientes externos, principalmente aqueles eventuais. Os funcionários afirmam que esses tipos de vôos necessitam um planejamento mais detalhado, pois a rota a ser voada nem sempre é conhecida pelos pilotos. A tripulação mais afetada é aquela designada para voar a aeronave de menor porte, pois é a mais solicitada para realizar vôos fretados. Um dos pilotos relata que ao chegar a um destino não operado anteriormente, tiveram receio durante o pouso, pois se sentiram desconfortáveis com as elevações ao redor.

Há uma grande dificuldade por parte dos tripulantes de, antes de realizar um voo para um determinado destino, saber sobre as reais condições de operação da rota e do aeroporto de destino. Isso é causado pela baixa qualidade das informações disponíveis no Rotaer. No manual, são poucas as informações sobre os perigos do local, principalmente em aeroportos de pequeno porte. Por este motivo, os pilotos afirmam que procuram trocar informações com pilotos de outras empresas de táxi aéreo para saber quais são as condições de pouso em algumas localidades, principalmente aquelas não atendidas pelas empresas de transporte aéreo regular. Segundo um dos comandantes “as localidades atendidas pelas empresas aéreas regulares possuem inúmeras informações sobre os perigos e riscos, pois todo mundo está de olho. Já, a que costumamos operar, não”. Também foi relatado pelos tripulantes que eles são sempre consultados pelo coordenador de voo antes da venda do voo, para certificar-se de que a aeronave pode operar na localidade e que não há riscos para a operação. Caso contrário, o voo não é vendido.

Essa fonte prejudica o princípio da consciência, pois os tripulantes têm dificuldades de saber sobre as reais margens de segurança oferecidas nesses aeroportos, prejudicando uma adequada avaliação. Pode ser considerada como uma fonte irregular, pois, conforme o coordenador de voo, são situações muito difíceis de acontecerem, já que a maioria dos clientes voa regularmente a destinos conhecidos e operados, e seu potencial imediato de causar danos é pequeno, uma vez que a segurança é afetada pelas condições do aeroporto e não pelo desconhecimento sobre as reais condições da operação.

A mudança das condições de operação desses aeroportos, aliada a baixa qualidade de informações disponíveis sobre os mesmos, indica que a fonte é de origem externa e emergente, pois o Comando da Aeronáutica possui a responsabilidade de prover adequadas e atualizadas informações sobre todos os aeroportos brasileiros, o que não ocorre, segundo a opinião dos tripulantes.

A **quarta fonte de fragilidade** está ligada à falta de simulação do plano de gerenciamento de crises, principalmente no caso de incidentes ou acidentes. Apesar de haver um manual contendo o plano de gerenciamento de crises, onde são estabelecidas todas as obrigações, deveres e responsabilidades de todos os funcionários em caso de ocorrência de um acidente ou incidente, não há treinamento sobre esse programa e não são realizadas simulações para testar sua eficiência. Todos relataram não ter conhecimento desse plano, pelo fato de ainda estar sendo implementado, apesar de já estar documentado e estruturado.

Essa fragilidade gera, como consequência, uma dificuldade da empresa em lidar com a transição das operações normais para as de emergência e a retomada da normalidade. A forma como a empresa lida com estas transições influencia as consequências indesejadas. Por este motivo é importante o planejamento, simulação e reavaliação do plano de gerenciamento de crises.

Segundo os tripulantes, mesmo sem um plano formal e implantado, cada um possui algumas ações pré-estabelecidas, como, por exemplo, para quem deve ligar-se em caso de acidente. Apesar de não ter sido realizado um compartilhamento dessas informações, todos os tripulantes julgaram ligar para três importantes funcionários da empresa: o chefe de operações, o de manutenção e o coordenador de vôo. Este último possui alguns telefones de emergência (bombeiros, polícia, etc.) para as localidades mais operadas pela empresa, pois ele tem certeza que, em caso de acidente ou incidente, alguém entrará em contato com ele, através de alguma forma.

Essa fragilidade prejudica o princípio da aprendizagem da empresa, uma vez que a simulação do plano permite avaliar seus pontos fortes e fracos e propor melhorias. Além do mais, a simulação permite que os funcionários tenham uma imagem mais real do funcionamento do plano ao colocar as ações teóricas em prática.

Como ainda não foi feita a simulação do acionamento do plano de gerenciamento de crise, essa fonte pode ser classificada como regular. Se a simulação for realizada, mas não nos períodos regulares, a classificação será irregular. Da mesma forma, o potencial imediato de causar danos é pequeno, pois ela não influenciaria a ocorrência de um acidente ou incidente, mas diminuiria suas consequências. A fonte também pode ser classificada como formal, pois, na estrutura documentada do plano, é previsto a realização de simulações. Por este motivo, também, é possível afirmar que a mesma possui origem interna e é influenciada pela alta direção da empresa. Mesmo que a responsabilidade por todos os assuntos ligados à segurança seja do responsável pela segurança de vôo na empresa, a alta direção é responsável por viabilizar o cumprimento do plano.

Os relatos indicaram contradições na postura da direção quanto à valorização da segurança, com exemplos de decisões que priorizavam a produção em detrimento da segurança, caracterizando a **quinta fonte de fragilidade**. Um desses exemplos diz respeito à solicitação dos diretores da *holding* de pousar em aeroportos, cujo custo (do valor do quilograma do combustível) seria menor, mas que ofereceriam piores condições de segurança. Nesta situação, a decisão final adotada pelo comandante foi a de não concordar com o diretor e pousar no aeroporto mais seguro. Outras situações similares de pressão dos

diretores, principalmente relacionadas a pousos em aeroportos julgados, pelos pilotos, como inseguros, foram relatadas pelos funcionários, mas todas elas foram contornadas, devido à postura adotada por eles. De acordo com os pilotos, todas essas situações foram lidadas pelos chefes de manutenção e operação, tidos como referência na empresa. A percepção dos funcionários é que os dois reduzem as pressões provenientes da alta direção..

Considerando os princípios da ER, a fonte afeta a flexibilidade, a consciência e o comprometimento da alta direção. A flexibilidade é afetada, pois a capacidade de decisão dos pilotos é afetada na existência de pressões da alta direção. As entrevistas revelaram como algumas situações nas quais os pilotos possuíam, inicialmente, a decisão clara de não realizar o voo, mas, pela necessidade do diretor da *holding* ou dos membros de suas famílias de se deslocarem com urgência, a decisão se tornou incerteza. Segundo um dos pilotos, “com essa ‘pressão’, pensa-se duas vezes se realmente sua avaliação inicial estava correta e se não está sendo muito restritivo não realizar o voo”. Por este relato também é evidenciado como a consciência dos pilotos sobre o limite de segurança é afetada. Ao serem questionados sobre sua decisão, primeiramente tomada, e considerando o contexto dos passageiros, os limites de segurança inicialmente estabelecidos torna-se incertos. Caso a pressão seja preponderante sobre a decisão dos pilotos, o estabelecimento dos novos limites pode levá-los a operar próximo das margens de segurança de forma não muito clara.

A fonte é irregular, pois ocorre somente em algumas ocasiões. Segundo um dos pilotos, “desde há muito tempo não tenho sentido esta pressão, mas ela ainda existe”. Adicionalmente, a fonte pode ser classificada como emergente, pois surge em situações específicas, não sendo conhecida de todos os funcionários. Segundo um dos pilotos, essas situações dificilmente se tornam conhecidas do coordenador de voo ou da controladora técnica de manutenção. O potencial imediato da fonte de causar danos é grande, pois uma situação como esta pode levar a tripulação a realizar um voo no qual as condições podem se deteriorar ou reduzir a capacidade de controle, levando a uma situação com conseqüências indesejadas. Por fim, é possível afirmar que a fonte se origina internamente por influência da alta direção.

A **última fonte de fragilidade, a sexta**, diz respeito à participação dos funcionários nas decisões estratégicas da empresa. Algumas decisões estratégicas, principalmente relacionadas ao futuro da empresa, ficam restritas aos diretores da *holding*, sem a participação dos funcionários, nem mesmo dos chefes de manutenção e de operação. Como o diretor não participa das operações da empresa diretamente, os funcionários dizem

perceber que as decisões são tomadas baseando-se apenas na redução de custos e aumento da receita.

Tal fato é um ponto negativo, já esse tipo de decisão pode atrapalhar a estrutura da organização e suas operações. Como a empresa foi organizada de acordo com um objetivo inicial, e a partir das duas aeronaves da frota, qualquer modificação na quantidade, tipo de aeronave, política ou destinos operados levaria uma reorganização que, sem uma avaliação sobre o impacto na segurança, poderia degradar o sistema.

Como resultado, os funcionários tentam remediar as decisões reivindicando aos chefes de operação e de manutenção. Todas as modificações propostas pelo diretor que não forem aceitas pelos funcionários são avaliadas e, o consenso decorrente é comunicado ao diretor pelos chefes. Segundo os funcionários, até hoje, todas as situações, cujas conseqüências para as operações foram avaliadas como graves, foram revistas e aceitas pelo diretor.

A fonte prejudica o princípio da flexibilidade e do comprometimento da alta direção. Qualquer modificação proposta na estrutura e nas operações da empresa, avaliada somente sob a perspectiva financeira, requer que os funcionários reestruturem a rotina, podendo criar dificuldades em lidar com ameaças e perigos nas operações. Como exemplo, os funcionários relataram uma situação na qual o diretor, junto com outros diretores da *holding*, decidiu cancelar as contas dos celulares dos comandantes como meio de reduzir os custos. Entretanto, os celulares são imprescindíveis aos pilotos, conforme as entrevistas, principalmente em aeroportos onde não há possibilidade de se obter informações sobre as condições meteorológicas. O grupo de tripulantes discordou da decisão tomada pela alta direção, e os chefes de operação e de manutenção levaram a reclamação ao diretor que, frente às contestações, reavaliou a decisão e revogou-a.

A classificação da fonte mostrou sua irregularidade e o pequeno potencial imediato de causar danos. Não há uma regularidade na ocorrência dessas decisões, nem previsão de quando elas serão tomadas. Suas conseqüências somente são percebidas quando as mesmas precisam ser implantadas pelos funcionários e os danos somente ocorreriam após diversos vôos e operações. Da mesma forma, é possível classificá-la como emergente, uma vez que as decisões estratégicas são tomadas, mas somente suas conseqüências são comunicadas. Quanto à origem, a fonte ocorre devido às ações da alta direção que, mesmo alocada na *holding*, pode ser considerada como interna à empresa.

A partir das fontes de fragilidades apresentadas e analisadas, as conclusões iniciais são: i) os princípios da consciência e flexibilidade foram prejudicados em 50,0 e 66,7% das

fontes; o comprometimento da alta direção foi ainda prejudicado em 33,3% das fontes, seguida pela aprendizagem, 16,7%; ii) quatro das seis fontes identificadas foram consideradas irregulares, com pequeno potencial imediato de causar danos, originadas no sistema formal e interno, e, ainda, foram influenciadas pela alta direção. Não necessariamente todas essas condições foram encontradas nas mesmas situações analisadas; iv) duas das seis fontes originaram-se no ambiente externo à empresa, afetando de forma diferente os princípios, mas com pequeno potencial imediato de causar danos e regularmente presentes nas operações da empresa.

#### 4.2.3 Fontes de resiliência

Na empresa B, devido à característica peculiar de ser estruturada para atender às demandas dos donos, foram identificados muitos aspectos que favorecem a resiliência. As fontes de resiliência identificadas são apresentadas na figura 39.

Fontes de resiliência		Fonte de fragilidade ou constrangimento associado	Princípios da ER ativado ou desenvolvido	Qual a ênfase da fonte frente às ameaças?	Emergente ou formal?	Origem interna
1	Autonomia dos funcionários para o desempenho de suas atividades	Restrições técnicas da maior aeronave, pressão da alta direção, vôos para destinos ainda não operados ou que apresentam ameaças às operações	Flexibilidade, Consciência, Comprometimento da Alta Direção	Preditiva	Formal	Alta Direção, Operadores
2	Autonomia para a definição da composição dos tripulantes em cada vôo e da escala de vôo	Nenhuma	Flexibilidade, Consciência	Preditiva	Emergente	Operadores
3	Características do projeto das aeronaves	Nenhuma	Todos	Preditiva	Formal	Alta Direção, Operadores
4	Contínua troca de informações entre os tripulantes	Restrições técnicas da maior aeronave, pressão da alta direção, vôos para destinos ainda não operados ou que apresentam ameaças às operações	Flexibilidade, Consciência	Preditiva	Emergente	Operadores
5	Objetivo real da empresa é transportar os donos e não obter lucro	Nenhuma	Flexibilidade, Consciência	Preditiva	Emergente	Operadores
6	Fornecimento contínuo de informações sobre a segurança da empresa	Nenhuma	Consciência, Aprendizado	Preditiva e Preventiva	Formal	Operadores
7	Participação dos funcionários nos processos de melhorias da empresa	As decisões estratégicas são tomadas pela alta direção sem a participação dos funcionários	Consciência, Aprendizado	Preditiva	Emergente	Operadores
8	Composição das tripulações e suas experiências	Nenhuma	Aprendizado	Preditiva	Emergente	Operadores
9	Falta de procedimentos operacionais documentados	Nenhuma	Flexibilidade, Consciência	Preditiva	Emergente	Operadores

Figura 39 – As fontes de resiliência identificadas na empresa B

A **primeira fonte de resiliência** consiste na autonomia dos funcionários para o desempenho de suas atividades. De fato, a alta direção não está presente fisicamente no dia a dia da empresa (embora ocorram visitas semanais), realizando um monitoramento à distância, na sede da *holding*. O coordenador de voo relatou que mantém contato diariamente com a alta direção, por meio de *e-mails* e telefone, com o intuito de deixá-los atualizados sobre as operações. O lado positivo desse aspecto, para a resiliência da empresa, é a autonomia fornecida pela alta direção aos chefes e demais funcionários, cabendo àqueles somente o monitoramento das operações.

O chefe de operação, chefe de manutenção e um dos comandantes (o funcionário mais antigo da empresa) relataram que possuem substancial autonomia para realização de suas atividades, dependendo pouco da alta direção. Também foi constatado que os chefes de operação e de manutenção, em função da grande experiência em diversos segmentos da aviação, são vistos como referência pelos funcionários e proprietários da empresa, os quais delegam, aos mesmos, as decisões do dia a dia. Segundo um dos comandantes, “o chefe de manutenção e de operações conduzem a empresa e a gente realiza nosso trabalho com auxílio deles. Eles são muito abertos para sugestões. Para mim a alta direção são os chefes de manutenção e de operações”, resume um dos co-pilotos. As evidências indicam que os chefes de manutenção e de operações são os principais interlocutores com a alta direção, atuando tanto na solicitação de recursos, quanto representando os responsáveis por sucessos ou fracassos. Eles atuam, ainda, na diminuição das pressões provenientes da alta direção.

A autonomia favorece a resolução rápida de problemas relativos às operações da empresa pelos próprios pilotos, sem a interferência da alta direção, e a descentralização das decisões favorece a resiliência da empresa, também. Isso ocorre, principalmente, porque as decisões são tomadas por profissionais ligados à aviação, com experiência administrativa e conhecimento das operações da empresa.

Mesmo que a decisão final sobre aspectos operacionais pertença aos chefes, os mesmos procuram consultar e envolver a participação dos funcionários de todos os níveis. Segundo o coordenador de voo, procura-se sempre tomar “[...] decisões conscientes, porque todos nós temos consciência de que esta é uma empresa séria”. Isso é feito a partir de uma análise completa da situação, favorecida pela troca de “[...] idéias com os colegas, pois não se decide nada sozinho aqui”, nas palavras do chefe de operações. De forma geral, as entrevistas indicaram que os funcionários sentem-se valorizados e respeitados por participarem dessas decisões, motivando-os no processo de melhoria contínua.

Um exemplo, fornecido pelos tripulantes e que ilustra a autonomia e a descentralização da tomada de decisão, foi um evento de recusa de vôo. Ao ser solicitado a preparar um orçamento sobre um possível vôo de fretamento para um aeroporto na região sudeste, o coordenador de vôo, antes mesmo de repassar a cotação ao cliente, consultou os tripulantes para saber sobre a viabilidade da operação de uma das aeronaves nesse aeroporto. Os pilotos, pertencentes à aeronave considerada, analisaram uma série de informações sobre o aeroporto e sobre a capacidade de operação da aeronave nessa localidade e, concluiu-se que, nas proximidades da pista, havia árvores e elevações que dificultavam a operação, principalmente, à noite e em dias de chuva. A decisão final foi de recusar o vôo, pois dadas às circunstâncias, o risco avaliado não era aceitável para o grupo de vôo. De acordo com o relato dos pilotos, tal postura do comandante é valorizada pelos colegas. Nas palavras de um dos comandantes, “eu achei isso super bacana, porque eu já vi muito piloto fazer as coisas [erradas] para manter o emprego. Aqui, o pessoal joga aberto: se dá, dá; se não dá, não deu”.

Os comandantes relatam possuir elevado grau de autonomia, sendo a responsabilidade delegada e valorizada pelos chefes e a alta direção. “Eu sou o responsável pelo vôo e tomo as minhas decisões. Não tenho problemas com isso”, relatou um dos comandantes. Esse aspecto facilita a flexibilidade na execução das atividades de vôo, pois não há preocupação se a empresa concorda ou não com a decisão tomada, não gerando pressões para a realizar dos vôos.

As fontes influenciam os princípios da flexibilidade, consciência e o comprometimento da alta direção. A flexibilidade é favorecida pela descentralização das decisões, fato estimulado pelo comprometimento da alta direção. A consciência, também, é favorecida, uma vez que as decisões são realizadas por funcionários que se encontram em contato com as operações da empresa. Antes de tomá-las, é preciso avaliar suas conseqüências na operação que, por sua vez, precisa ser antecedida pela clara percepção dos limites de segurança das operações.

A fonte possui ênfase preditiva, pois previne quaisquer situações que possam prejudicar as operações da empresa, como a pressão da alta direção, restrição da capacidade técnica da aeronave de maior capacidade e localidades consideradas como perigosas para as operações. Como a autonomia é estimulada pelo diretor, aliado ao fato dos chefes terem sido contratados pelas experiências como gestores, a fonte é classificada como formal. Tal classificação é reforçada pela percepção compartilhada entre os funcionários sobre as funções desempenhadas pelos chefes de operação e manutenção.

Pelos argumentos anteriores, é possível afirmar que a fonte origina em ações da alta direção e dos operadores, ao mesmo tempo.

Os tripulantes também têm autonomia para definir quais deles realizarão o voo, mantendo, sempre que possível, a rotina de seis dias de trabalho e três de folga, e pode ser considerada como a **segunda fonte de resiliência**. Isso é particularmente importante, pois, em alguns voos, há a necessidade de o tripulante permanecer longe da sede, durante alguns dias. Como exemplo, foi citado um voo programado para ser realizado no último dia da escala de um dos tripulantes. Esse tripulante, por motivos pessoais, não poderia realizar o voo e consultou um colega que estava de folga, que concordou em substituí-lo. A auto-organização da escala é proporcionada e estimulada pelos chefes da empresa. Segundo o chefe de operações, “[...] dessa forma todos conseguem ter as necessidades atendidas, sem causar problemas no cumprimento das obrigações”. Esse aspecto também é responsável pela resiliência na empresa, uma vez que nenhum dos tripulantes necessita realizar o voo sob pressão ou obrigado, e, ainda, evita realizar os voos quando cansados.

A fonte evidencia os princípios da consciência e flexibilidade. A consciência acerca das próprias limitações, na visão dos tripulantes, também, é um fator favorável à segurança. Um dos exemplos citados foi a realização de um voo para uma localidade que apresentava restrições à operação, mas necessariamente precisa ser feito. Seguindo a ordem da escala, os tripulantes alocados seriam um comandante e um co-piloto. Porém, devido ao risco avaliado, o voo foi realizado com os dois comandantes. Nessa situação, segundo os entrevistados, dois profissionais experientes na aeronave facilitaria a avaliação dos riscos à segurança a todo o instante, evitando ter que alocar atenção e monitoramento às atividades do co-piloto, devido ao fato da sua inesperienza. Segundo um dos comandantes: “o importante é você ter consciência do seu limite, para saber até onde você pode ir. É importante, também, ter conhecimento da máquina, para saber até onde você pode levá-la. Então, duas pessoas experientes tornam isso mais claro”.

Já a flexibilidade ocorre pela auto-organização dos próprios tripulantes com relação às escalas de voo. Todas as mudanças não afetam as operações da empresa, pois sempre ficam disponíveis dois de três pilotos por aeronave, 24 horas, 7 dias por semana. Enquanto dois estão disponíveis, um piloto descansa. Independente da quantidade de dias de descanso de um piloto, o valor do salário é o mesmo. No caso de mudança do descanso, há compensação dos dias trabalhados. Por exemplo: ao invés de ter descansado por três dias, um dos pilotos descansou dois e voltou ao trabalho para compensar o colega. Ao terminar

os seis dias (que também pode ser reduzido), ele terá quatro dias de descanso, como compensação.

Apesar de não ter sido proposto pelo diretor da empresa, a flexibilidade na organização da escala de vôo não é questionada, garantindo autonomia dos pilotos sobre as decisões acerca de assuntos correlatos. Esse aspecto permite classificar a fonte como emergente e evidencia sua capacidade preditiva, antecipando possíveis problemas de uma escala inflexível. A origem reside nos próprios operadores, responsáveis pelo gerenciamento da organização da escala, sem a interferência da alta direção.

A **terceira fonte de resiliência** identificada decorre de características de projeto das aeronaves, tais como: (a) possibilidade de operá-las com segurança mesmo em condições meteorológicas desfavoráveis, visto que são usados os mesmos sistemas e automação das aeronaves de transporte aéreo regular; (b) a avançada tecnologia também permite reduzir a carga de trabalho (por exemplo, o computador de bordo calcula o desempenho da aeronave em vôo e pode conduzi-la de forma automática e econômica até o destino); e (c) a menor aeronave da frota é, considerada pelos tripulantes, como a mais flexível nas operações dentro do país. Ambas as aeronaves foram adquiridas baseando-se em um planejamento e a partir de considerações de consultores especializados em aquisição de aeronaves.

Por todos esses fatores, a fonte favorece todos os princípios da ER. Acerca da menor aeronave, segundo um dos co-pilotos, ela permite maior flexibilidade de operação, pois, mesmo que esteja totalmente abastecida com combustível e com a capacidade máxima de passageiros e bagagens, é possível voar para os aeroportos mais operados pela empresa, sem nenhuma restrição. Portanto, na maior parte das vezes, os vôos são realizados com a aeronave totalmente abastecida ou com uma quantidade de combustível mais do que necessária para realizar o vôo. A garantia de uma maior quantidade de combustível, sem prejuízo para a capacidade de operação da aeronave, aumenta a possibilidade dos pilotos em lidar com situações adversas, ao garantir maior tempo de vôo e maior alcance.

Já a consciência é garantida pela experiência dos pilotos na aeronave. Cada vôo é realizado, pelo menos, por um dos comandantes, pilotos mais experientes nas aeronaves. Nesse sentido, conforme um dos co-pilotos, há sempre alguém com amplo conhecimento sobre as características operacionais da aeronave, o que garante a troca de experiências entre os tripulantes. A troca contínua de experiência e o constante aprendizado sobre as características da aeronave favorecem o princípio da aprendizagem e o estabelecimento

contínuo dos limites de segurança das operações, considerando a capacidade operacional da aeronave. Por fim, a avaliação realizada pela alta direção, antes da compra da aeronave, verificando outros aspectos, além do financeiro, permitiu a compra das aeronaves mais adequadas para as operações da empresa, principalmente, a de menor porte. Portanto, o comprometimento da alta direção foi evidenciado.

A fonte possui a ênfase preditiva e formal, pois, antes da aquisição da aeronave, o levantamento acerca das características considerou os fatores humanos, como a facilidade de operação e o grau de automação da aeronave. Ainda, considerou-se a confiabilidade dos componentes, maior do que em aeronaves monomotores a pistão. Nesse sentido, a fonte origina-se na alta direção, pela decisão da compra, e nos operadores, que garantem uma adequada operação da aeronave ao reavaliar constantemente seus conhecimentos sobre sua operação e sistemas.

A contínua troca de informações entre os funcionários foi considerada como a **quarta fonte de resiliência**. Ao ter conhecimento sobre suas atividades e dos demais colegas, o tripulante consegue ter uma visão mais ampla das operações e tem a possibilidade de ponderar se suas ações vão repercutir em risco às atividades dos outros, favorecendo a resiliência da empresa.

Grande parte das trocas de informações acontece por meio de reuniões informais. Segundo um dos comandantes, “[...] informalmente a gente está sempre se reunindo e trocando idéias”. Outro comandante, ainda, complementa: “[...] há muita troca de idéias entre os comandantes, os tripulantes e os funcionários”.

O pesquisador também presenciou reuniões formais sobre diversos aspectos da empresa, entre eles a reunião para formalizar e apresentar a pesquisa aos funcionários. Nessa reunião, houve a participação de todos os funcionários, independentemente do cargo ocupado ou função desempenhada. Também foi possível presenciar nessa reunião, que outros assuntos e alguns problemas colocados em pauta receberam soluções e sugestões de todos os funcionários e os mesmos ainda propuseram melhorias nas operações da empresa.

As reuniões, formais ou informais, são facilitadas pelo fato dos funcionários permanecerem nas instalações da empresa a maior parte do tempo da jornada de trabalho, já que a baixa demanda de vôo faz com que, principalmente, os pilotos permaneçam, boa parte do tempo, na cidade. Alguns funcionários parecem trocar maior quantidade de informações do que outros, o que os torna responsáveis, também, por disseminá-las. Devido à pouca quantidade de funcionários, todos mantêm em contato com os demais, facilitando o fluxo de informações e, conseqüentemente, a aprendizagem coletiva, uma vez

que o conhecimento individual é compartilhado, contribuindo para o atendimento do princípio da aprendizagem.

Essa fonte ainda contribui para o atendimento do princípio da consciência. Ao trocar informações e experiências operacionais, vividas no dia-a-dia da empresa e do trabalho em outras empresas, os tripulantes ensinam e aprendem uns com os outros, permitindo também uma atualização dos limites operacionais de segurança, independente da aeronave voada.

A fonte emerge da auto-organização estabelecida pelos próprios operadores, devido à necessidade de se manterem atualizados sobre todas as dimensões da empresa, sem a intermediação da alta direção. A constante troca de informações, entre todos os funcionários, permite a antecipação de possíveis situações que possam vir a ameaçar as operações da empresa. Por este motivo, essa evidência justifica a classificação da fonte, segundo a ênfase, como preditiva.

De acordo com o MGO, o principal objetivo da empresa é “[...] obter lucros mediante os serviços de transportes aéreos não regulares (táxi aéreo) [...]” ao oferecer “[...] serviços seguros e com qualidade [...]”. Foi verificado, entretanto, que os funcionários percebem que o real objetivo da empresa é “[...] atender as demandas de vôo dos donos”, conforme expõe o chefe de manutenção. A empresa foi estruturada para servir os donos e, eventualmente, prestar serviços de transporte aéreo a terceiros, desde que as aeronaves não sejam utilizadas pelos proprietários. Por estes motivos, a **quinta fonte de resiliência** diz respeito ao real objetivo da empresa.

O real objetivo da empresa está ligado aos impostos pagos pelas aeronaves. Segundo os entrevistados, se o patrimônio da empresa e os gastos operacionais forem contabilizados junto com as contas da *holding* que a controla, o lucro líquido resultante seja menor. Conseqüentemente, o imposto sobre o lucro é menor, diminuindo os custos com impostos. Assim, para os donos, é mais barato manter uma estrutura de uma empresa do que aeronaves particulares. Além disso, há a possibilidade de reduzir os custos da operação ao vender serviços de transporte aéreo e de hangaragem de aeronaves a terceiros, o que seria impossível caso as aeronaves pertencesse somente de transporte privado.

O fato da empresa não visar o lucro é reconhecido pelos funcionários como o fator primordial para o seu sucesso, principalmente quanto à segurança. Esse aspecto fica claro nas palavras do chefe de manutenção, segundo o qual “[...] não priorizar o lucro facilita a priorização da segurança. Nosso objetivo, mesmo, é transportar os diretores com segurança, política definida pelo chefe de manutenção”. Em relação a este último aspecto,

foi constatado um fato importante: a alta direção é o cliente principal da empresa, sendo diretamente afetada por decisões relativas à segurança e eficiência das operações. Por este motivo, os recursos financeiros são disponibilizados sem maiores dificuldades. “O que precisar para pôr essa empresa em funcionamento, eles fazem. O que precisar fazer para manter a segurança eles fazem. É segurança, não se discute”. Um dos funcionários da manutenção afirma, ainda, “[...] que tudo que acontece aqui e que afeta a segurança é prioridade. Então, se uma intervenção de manutenção for necessária para a segurança e precisar de recursos financeiros para ser executada, ela vira prioridade”. O coordenador de vôo chegou a relatar que “[...] os recursos para a empresa são infinitos. Na verdade, são finitos, porque um dia acaba. Mas há tantos disponibilizados para nós, que parecem infinitos no momento”. De acordo com os relatos, a preocupação com a segurança, também, é refletida nos altos salários pagos aos funcionários, que se sentem valorizados.

Esses dados mostram o atendimento dos princípios da flexibilidade e da consciência. As decisões tomadas pelos tripulantes, sobre a realização dos vôos ou a compra de equipamentos ou de treinamentos, dificilmente são influenciadas ou prejudicadas, devido à falta de recursos financeiros. Por estes fatos, a consciência sobre os limites de segurança não é prejudicada, garantindo que as margens de segurança sejam claras e bem delimitadas. Ainda, é possível afirmar que os fatores listados garantem decisões descentralizadas e que a empresa lide com situações que possam ameaçar as operações, mesmo que elas apresentem sinais pouco evidentes, garantindo a capacidade flexível da empresa e a ênfase preditiva.

Ao contrário do estabelecido formalmente pelos manuais, a fonte emerge entre os próprios funcionários, devido à organização informal que surge na empresa. Mesmo que haja o apoio da alta direção, são os chefes de manutenção e de operação que implementaram e mantêm esse objetivo.

O contínuo fornecimento de informações sobre a segurança da empresa, proporcionada pelos diferentes meios, é o que caracteriza a **sexta fonte de resiliência**. Parte das informações sobre a segurança da empresa provém dos relatórios de prevenção. A figura 40 apresenta as quantidades de relatórios produzidos, desde 2005 até 2008. Os funcionários concordaram que a pequena quantidade de relatórios, possivelmente, se deve a dois fatores: (a) as boas condições de segurança das operações; e (b) a já comentada facilidade de troca de informações entre os tripulantes e os outros funcionários, o que faz com que os relatos de situações de risco sejam freqüentemente apenas verbalizados, ao invés de documentados.

ANO	2005*	2006	2007	2008**
OCORRÊNCIAS DE SOLO	0	0	0	0
INCIDENTES	0	0	0	1
ACIDENTES	0	0	0	0
RELATÓRIOS DE SEGURANÇA	1	3	3	6
*até o mês de junho ** até o mês de outubro				

Figura 40 – Quantidade de ocorrências de solo, incidentes, acidentes e relatórios de segurança preenchidos por ano

Os funcionários reconhecem que possuem ampla liberdade e encorajamento para relatar qualquer situação considerada perigosa e concordam, ainda, que o profissionalismo do responsável pela segurança de vôo faz com que esses relatórios sejam tratados com seriedade, garantindo motivação para o preenchimento. Sendo assim, os entrevistados afirmam que todas as situações julgadas perigosas, mesmo com pequeno risco, são relatadas.

Os entrevistados concordaram, também, que as informações acerca de eventos críticos apresentados nos relatórios são disseminadas a todos, principalmente, por meio de um mural de recados localizado na sala de operação, local de grande circulação dos funcionários.

Outro meio de disponibilizar as informações contidas nos relatórios e sobre a segurança de vôo em geral, é através do boletim interno. O informativo apresenta informações sobre o andamento do tratamento de alguns relatórios de segurança e outras informações importantes relativas às operações. O boletim ainda traz um texto abordando algum assunto sobre a segurança de vôo. O último disponibilizado, por exemplo, versava sobre a importância de óculos de sol para a saúde dos tripulantes quando em voos a grandes altitudes.

Quando há a necessidade de preencher relatórios, cuja resolução diz respeito às instituições externas à empresa, como a Infraero ou o controle de tráfego aéreo, um dos comandantes aponta que as informações não recebem tratamento adequado. Ele relatou ter preenchido diversos relatórios apontando perigos no aeroporto no qual a empresa está localizada. Mesmo entendendo a importância do preenchimento desses relatórios para realizar cálculos estatísticos e análise de tendências, o mesmo se sente desmotivado por

não obter feedback, ou por não notar melhorias. Por isso, o mesmo relatou não preencher nenhum relatório, atualmente.

Considerando ainda a figura 40, é possível verificar que nos últimos três anos não houve nenhuma ocorrência de solo, incidente ou acidente na empresa. Por este fato, a empresa B procura identificar perigos, a partir de outras fontes de informação, como a troca informal de informações entre os tripulantes e entre os tripulantes da empresa e pilotos de outras. Um exemplo foi fornecido por um dos comandantes que passou por uma situação de perigo. Quando houve o trincamento do pára-brisa de uma das aeronaves durante o voo, o único incidente ocorrido com a empresa, a tripulação conseguiu gerenciar a situação e pousar a aeronave em um aeroporto de divergência com segurança. Segundo o comandante, “isso já aconteceu antes com outras aeronaves. Acho que é o quarto ou o quinto pára-brisa que quebra desse modelo de aeronave. Eu já tinha conhecimento dessa possibilidade e as soluções dadas pelos tripulantes, pois falei com alguns deles. No momento, então, eu simplesmente lembrei do que eles tinham me falado”.

Em relação à segurança, há importantes oportunidades de aprendizado com base nos resultados de auditorias internas e externas, bem como nos relatos de situações de risco, presenciadas pelos funcionários. As auditorias internas, realizadas periodicamente, focam os processos de manutenção e de segurança de voo. As auditorias de manutenção são realizadas nas empresas de manutenção contratadas, toda vez que as aeronaves estão sendo revisadas. O responsável pela auditoria, o chefe de manutenção, procura avaliar desde aspectos estruturais, como documentos e manuais de procedimento de manutenção, até aspectos operacionais, como os processos de qualidade que procuram garantir uma adequada supervisão da manutenção. Ao final da auditoria é elaborado um relatório final de vistoria que é encaminhado para a empresa de manutenção e fica como material de consulta para o chefe de manutenção para a realização da próxima auditoria.

O segundo tipo de auditoria, realizada anualmente, é a vistoria de segurança de voo. Nessa auditoria são realizadas verificações em todos os setores da empresa focando-se em aspectos de segurança. Segundo o responsável de segurança de voo, todas as discrepâncias encontradas geram recomendações que são encaminhadas aos chefes de manutenção e de operação, e divulgadas aos funcionários. O responsável de segurança de voo também procura monitorar a implementação, ou não, das recomendações, e afirma que, até hoje, todas as recomendações foram efetivadas.

Já a auditoria das operações da empresa é realizada pela ANAC, pois os funcionários afirmam que preferem uma opinião externa, com o objetivo de verificar se a

empresa está cumprindo a legislação pertinente, por meio da verificação de registros e documentos.

A partir do exposto, a fonte desenvolve os princípios da consciência e aprendizagem. O tratamento providenciado às informações de segurança, independente do meio proveniente e o respectivo encaminhamento e disseminação, favorecem o aprendizado de todos os funcionários quanto às situações de perigo e oportunidades de melhoria. Ao mesmo tempo, as margens de segurança são atualizadas e revisadas, aumentando a clareza dos limites de segurança das operações.

Quando as informações de segurança procuram antecipar possíveis ameaças às operações da empresa, a ênfase dessa fonte é preditiva. Porém, conforme constatado através do sistema de relatos de segurança, muitas situações relatadas provêm de eventos, cujas conseqüências foram indesejadas, mas as conseqüências foram mínimas. Nesse sentido, pelo fato de já ter ocorrido uma conseqüência indesejada, a ênfase dessa fonte passa a ser preventiva, pois procura evitar que a ameaça tenha piores conseqüências, permitindo que a empresa de adéqüe.

Todos os meios de coleta de informações sobre o desempenho de segurança da empresa é previsto por normas nacionais e é estabelecido pelos documentos e manuais de procedimentos da empresa. Tal fato justifica a classificação da fonte como formal e originada e mantida pelos operadores, pois são os responsáveis pelos relatos das situações de insegurança.

As oportunidades de participação dos funcionários nos processos de melhoria da empresa constituem a **sétima fonte de resiliência** e ficam claras nas palavras do coordenador de vôo e do co-piloto, “meu grau de participação nas conversas e reuniões é 100%, pelo menos até hoje. Eu me sinto motivado em dizer tudo o que eu acho”. A liberdade de troca de informações, aliado à autonomia dos funcionários em realizar suas atividades, facilita a formação de uma consciência coletiva compartilhada e estimula a integração dos funcionários e sua participação na melhoria da empresa, evidenciando o desenvolvimento do princípio da consciência.

O pequeno porte da empresa também se mostra como um fator determinante para a participação de todos e garantia das melhorias. A facilidade na troca de informações, segundo o co-piloto, agiliza a resolução de problemas e a tomada de decisão, já que as informações estão disponíveis quando os funcionários encontram-se na empresa ou mantém contato. Além da troca de informações, as sugestões dos funcionários são

implantadas com apoio dos chefes de manutenção e de operação, aumentando ainda mais a participação daqueles.

Essa fonte ainda revela como o princípio da aprendizagem é desenvolvido. A constante participação dos funcionários em todas as dimensões da empresa, contribuindo para a resolução de problemas, permite o aprendizado coletivo e compartilhado. A cada sugestão ou solução proposta por um funcionário, todos acabam discutindo entre si, o que aumenta o conhecimento sobre individual sobre as soluções propostas e decisões tomadas.

Um fato observado, durante as visitas, foi o grau de urgência dos problemas em pauta nas reuniões, mesmo as informais. Em todas as reuniões observadas, os problemas discutidos foram detectados no início do desenvolvimento, quando as consequências indesejadas eram muito pequenas, sem potencial de causar maiores problemas. Por este fato, a fonte estimula a ênfase preditiva da resiliência da empresa. Da mesma forma, essa fonte está ligada com as anteriormente discutidas e emerge devido à forma de como os funcionários se organizam informalmente.

A composição das tripulações e suas experiências foram consideradas como a **oitava fonte de resiliência** da empresa. Em particular, os co-pilotos relataram usufruir de importantes oportunidades de aprendizado ao voar com os comandantes, pilotos mais experientes. “Devido à grande experiência dos comandantes, em cada vôo a gente aprende mais um pouco, isso é muito bom”, relata um dos co-pilotos. Por outro lado, os comandantes também procuram dialogar com os co-pilotos à respeito dos aspectos operacionais da empresa, objetivando a melhoria contínua. Dessa forma, ocorre um treinamento informal dos co-pilotos e uma reavaliação do conhecimento dos comandantes, apesar da pouca experiência dos co-pilotos.

Quando um vôo é realizado com uma tripulação formada por dois comandantes a bordo, há oportunidades de aprendizado, porém, com maior reciprocidade em comparação às equipes formadas por um comandante e um co-piloto.

O pesquisador questionou os comandantes quanto à possibilidade de conflitos na cabine quando o vôo é conduzido por dois comandantes, uma vez que poderia haver dúvidas sobre quem é o responsável pelo vôo e pela decisão final. Como tal fato não está previsto nos manuais, os comandantes relataram tratar esse aspecto de modo informal. Eles explicaram que, quando um dos comandantes é o PF, o outro comandante que realiza as funções de PM, contribui para o vôo, mas procura respeitar a decisão do PF. O PF é considerado como o responsável pelo vôo, pelo menos naquele trajeto. Quando é realizada a próxima etapa e os papéis se invertem, mantém-se o mesmo comportamento: o

comandante que ocupa as funções de PF é o responsável pelo vôo e pela decisão final. Não foi relatado nenhum evento em que essa forma de organização tenha gerado conflitos. Entretanto, a formalização dos procedimentos seria benéfica para ocasiões de mudanças na composição das tripulações ou na entrada de novos funcionários na empresa.

O programa de treinamento da empresa também constitui uma oportunidade de aprendizado. De acordo com um dos comandantes, sempre há discussões após os vôos de treinamento para verificar quais aspectos necessitam ser enfatizados nos próximos treinamentos. A constante preocupação em capacitar os tripulantes para a operação em situações de emergência é uma das características que contribuem para a resiliência da empresa.

Os fatos anteriores mostram como a fonte atende o princípio da aprendizagem na empresa. Da mesma forma, mostra como os operadores, a partir de ações não previstas formalmente na estrutura da empresa, conseguem realizar treinamentos informais, evidenciando o caráter emergente da fonte. O objetivo dessa forma de organização é aumentar sempre a compreensão das operações e da capacidade operativa da aeronave, servindo também como um padrão informal de operação, e diminuir possíveis falhas no treinamento e de padrão de operação entre os pilotos, caracterizando a ênfase preditiva da fonte.

A falta de procedimentos operacionais documentados parece não contribuir para variabilidades indesejáveis nas operações. Pelo contrário, facilita a mudança e adoção dos procedimentos, sem aumento da variabilidade e garantindo a resiliência nas operações, o que a caracteriza como a **nona fonte de resiliência**. O relato de um dos comandantes mostra que os procedimentos operacionais dos pilotos são parecidos, embora, seja reconhecido à existência de algumas diferenças individuais.

Essa fonte torna menos burocrática qualquer mudança de procedimento, conforme argumenta um dos comandantes. Ele acrescenta que, nem pelo fato de haver liberdade para modificação dos procedimentos, estes são modificados a todo instante. Somente quando se percebe que aquele padrão de operação não está adequado às necessidades é que é proposta uma mudança no procedimento. Essas mudanças são sugeridas sempre que se percebe desatualização dos atuais procedimentos, ou estes não estão mais propícios às condições encontradas nas operações. É importante salientar que, mesmo havendo procedimentos específicos, a forma de cumprimento cabe a cada piloto, não sendo exigida o fiel cumprimento na seqüência proposta, desde que ela não afete à segurança.

Um dos co-pilotos reiterou que a falta de documentação desses procedimentos só traz benefícios para as operações, porque é possível, devido o tamanho da empresa e a proximidade entre os tripulantes. Caso contrário, seria inviável.

Pelos motivos apresentados, a fonte influencia o princípio da flexibilidade, ao garantir uma rápida adaptação a situações que possam vir a causar problemas nas operações. As mudanças realizadas, após a identificação de sinais ainda muito fracos e a avaliação da situação, permitem uma contínua adequação dos procedimentos com o contexto de operação. O princípio da consciência, por sua vez, é desenvolvido porque a constante troca e a contribuição de cada tripulante resultam na definição de novas e mais claras margens de segurança compartilhadas, nos quais as diferenças são reduzidas.

Por se tratar de uma ação restrita aos operadores, a fonte pode ser classificada como emergente. Além do mais, a ênfase da fonte é preditiva, pois qualquer sinal, por mais fraco que seja, é tratado e avaliado coletivamente, resultando em ações práticas.

Uma vez discutidas cada uma das fontes de resiliência da empresa B, é possível propor algumas conclusões preliminares: i) das nove fontes de resiliência, apenas em três delas foram associadas às fontes de fragilidade ou constrangimentos. Dessas três, duas estavam ligadas a três fontes de fragilidade, ao mesmo tempo; ii) todas as fontes estavam, de alguma forma, relacionadas com os princípios da consciência (88,9%), flexibilidade (66,7%), e aprendizagem (44,4%); iii) o princípio do comprometimento da alta direção foi encontrada apenas em duas fontes, conjuntamente com outros princípios; iv) os princípios da flexibilidade e da consciência estiveram presentes conjuntamente em 66,7% das fontes, podendo sugerir alguma associação entre os princípios; v) em todas as fontes foram identificadas a ênfase preditiva; em apenas uma das situações analisadas, encontrou-se evidências de ênfase preditivas e preventivas ao mesmo tempo; vi) em 66,7% das fontes estavam associadas a padrões emergentes; e vii) em todas as situações analisadas, a fonte originou-se de ações isoladas dos operadores. Já as ações estimuladas pela alta direção apareceram apenas em duas fontes.

#### 4.2.4 Considerações Finais

Após análise dos dados sobre a empresa B, é possível afirmar que a empresa foi formada recentemente e sua estrutura foi estabelecida com dois objetivos específicos: 1) servir aos donos da empresa que, por sua vez, também são os diretores da *holding* que a controla; e 2) como consequência do primeiro objetivo, a empresa não visa lucro, o que diminui possíveis pressões sobre a operação.

A empresa se encontra em um aeroporto movimentado e com algumas restrições de operação, devido a existências dos *slots*. Sua frota é composta de aeronaves novas e de alta tecnologia, cujas capacidades operacionais se completam, o que permite uma flexibilidade nas operações.

O quadro de funcionários é enxuto, contando apenas com dez pessoas. Os mesmos são estimulados à multifuncionalidade, pois dos seis tripulantes, cinco exercem funções adicionais, inclusive como chefe de manutenção e de operação. Mesmo possuindo uma estrutura hierárquica definida, na qual há um diretor geral, o mesmo encontra-se distante fisicamente das operações, cabendo este papel aos chefes de manutenção e de operação. Ambos são considerados como os principais responsáveis pelo funcionamento da empresa.

A partir das análises das fontes de fragilidade e resiliência, alguns fatos importantes destacam-se, como a existência de duas fontes de fragilidade associadas ao ambiente externo, revelando uma dificuldade de controle sobre esses fatores. Entretanto, como forma de reduzir possíveis influências negativas dessas fontes, os dados mostraram a autonomia dos funcionários e a constante troca de informações entre eles. A pequena quantidade fontes de fragilidade pode sugerir com a empresa garante um adequado funcionamento de suas operações, modificando seu funcionamento para atender as demandas internas e externas, evitando ameaças. Esse último aspecto é evidenciado, também, pelo fato de 66,7% das fontes não terem sido associadas ao constrangimento ou fontes de fragilidade, fato reforçado pela ênfase dessas fontes, pois todas foram consideradas como preditivas. Esse ponto específico pode evidenciar que as fontes identificadas na empresa procuram antecipar possíveis ameaças, prevenindo que a mesma se transforme em fragilidade ou constrangimento às operações.

## 5 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo principal a identificação e análise de fontes de resiliência e fragilidade, a partir dos quatro princípios da engenharia de resiliência, a saber: flexibilidade, consciência, aprendizagem e o comprometimento da alta direção. O método foi estruturado em duas etapas, uma para avaliar o real funcionamento da empresa e a outra para avaliar os princípios da ER nas operações.

A ER é reconhecida como uma abordagem pró-ativa da gestão de segurança, o que, conseqüentemente, influencia uma gestão de riscos pró-ativa, cujo foco está no trabalho normal e não em eventos isolados. Dessa forma, primeiro procurou-se analisar o funcionamento da empresa a partir das três dimensões de um sistema sócio-técnico, ao identificar o trabalho real dos funcionários, bem como os constrangimentos inerentes. O ambiente externo foi descrito a partir da revisão da bibliografia.

Em seguida, desdobraram-se os princípios da ER em evidências empíricas baseando-se na literatura sobre o assunto; a partir delas gerou-se um roteiro de perguntas. O desdobramento dos princípios da ER em evidências empíricas e a estrutura de coleta de dados acerca das operações e trabalho real desenvolvido pelos pilotos foram utilizados como método de coleta de dados bastante úteis. Tais proposições podem ser utilizadas como métodos para avaliar a resiliência e a fragilidade de empresas aérea, necessitando de validações empíricas em outros tipos de empresas aéreas.

Os resultados foram tabulados e as fontes de fragilidade e resiliência foram analisadas, segundo categorias pré-estabelecidas, segundo a literatura pertinente. Os resultados foram discutidos junto aos representantes da empresa, embora tal etapa não tenha sido realizada na empresa A. Após a revisão e corroboração, os dados foram discutidos para cada empresa.

Apesar das fontes de fragilidade terem sido decompostas em unidades de análise, percebeu-se que cada uma possuía um grau de relação com as demais. Tal aspecto revela a complexidade inerente do fenômeno estudado que, neste caso, compreendia na identificação de características de resiliência e fragilidade nas operações da empresa.

Sempre que há uma tentativa de analisar um recorte da realidade, a descrição do fenômeno dificulta o entendimento das relações existentes entre os fenômenos analisados, levando a uma simplificação do fenômeno de estudo. Por outro lado, a tentativa de descrever a realidade, atendendo às características inerentes de complexidade, inviabilizaria a descrição do fenômeno. Pelos motivos expostos, a identificação e análise das fontes de fragilidade e resiliência procurou fazer referências às demais fontes e aprofundar na fonte analisada justificando-a em evidências empíricas.

Durante a análise das fontes de fragilidade, percebeu-se a necessidade de desdobrá-las em conseqüências para as operações da empresa e como os operadores lidavam com elas. Para todas as fontes de fragilidade encontradas foi possível associar uma fonte de resiliência e esta, por sua vez, estava associada a alguma adaptação realizada pelos operadores do processo. Portanto, os resultados empíricos sugerem que a análise da resiliência em uma empresa de táxi aéreo deve partir das fontes de fragilidade e dos constrangimentos por elas causadas aos operadores.

Foi possível constatar que algumas fontes de resiliência e fragilidade foram corroboradas pelo estudo de Guido Junior *et al.* (2008). Entretanto, no referido estudo foi utilizado como método de diagnóstico o MASST, cujo foco e o diagnóstico do SGS nas empresas utilizando como pressuposto teórico os princípios da ER. Nesse sentido, é possível que a coerência dos dados obtidos nos dois estudos não tenha sido determinante pelo método utilizado, e sim pelo foco da análise.

Ao finalizar a análise dos dados e a apresentação dos resultados, surgiu a dúvida: por que não trabalhar com gestão de riscos com as atuais abordagens? Uma possível explicação reside nas atuais características das ferramentas de gestão de riscos utilizadas na indústria. Como foco das atuais ferramentas de avaliação do desempenho de segurança está na identificação e análise de eventos cujas conseqüências foram indesejadas, mas com danos mínimos. Dependendo do nível de gravidade das conseqüências e do grau de imprevisibilidade, há a classificação como acidente, incidente, quase-acidente, ou situações de insegurança. A proposta desse estudo foi identificar as características de resiliência ou fragilidade durante as operações normais e rotineiras da empresa, não focando na ocorrência de eventos indesejados. As fontes identificadas revelam como o trabalho real é realizado e podem ser definidas como fatores distantes espaço-temporal de um evento indesejado.

Já no presente estudo, as fontes de fragilidade identificadas foram fatores distantes em espaço tempo de um evento cujas conseqüências foram negativas (preditivos: erros

operacionais, desvio de procedimentos; preventivos: relatos de segurança, levantamento sobre o clima ou cultura de segurança; reativo: análise de quase acidentes, incidentes, acidentes ); elas podem ou não se tornar uma ameaça ou perigo, pois estes são fatores mais próximos no espaço e tempo de eventos indesejados.

Dentre as limitações do estudo, cabe salientar o fato de que tanto as fontes de resiliência como as de fragilidade retratam o padrão de organização das empresas no período da avaliação, não sendo possível afirmar se, atualmente, os mesmos fatores poderiam ser encontrados. Também não é possível estender os resultados encontrados à outras empresas, necessitando de maior validade empírica.

De modo ambíguo, o acidente ocorrido na empresa A, durante a coleta de dados, evidenciou os pontos fracos e fortes do método utilizado. De um lado, a grave perturbação no sistema sócio-técnico ocasionada pelo acidente provocou uma reorganização da empresa, já que a capacidade produtiva foi reduzida para 66,66%, pois uma das três aeronaves foi perdida, três funcionários pediram demissão e os custos diretos com o acidente foram altos. Nesse sentido, os resultados obtidos a partir dos dados coletados antes do acidente não podem ser interpretados como os mesmos que estariam presentes na empresa após o acidente. De outro lado, as evidências coletadas na empresa A, consistentemente, apontaram sérias fragilidades no sistema ligadas aos fatores contribuintes para o acidente. As informações levantadas pelo método podem ser interpretadas como pró-ativas, revelando ainda as margens de segurança das operações que, nesse caso, eram estreitas e muito próximas da insegurança.

Dentre as sugestões para trabalhos futuros, salientam-se os seguintes tópicos: (a) investigar as correlações entre as dimensões dos sistemas sócio-técnicos e os princípios da ER, uma vez que determinadas características podem ser decisivas para o atendimento maior ou menor a cada princípio da ER; e (b) desenvolver indicadores de desempenho e outros mecanismos que permitam o monitoramento contínuo da adoção dos princípios de resiliência, alertando aos operadores, gerentes e a alta direção para os fatores de resiliência e fragilidade.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Relação de empresas de táxi aéreo**. Brasília, Brasil: ANAC, 2009. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/arquivos/pdf/taxiAereo.pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2009a.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Resolução nº 106**: Aprova sistema de gerenciamento de segurança operacional para os pequenos provedores de serviço da aviação civil. Brasília: ANAC, jul. 2009. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/biblioteca/resolucao/RA2009-0106.pdf>>. Acesso em: 02 ago. 2009b.

AMALBERTI, R. **La conduite de systèmes à risques**. Paris, France: Press Universitaires de France Paris, 1996.

AMALBERTI, R. Revisiting safety and human factors paradigms to meet the safety challenges of ultra complex and safe systems. In.: WILLPERT, B.; FALHBRUCH, B. **Challenges and pitfalls of safety interventions**. North Holland: Elsevier, 2001a.

AMALBERTI, R. The paradoxes of almost totally safe transportation systems. **Safety Science**, v. 37, n 2-3, p. 109-126, mar. 2001b.

AMALBERTI, R. Optimum system safety and optimum system resilience: agonistic or antagonistic concepts? In: HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D.; LEVESON, N. G. (Eds.). **Resilience Engineering: concepts and precepts**. London, UK: Ashgate, 2006. Cap. 16, p. 238-256.

ANDERSON, R.; CRABTREE, B; STEELE, D.; MCDANIEL, R. Case study research: the view from complexity science. **Qualitative Health Research**, v.15, n. 5, p. 689-685, 2005.

ANDRADE, A. L.; SELEME, A.; RODRIGUES, L. H.; SOUTO, R. **Pensamento sistêmico: caderno de campo: o desafio da mudança sustentada nas organizações e na sociedade**. Porto Alegre, Brasil: Bookman, 2006.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Paris: PUF, 1977.

BAUER, R. **Gestão da mudança: caos e complexidade nas organizações**. São Paulo, Brasil: Atlas, 1999.

BENITE, A. G. **Sistemas de gestão da segurança e saúde no trabalho**. São Paulo, Brasil: Nome da Rosa, 2004.

BENNER JR., L. 5 accident perceptions: their implications for accident investigator. **Hazard Prevention**, v. 16, n. 11, sep./oct. 1980.

BERTALANFFY, L. Von. **Teoria geral dos sistemas**. 2 ed. Petrópolis: Vozes, 1975.

BERTRAND, Y.; GUILLEMET, P. **Organizações: uma abordagem sistêmica**. Lisboa: Instituto Piaget, 1988.

BINDÉ, J. Introdução: complexidade e crise da representação. In: MENDES, Candido (org.); LARRETA, Enrique (Ed.). **Representação e complexidade**. Rio de Janeiro: Garamond, 2003, p.7-24.

BIRD Jr., F. **Management Guide to Loss Control**. Atlanta, USA: Institute Press, 1974.

BOEING. **Statistical summary of commercial jet airplane accidents: worldwide operations 1959-2006**. Seattle, USA: BOEING, 2007. Disponível em: <<http://www.aviation-safety.net>>. Acesso em: 15 dez. 2007.

BOULDING, K. General Systems Theory: The Skeleton of Science. **Management Science**, v. 2, n. 3, p.197-208, 1956.

BRAITHWAITE, G. R. **Attitude or latitude?: Australian aviation safety**. Aldershot, UK: Ashgate, 2001.

BRASIL. Senado Federal. Lei nº 2.961, de 20 de janeiro de 1941. **Cria o Ministério da Aeronáutica**. Disponível em: <<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=103316>>. Acesso em: 08 mar. 2007.

BRASIL. Senado Federal. Decreto nº 57.055, de 11 de outubro de 1965. **Aprova o Regulamento para o Serviço de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos**. Disponível em: <<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=188697>>. Acesso em: 08 mar. 2007.

BRASIL. Senado Federal. Decreto nº 64.284, de 31 de março de 1969. **Aprova o Regulamento da Inspeção Geral da Aeronáutica**. Disponível em: <<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=195058>>. Acesso em: 08 mar. 2007.

BRASIL. Senado Federal. Decreto nº 69.565, de 19 de novembro de 1971. **Institui o Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes da Aeronáutica, e Dá Outras Providências**. Disponível em: <<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=199531>>. Acesso em: 15 dez. 2007.

BRASIL. Senado Federal. Decreto nº 70.050, de 25 de janeiro de 1972a. **Aprova o Regulamento para o Serviço de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos.** Disponível em: <<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=199913>>. Acesso em: 08 mar. 2007.

BRASIL. Senado Federal. Lei nº 5.862, de 12 de dezembro de 1972b. **Autoriza o Poder Executivo a constituir a empresa pública denominada Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária - INFRAERO, e dá outras providências.** Disponível em: <<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=121520>>. Acesso em: 08 mar. 2007.

BRASIL. Senado Federal. Decreto nº 87.249, de 07 de junho de 1982. **Dispõe Sobre o Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos e Dá Outras Providências.** Disponível em: <<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=127276>>. Acesso em: 08 mar. 2007.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986. **Dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L7565.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7565.htm)>. Acesso em: 15 nov. 2008.

BRASIL. Departamento de Aviação Civil. **Quarto Plano de Desenvolvimento do Sistema de Aviação Civil (IV PDSAC).** Brasília, Brasil: Ministério da Aeronáutica, 1997.

BRASIL. Senado Federal. Lei Complementar nº 97, de 9 de junho de 1999. **Dispõe sobre as normas gerais para a organização, o preparo e o emprego das Forças Armadas.** Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/biblioteca/leis/LeiComplementar97.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2008.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Análise e avaliação do papel das agências reguladoras no atual arranjo institucional brasileiro.** Relatório Final do Grupo de Trabalho Interministerial. Brasília: Casa Civil, set. 2003.

BRASIL. Comando da Aeronáutica (COMAER). **Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica (RBHA) 135:** requisitos operacionais: operações complementares e por demanda. Comando da Aeronáutica, 2004a. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/biblioteca/rbha/rbha135.pdf>>. Acesso em: 01 jan. 2008.

BRASIL. Comando da Aeronáutica (COMAER). **Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica (RBHA) 141:** Escolas de Aviação Civil. Brasília: Comando da Aeronáutica, 2004b. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/biblioteca/rbha/rbha141.pdf>>. Acesso em: 01 jan. 2008.

BRASIL. Comando da Aeronáutica (COMAER). **Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica (RBHA) 119:** Homologação: operadores regulares e não regulares. Brasília: Comando da Aeronáutica, 2005a. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/biblioteca/rbha/rbha119.pdf>>. Acesso em: 01 jan. 2008.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 11.182, de 27 de setembro de 2005b. **Cria a Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC, e dá outras providências.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2005/Lei/L11182.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11182.htm)>. Acesso em: 08 mar. 2007.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) 61:** Requisitos para Concessão de Licenças de Pilotos e Instrutores de Voo 2006. Brasília, Brasil: ANAC, 2006a.

BRASIL. Senado Federal. Decreto-lei nº 5.731, de 20 de março de 2006b. **Dispõe sobre a instalação, a estrutura organizacional da Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC e aprova o seu regulamento.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato20042006/2006/Decreto/D5731.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20042006/2006/Decreto/D5731.htm)>. Acesso em: 08 mar. 2007.

BRASIL. Comando da Aeronáutica (COMAER). **Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica (RBHA) 140:** Autorização, Organização e Funcionamento de Aeroclubes. Brasília: Comando da Aeronáutica, 2006c. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/biblioteca/rbha/rbha141.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2007.

BRASIL. Comando da Aeronáutica (COMAER). Centro de Prevenção e Investigação de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). **Normas de Segurança do Comando da Aeronáutica (NSCA).** Brasília: Comando da Aeronáutica, 2008a. 12 v.

BRASIL. Comando da Aeronáutica (COMAER). Centro de Prevenção e Investigação de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). **Normas de Segurança do Comando da Aeronáutica 3-1 (NSCA 3-1):** Conceituação de Vocábulos, Expressões e Siglas de Uso no SIPAER. v.1, Brasília: Comando da Aeronáutica, 2008b.

BRASIL. Comando da Aeronáutica (COMAER). Centro de Prevenção e Investigação de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). **Normas de Segurança do Comando da Aeronáutica 3-3 (NSCA 3-3):** Gestão da Segurança Operacional. v. 3, Brasília: Comando da Aeronáutica, 2008c.

BRASIL. Comando da Aeronáutica (COMAER). Centro de Prevenção e Investigação de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). **Normas de Segurança do Comando da Aeronáutica 3-10 (NSCA 3-10):** Formação e capacitação dos recursos humanos do SIPAER. v.10, Brasília: Comando da Aeronáutica, 2008d.

BRITISH STANDARD INSTITUTE (BSI). **OHSAS 18001-1999:** Occupational health and safety management system – Requisites. [s.l.]: BSI, 1999.

BRITISH STANDARD INSTITUTE (BSI). **OHSAS 18002:2000:** Occupational health and safety management system – OHSAS 18001. [s.l.]: BSI, 2000.

BURY, J.B. **The Idea of Progress:** An inquiry into its origin and growth. New York, USA: Dover, 1955.

CAMBON, J.; GUARNIERI, F.; GROENEWEG, J. Towards a new tool for measuring Safety Management Systems performance. In: 2<sup>nd</sup> Symposium on Resilience Engineering Juan-les-Pins, France, November 8-10, 2006. **Proceedings...** France, 2006.

CAMPOS, V. F. **TQC: controle da qualidade total: no estilo japonês**. 8. ed. Belo Horizonte, Brasil: EDG, 1992.

CARIM JÚNIOR, G. C.; SAURIN, T. A.; SILVA, M. P. Auditoria de saúde e segurança no trabalho sob o enfoque da engenharia de resiliência: estudo de caso em uma empresa de aviação civil. In: XV Seminário de engenharia de produção, 2008, Bauru, SP. XV Seminário de engenharia de produção. Bauru, SP: Unesp, 2008.

CARIM JÚNIOR, G. C.; FONSECA, R.; RUSSOMANO, T.; HENRIQSON, E. Análise da aplicabilidade das melhores práticas das empresas de transporte aéreo regular na gestão da prevenção de perdas em empresas de táxi aéreo. In: VI Salão de Iniciação Científica da PUCRS, 2005, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: EDIPUCRS, 2005. 1 CD-ROM.

CARTHEY, J.; LEVAL, M R de; REASON, J. T. Institutional resilience in healthcare systems. **Journal for Quality Health Care**, v. 10, p. 29-32, 2001.

CARVALHO, P. V. R.; GOMES, J. O.; HUBER, G. J.; SANTOS, I. J. A. L. A identificação de constrangimentos no trabalho dos pilotos de helicóptero na Bacia de Campos e sua influência na resiliência e segurança do sistema de transporte *offshore*. In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2007, Foz do Iguaçu, Brasil. **Anais...** Foz do Iguaçu, Brasil: ABEPRO, 2007.

CENTRO DE PREVENÇÃO E INVESTIGAÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS (CENIPA). **Acidentes Aeronáuticos na Aviação Civil Brasileira: dados relativos ao ano de 2007**. Brasília: CENIPA, 2008. Disponível em: <[http://www.cenipa.aer.mil.br/estatisticas/aviacao\\_civil.pdf](http://www.cenipa.aer.mil.br/estatisticas/aviacao_civil.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2008.

CENTRO DE PREVENÇÃO E INVESTIGAÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS (CENIPA). **Acidentes Aeronáuticos na Aviação Civil Brasileira: dados de 2008**. Brasília: CENIPA, 2009. Disponível em: <[http://www.cenipa.aer.mil.br/estatisticas/aviacao\\_civil.pdf](http://www.cenipa.aer.mil.br/estatisticas/aviacao_civil.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2009.

CHIAVENATO, I. Introdução à teoria geral da administração. 3. ed. Rio de Janeiro, Brasil: Elsevier, 2004.

CHIESA, V.; COUGHLAN, P.; VOSS, C. A. Development of a technical innovation audit. **Journal of Product Innovation Management**, v. 13, 1996.

CHRISTOFFERSEN, K.; WOODS, D. D. How complex human-machine system fail: putting "human error" in context. In: KARWOWSKI, W.; MARRAS, W. S. (Eds.). **The occupational ergonomics handbook**. Boca Raton, USA: CRC Press, 1999. p. 585-600.

CLEGG, S. R.; HARDY, C. Introdução: organização e estudos organizacionais. In: CLEGG, S. R.; HARDY, C.; NORD, W. R. (Org. edição original); CALDAS, M.; FACHIN, R.; FISCHER, T. (Org. edição Brasileira). **Handbook de estudos organizacionais**: V. 01: modelos de análise e novas questões em estudos organizacionais. São Paulo, Brasil: Atlas, 1999, p. 27-60.

COOK, R. I.; WOODS, D. D. Operating at the sharp end: the complexity of human error. In: BOGNER, M. S. (Ed.). **Human Error in Medicine**. Hillsdale, NJ, USA: Lawrence Erlbaum Associates, 1994, p. 255-310.

COOK, R.; RASMUSSEN, J. "Going solid": a model of system dynamics and consequences for patient safety. **Quality Safety Health Care**, v. 14, p. 130-134, 2005.

COSTELLA, M. F. **Método de avaliação de sistemas de gestão de segurança e saúde no trabalho (MASST) com enfoque na engenharia de resiliência**. Porto Alegre, 2008c. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, PPGE/ UFRGS.

COSTELLA, M. F.; SAURIN, T. A.; GUIMARAES, L. B. de M.. Avaliação de sistemas de gestão de SST: um método sob a perspectiva da engenharia de resiliência. In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, Brasil: ABEPRO, 2008a.

COSTELLA, M. F.; SAURIN, T. A.; GUIMARAES, L. B. de M.. Análise comparativa entre dez modelos de auditoria de sistemas de gestão de segurança e saúde no trabalho. In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, Brasil: ABEPRO, 2008b.

COSTELLA, M. F.; SAURIN, T. A.; GUIMARÃES, L. B. de M. A method for assessing health and safety management systems from the resilience engineering perspective. **Safety Science**, v. 47, n. 8, p. 1056-1067, 2009.

CRANDAL, B.; KLEIN, G.A.; HOFFMAN, R.R. **Working Minds**: a practitioner's guide to cognitive task analysis. London, UK: The MIT Press, 2006.

CRISTOFFERSEN, K.; WOODS, D. D. How complex human-machine systems fail: putting "human error" in context. In: KARWOWSKI, Waldemar; MARRAS, William S. (Ed.). **The occupational ergonomics handbook**. Boca Raton, EUA: CRC Press, 1999, p. 585-600.

DE CICCIO, F. Custo de acidentes. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v.12, n.45, jan./fev./mar., 1984.

DE CICCIO, F. **Manual sobre sistemas de gestão da segurança e saúde no trabalho: OHSAS 18001**. São Paulo: Risk Tecnologia. 1999. V. 3.

DEKKER, S. W. A. **The field guide to human error investigations**. Aldershot: Ashgate, 2002.

DEKKER, S. W. A. **Why we need new accident models?** Technical Report 2005-2. Lund University School of Aviation, 2005.

DEKKER, S. Resilience engineering: chronicling the emergence of confused consensus. In: HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D.; LEVESON, N. G. (Eds.). **Resilience Engineering: concepts and precepts**. London, UK: Ashgate, 2006. Cap. 07, p. 68-83.

DEKKER, S. W. A. Doctors are more dangerous than gun-owners: a rejoinder to error counting. **Human Factors**, v. 49, p. 177–184, 2007.

DELA COLETA, J. A. Acidentes de trabalho fator humano contribuições da Psicologia do Trabalho Atividades de Prevenção. São Paulo, Brasil: Atlas, 1989.

DENT, E. B. Complexity Science: a Worldview Shift. **Emergence**, v. 1, n. 4, p. 5-19, 1999.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). **O controle do espaço aéreo: principais atividades**. Brasília, Brasil: ASCOM DECEA, 2007.

DIJKSTRA, A. Safety management in airlines. In: HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D.; LEVESON, N. G. (Eds.). **Resilience Engineering: concepts and precepts**. London, UK: Ashgate, 2006. Cap. 12, p. 170-190.

EMERY, F. E.; TRIST, E. L. The causal texture of organizational environments. In: PASMORE, W. A.; SHERWOOD, J. J. (Eds.). **Sociotechnical systems: a sourcebook**. San Diego, CA: University Associates, part 2, p. 13-42, 1978.

EMPRESA BRASILEIRA DE INFRA-ESTRUTURA AEROPORTUÁRIA (INFRAERO) Quem somos? Brasília, Brasil: Infraero, 2008. Disponível em: <[http://www.infraero.gov.br/inst\\_quem.php?>](http://www.infraero.gov.br/inst_quem.php?>)>. Acesso em: 18 mar. 2008.

EUROPEAN FOUNDATION FOR QUALITY MANAGEMENT (EFQM). **Self-Assessment 1995 - Guidelines**. Brussels: EFQM, 1995.

FAIZI, A. H. **Desempenho da segurança na aviação: países do terceiro mundo**. Rio de Janeiro: Sindicato Nacional dos Aeronautas, 1996.

FARIAS NETO, Joaquim G. **Choque de Gestão: do voo 1907 ao apagão aéreo no Brasil**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2007.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). **FAA System Safety Handbook**. Washington, USA: FAA, 2000.

FLICK, U. **Uma Introdução à Pesquisa Qualitativa**. Tradução de Sandra Netz. Porto Alegre: Bookmann, 2004.

FLIGHT SAFETY FOUNDATION (FSF). Global Aviation Information Network: grupo de trabalho de práticas de segurança de vôo dos operadores aeronáuticos. **Operator's Flight Safety Handbook**: Manual de Segurança dos Operadores Aeronáuticos. Tradução de Guardyan Net Comércio e Serviços Ltda. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2004.

FLIN, R. Erosion of managerial resilience: VASA to NASA. In: HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D.; LEVESON, N. G. (Eds.). **Resilience Engineering**: concepts and precepts. London, UK: Ashgate, 2006. Cap. 14, p. 208-219.

FRANCE, D. J.; LEVIN, S. System complexity as a measure of safe capacity for the emergency department. **Academic Emergency Medicine**, v. 13, n. 11, p. 1212-1219, 2006.

FUNDAÇÃO PARA O PRÊMIO NACIONAL DA QUALIDADE (FPNQ). **Crêterios de excelênci**a: o estado da arte da gestão para a excelência do desempenho. [http://www.fpnq.org.br/criterios\\_2006.htm](http://www.fpnq.org.br/criterios_2006.htm). Acesso em outubro de 2006.

GABOR, A. **Os filósofos do capitalismo**: a genialidade dos homens que construíram o mundo dos negócios. Rio de Janeiro, Brasil: Campus, 2001.

GALLOPÍN, G. C.; FUNTOWICZ, S.; O'CONNOR, M.; RAVETZ, J. Science for the twenty-first century: from social contract to the scientific core. **International Journal of Social Science**, v. 168, p. 219-229, 2001.

GARDNER, H. **A nova ciência da mente**: uma história da revolução cognitiva. São Paulo, Brasil: EDUSP, 1996.

GERSHENSON, C.; HEYLIGHEN, F. How can we think the complex? In: Richardson, K. (Ed.) **Managing the Organizational Complex**: Philosophy, Theory and Application. v. 1. [s.l.]: Institute for the Study of Coherence and Emergence and Information Age Publishing, p. 47-62, 2004.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GOMES, J. O.; CARVALHO, P. V. R.; HUBER, G. J.; WOODS, D. D. Safety and Resilience in the Helicopter Offshore Transportation System of Campos Basin. In: 9<sup>th</sup> International Symposium on Human Factors in Organizational Design and Management, 2008, Guarujá, Brasil. **Proceedings...** Guarujá, Brasil: Edgard Blucher/IEA Press, 2008.

GOMES, J. O.; WOODS, D. D.; CARVALHO, P. V. R.; HUBER, G. J.; BORGES, M. R. S. Resilience and brittleness in the offshore helicopter transportation system: The identification of constraints and sacrifice decisions in pilots work. **Reliability Engineering and Systems Safety**, v. 94, p. 311-319, 2009.

GUÉRIN, F.; LAVILLE, A.; DANIELLOU, F.; DURAFFOURG J.; KERGUÉLEN, A. **Compreender o trabalho para transformá-lo: a prática da ergonomia.** São Paulo, Brasil: Edgard Blücher, 2001.

GUERLAIN, S.; HAYES, C.; PRITCHETT, A. R.; SMITH, P. Exercises/techniques for teaching cognitive systems engineering. In.: Human Factors and Ergonomics Society 45th Annual Meeting, Minneapolis, USA oct. 2001. **Proceedings...** USA: Human Factors and Ergonomics Society, 2001, p 453-457.

GUIMARÃES, L. B. M.; (Ed.) **Ergonomia Cognitiva.** 3ª Ed. Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2006a.

GUIMARÃES, L. B. M. Organização do Trabalho. In: GUIMARÃES, L. B. de M. (Ed.). **Ergonomia de Processo.** 5. ed. Porto Alegre, Brasil: UFRGS/PPGEP, 2006b, cap. 3. v. 2.

GULDENMUND, F. HALE, A. R.; GOOSSENS, L.; BETTEN, J.; DUIJIM, N. J. The Development of an Audit Technique to Assess the Quality of Safety Barrier Management. **Journal of Hazardous Materials.** n.130, p. 234-241, 2006.

HALE, A. R.; GULDENMUND, F., GOOSSENS, L. Auditing resilience in risk control and safety management systems. In: HOLLNAGEL, E.; WOODS, D.; LEVESON, N. (Eds.) **Resilience engineering: concepts and precepts.** London: Ashgate, 2006. Cap. 18, p. 270-295.

HALE, A. R.; HEIJER, T. Defining resilience. In: HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D.; LEVESON, N. G. (Eds.). **Resilience Engineering: concepts and precepts.** London, UK: Ashgate, 2006a. Cap. 03, p. 31-36.

HALE, A. R.; HEIJER, T. Is resilience really necessary? The case of railways. In: HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D.; LEVESON, N. G. (Eds.). **Resilience Engineering: concepts and precepts.** London, UK: Ashgate, 2006b. Cap. 09, p. 115-137.

HAWKINS, F. H. **Human factors in flight.** 2. ed. Aldershot, USA: Ashgate, 1993.

HEINRICH, H. W. **Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach.** New York, USA: McGraw-Hill, 1931.

HENDRICK, H. W.; KLEINER, B., M. **Macroergonomics: an introduction to work system design.** v. 2. Santa Monica: Human Factors and Ergonomics Society, 2001.

HENLEY, I. M. A. (Ed.). **Aviation education and training: adult learning principles and teaching strategies.** Aldershot, UK: Ashgate, 2003.

HERRERA, I .A.; HOVDEN, J. Leading indicators applied to maintenance in the framework of resilience engineering: a conceptual approach. In: 3<sup>rd</sup> Symposium on Resilience Engineering Juan-les-Pins, 2008, Paris, France, November 28-30, 2008. **Proceedings...** France: École de mines de Paris, 2008. p. 101-108.

HEYLIGHEN, F. Building a Science of Complexity. In: Annual Conference of the Cybernetics Society, London, UK, 1988. **Proceedings....** London, UK: Cybernetics Society and King's College, p. 1-22, 1988.

HEYLIGHEN, F. A. New Transdisciplinary Paradigm for the Study of Complex Systems? In: HEYLIGHEN, F.; ROSSEEL, E.; DEMEYERE, F. (Eds.). **Self-Steering and Cognition in Complex Systems**. New York, USA: Gordon and Breach, p. 1-16, 1990a.

HEYLIGHEN, F. Classical and Non-classical Representations in Physics I. **Cybernetics and Systems**, v. 21, p. 423-444, 1990b.

HEYLIGHEN, F. Classic publications on complex, evolving systems: a citation-based survey. **Complexity**, v. 2, n. 5, p. 31-36, 1997.

HEYLIGHEN, F.; BERNHEIM, J. Global Progress I: empirical evidence for increasing quality of life. **Journal of Happiness Studies**, v. 1, n.3, p. 323-349, 2000.

HEYLIGHEN, F.; CILLIERS, P., GERSHENSON, C. Complexity and Philosophy. In: BOGG, J.; GEYER, R. (Eds.). **Complexity, Science and Society**. Oxford, UK: Radcliffe, 2007.

HOLLNAGEL, E. The Phenotype of Erroneous Actions. **International Journal of Man-Machine Studies**, n. 39, v.1, p.1-32. 1993.

HOLLNAGEL, E. Accident and barriers. In: 7th European Conference on Cognitive Science Approaches to Process Control, 1999, Villeneuve d'Ascq, France, September 21-24, 1999. **Proceedings...** France: European Association of Cognitive Ergonomics EACE, 1999. p. 175-180.

HOLLNAGEL, E. **Barriers and accident prevention**. London: Ashgate, 2004.

HOLLNAGEL, E. Resilience: the challenge of the unstable. In: HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D.; LEVESON, N. (Eds.). **Resilience engineering: concepts and precepts**. London, UK: Ashgate, 2006. Cap. 01, p. 08-16.

HOLLNAGEL, E. Investigating as an impediment to learning. In: HOLLNAGEL, E.; NEMETH, C P.; DEKKER, S. (Eds.). **Resilience Engineering Perspectives: volume 1: remaining sensitive to the possibility of failure**. Aldershot, UK: Ashgate, 2008. Cap. 20, p. 259-268.

HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D. Cognitive systems engineering: new in new bottles. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 51, p. 339-356, 1999.

HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D. **Joint cognitive systems: Foundations of cognitive systems engineering**. Boca Raton, FL, USA: Taylor & Francis / CRC, 2005.

HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D. Epilogue: resilience engineering precepts. In: HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D.; LEVESON, N. G. (Eds.). **Resilience Engineering: concepts and precepts**. London, UK: Ashgate, 2006. p. 327-338.

HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D.; LEVESON, N. B. (Eds.). **Resilience engineering: concepts and precepts**. London, UK: Ashgate, 2006.

HOLLNAGEL, E.; PIERI, F.; RIGAUD, E. (Eds.). **Proceedings of the third resilience engineering symposium**. Juan-les-Pins, France: École de mines de Paris, 2008.

HUDSON, P.; REASON, J.; WAGENAAR, W.; BENTLEY, P.; PRIMROSE, M.; VISSER, J. Tripod Delta: proactive approach to enhanced safety. **Journal of Petroleum Technology**, n. 58, jan. 1994.

HUTCHINS, E. The social organization of distributed cognition. In: RESNICK, L.; LEVINE, J.; TEASLEY, S.D. (Eds.) **Perspectives on Socially Shared Cognition**. Washington, DC, USA: APA Press, 1995.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo, Brasil: E. Blücher, 1990.

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (IATA). Industry Sees Fewer Fatalities: Regional Work Needed To Further Enhance Safety. **Press Release**, n. 22, 08 mai. 2008a. Disponível em: < <http://www.iata.org/pressroom/pr/2008-05-08-01>>. Acesso em: 10 jun. 2008.

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (IATA). **Annual Report 2007: 63<sup>rd</sup> Annual General Meeting**. Vancouver, Canada: IATA, jun. 2007.

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (IATA). **Annual Report 2008: 64<sup>nd</sup> Annual General Meeting**. Istanbul, Turkey: IATA, jun. 2008b.

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (IATA). **Annual Report 2009: 65<sup>th</sup> Annual General Meeting**. Kuala Lumpur, Malaysia: IATA, jun. 2009.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **DOC 9422: Accident Prevention Manual**. 1. ed. Montreal, Canada: ICAO, 1984.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Annex 13: Aircraft Accident and Incident Investigation**. 9. ed. Montreal, Canada: ICAO, 2001.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **DOC 9756: Manual of Aircraft Accident and Incident Investigation**. 1. ed. Montreal, Canada: ICAO, 2003.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **DOC 9859: Safety Management Manual (SMM)**. 1. ed. Montreal, Canada: ICAO, 2006.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **DOC 9859**: Safety Management Manual (SMM). 2. ed. Montreal, Canada: ICAO, 2009.

INTERNATIONAL LABOUR OFFICE (ILO). **Guidelines on occupational safety and health management systems**: ILO-OSH 2001. Genebra: ILO, 2001.

KASPER, H. **O processo de pensamento sistêmico: um estudo das principais abordagens a partir de um quadro referencial proposto**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Porto Alegre: Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção/ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

KASPER, H. Perspectivas em pensamento sistêmico. In.: ANDRADE, A. L.; SELEME, A.; RODRIGUES, L. H.; SOUTO, R (Eds.). **Pensamento sistêmico: caderno de campo: o desafio da mudança sustentada nas organizações e na sociedade**. Porto Alegre: Bookman, p. 49-57, 2006.

KATSAKIORI, P.; SAKELLAROPOULOS, G.; MANATAKIS, E. Towards an evaluation of accident investigation methods in terms of their alignment with accident causation models. **Safety Science**, v. 47, n. 7, p. 1007-1015, 2009.

KOMATSUBARA, A. When resilience dos not work. In.: HOLLNAGEL, E.; NEMETH, C. P.; DEKKER, S. (Org.). **Resilience engineering perspectives: remaining sensitive to the possibility of failure**. Aldershot, USA: Ashgate Publishing, 2008. Cap. 07, p. 79-100.

LEVESON, N. **System Safety Engineering: Back to the future**. Boston, USA: Massachusetts Institute of Technology (MIT), 2002.

LEVESON, N.; DULAC, N.; ZIPKIN, D.; CUTCHER-GERSHENFELD, J.; CARROLL, J.; BARRETT, B. Engineering resilience into safety: critical system. In: HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D.; LEVESON, N. G. (Eds.). **Resilience Engineering: concepts and precepts**. London, UK: Ashgate, 2006. Cap. 08, p. 86-114.

LUNDBERG, J.; ROLLENHAGEN, C.; HOLLNAGEL, E. What-You-Look-For-Is-What-You-Find – The consequences of underlying: accident models in eight accident investigation manuals. **Safety Science**, v. 47, n. 10, p. 1297-1311, 2009.

MANNERMAA, M. Complexity and systems thinking in futures research: from “neutral” scenarios to value considerations. **Systems Practice**, v. 1, n. 3, p. 279-295, 1988.

MANSON, S. M. Simplifying complexity: a review of complexity theory. **Geoforum**, v. 32, p. 405–414, 2001.

MATTA, T. F.; GAJEWSKY, D.; LACERDA, M. L.; HALL, C. K.; SANTOS, A. G.; GOMES, J. O.; WOODS, D. D. Application of Resilience Engineering on Safety in Offshore Helicopter Transportation. In: IEEE Systems and Information Engineering Design Symposium, 2006, Charlottesville, USA. **Proceedings...** Charlottesville, USA: UVA, 2006a. p. 237-244.

MATTA, T. F.; SANTOS, A. G.; ABECH, M. P.; GOMES, J. O.; HUBER, G. J.; WOODS, D. D. Goal Conflict in Helicopter Safety: dilemmas accros maintenances, pilots, and management. In: 2<sup>nd</sup> Symposium on Resilience Engineering, 2006, Cannes, France. **Proceedings...Sophie-Antipolis, France: École de Mines, 2006b. p. 74-77.**

MCKELVEY, B. What Is Complexity Science? It is Really Order-Creation Science. **Emergence**, v.3, p. 137–157, 2001.

MELO, M. A. B. C. Política regulatória: uma revisão da literatura. **Revista Brasileira de Informação Bibliográfica em Ciências Sociais**, n. 50, p. 7-44, 2000.

MELO, M. A. B. C. A política da ação regulatória: responsabilização, credibilidade e delegação. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 116, n. 46, p. 55-68, 2001.

MELO, M. A. B. C. As agências regulatórias: gênese, desenho institucional e governança. In: ABRUCIO, F.; LOUREIRO, M. R. (Orgs.). **O Estado numa era de reformas: os anos FHC**. Brasília, Brasil: Seges-MP, 2002.

MENDONÇA, D. Measures of resilient performance. In: HOLLNAGEL, E.; NEMETH, C. P.; DEKKER, S. (Eds.). **Resilience Engineering Perspectives: volume 1: remaining sensitive to the possibility of failure**. Aldershot, England, UK: Ashgate, 2008. Cap. 04, p. 29-47.

MILLER, A.; XIAO, Y. Multi-level strategies to achieve resilience for an organisation operating at capacity: a case study at a trauma centre. **Cognition, technology and work**, v. 9, p. 51-66, 2007.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo; EPU, p. 95-107, 1999.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Tradução de Dulce Mattos. 1 ed. Lisboa: Instituto Piaget, 1991.

MORIN, E. A necessidade de um pensamento complexo. In: MENDES, Candido (org.); LARRETA, Enrique (Ed.). **Representação e complexidade**. Rio de Janeiro: Garamond, 2003, p. 69-78

MOTTA, F. C. P.; VASCONCELOS, I. F. G. **Teoria geral da administração**. São Paulo, Brasil: Thomson, 2002.

MULLER, B.; PEREIRA, C. Credibility and the design of regulatory agencies in Brazil. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 22, n. 3, p. 65-88, jul./sept. 2002.

MULEJ, M.; KAJZER, S.; POTOCHAN, V.; ROSI, B.; KNEZ-RIEDL, J. Interdependence of systems theories – potential innovation supporting innovation. **Kybernetes**, v. 35, n. 7-8, p. 942-954, 2006.

NORMAN, D. N. **The design of everyday things**. New York, USA: Doubleday, 1988.

PACHECO, R. S. Regulação no Brasil: desenho das agências e formas de controle. **Revista de Administração Pública**, v. 40, n. 4, p. 523-543, 2006.

PARIÉS, J. Complexity, emergence and resilience. In: HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D.; LEVESON, N. G. (Eds.). **Resilience Engineering: concepts and precepts**. London, UK: Ashgate, 2006. Cap. 04, p. 38-48.

PASMORE, W. A. **Designing Effective Organizations: The Sociotechnical Systems perspective**. USA: John Wiley & Sons, 1988.

PASMORE, W. A.; SHERWOOD, J. J. Organizations as Sociotechnical Systems. In: PASMORE, W. A.; SHERWOOD, J. J. (Eds.). **Sociotechnical systems: a sourcebook**. San Diego, CA: University Associates, part 1, p. 3-7, 1978.

PERROW, C. **Normal Accidents: living with high-risk technologies**. New York, USA: Basic Books, 1984.

PÓ, M. V.; ABRUCIO, F. L. Desenho e funcionamento dos mecanismos de controle e accountability das agências reguladoras brasileiras: semelhanças e diferenças. **Revista de Administração Pública**. v. 40, n. 4, p. 679-698, jul./ago. 2006.

POZO, J. I. **Teorias cognitivas de aprendizagem**. Porto Alegre, Brasil: ArtMed, 2002.

PRIGOGINE, I. O fim da certeza. In: MENDES, C. (Org.); LARRETA, E. (Ed.). **Representação e complexidade**. Rio de Janeiro: Garamond, 2003, p. 49-67.

RASMUSSEN, J. Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, v.13, n. 3, p. 257-266, 1983.

RASMUSSEN, J. Risk management in a dynamic society: a modeling problem. **Safety Science**, v. 27. n. 2-3. p. 183-213, 1997.

RASMUSSEN, J; SVEDUNG, I. **Proactive Risk Management in a Dynamic Society**. Sweden: Swedish Rescue Services Agency, 2000.

RASMUSSEN, J.; PEJTERSEN, A.; GOODSTEIN, L. **Cognitive System Engineering**. New York, USA: John Wiley & Sons, 1994.

REASON, J. **Human error**. Cambridge, UK: Cambridge Univ., 1990.

REASON, J. **Managing the risks of organizational accidents**. Burlington: Ashgate, 1997.

REASON, J. Score Your Safety Culture. **Flight Safety Australia**, v. 5, n. 1, p. 40-41, jan./fev. 2001.

REASON, J. **The human contribution**. UK: Ashgate, 2008.

REED, M. Teorização Organizacional: um campo historicamente contestado. In: CLEGG, S. R.; HARDY, C.; NORD, W. R. (Org. edição original); CALDAS, M.; FACHIN, R.; FISCHER, T. (Org. edição Brasileira). **Handbook de estudos organizacionais**: V. 01: modelos de análise e novas questões em estudos organizacionais. São Paulo, Brasil: Atlas, 1999, p. 27-60.

RESILIENCE ENGINEERING NETWORK. **Resilience engineering**. Website. Disponível em: <<http://www.resilience-engineering.org>>. Acessado em abr. 2008.

RIBEIRO, E. F. A. **Formação de pilotos no Brasil (1975-2000)**. Porto Alegre, 2008. Tese (Doutorado em Programa de Pós Graduação em História) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

RIES, B. E. A aprendizagem sob um enfoque cognitivista: Jean Piaget. In: LA ROSA, J. (Org). **Psicologia e educação**: o significado do aprender. 7. ed. Porto Alegre, Brasil: EDIPUCRS, 2003. p. 103-120.

ROBERTS, K. H. Some characteristics of one type of high reliability organization. **Organization Science**, v. 1, n. 2, p. 160-176, 1990.

ROCHLIN, G. I. Defining high-reliability organizations in practice: a taxonomic prolegomenon. In.: ROBERTS, K. H. (Ed.). **New Challenges to Understanding Organizations**. New York, USA: Macmillan, 1993. p. 11-32.

RUELLE, D. **Acaso e caos**. Tradução de Roberto Leal Ferreira. 2. Ed. São Paulo: UNESP, 1993.

SANDERS, M. S.; MCCORMICK, E. J. **Human Factors in Engineering and Design**. 7. ed. EUA: McGraw-Hill, 1993.

SANTOS, L. A. dos. Regulando a regulação: a nova legislação das agências reguladoras federais no Brasil. In: IX Congreso Internacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública, Madrid, España, 2 – 5 Nov. **Proceedings...**Madrid España: CLAD, 2004.

SAURIN, T. A.; COSTELLA, M. F.; GUIMARÃES, L. B. de M. A method for assessing health and safety management systems from the resilience engineering perspective. In: 3<sup>rd</sup> Symposium on Resilience Engineering Juan-les-Pins, 2008, Paris, France, November 28-30, 2008. **Proceedings...** Paris, France: École des Mines de Paris, 2008. p. 227-234.

SENGE, P. M. **A quinta disciplina**: arte e prática da organização de aprendizagem. São Paulo, Brasil: Best Seller, 1998.

SHEEHAN, J. J. **Business and Corporate Aviation Management: On Demand Air Transportation**. New York, EUA: McGraw-Hill Professional, 2003.

SHERIDAN, T. B. **Humans and automation: System design and research issues**. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society & Wiley, 2002.

SILVA, B. L.; MEDEIROS, P. G.; SIMENC, M.; JOSEPH, J.; GOMES, J. O.; WOODS, D. D.; PATTERSON, E. Helicopter offshore safety in the Brazilian oil and gas industry. In: IEEE Systems & Information Engineering Design Symposium, 2005, Charlottesville, USA. **Proceedings...** Charlottesville, USA: UVA, 2005. p. 235-241.

SIMON, H. A. Can There Be a Science of Complex Systems? In: BAR-YAM, Y. (Ed.) **Unifying Themes in Complex Systems**. Cambridge, EUA: Perseus Books, 2000.

STERMAN, J. Learning in and about complex systems. **Reflections: The Journal of the Society for Organizational Learning**, v. 1, p. 24-49, 2000.

SUNDSTROM, G.; HOLLNAGEL, E. Learning how to create resilience in business systems. In: HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D.; LEVESON, N. G. (Eds.). **Resilience Engineering: concepts and precepts**. London, UK: Ashgate, 2006. Cap. 15, p. 220-237.

SUSSMAN, J. M. **Collected views on complexity in systems**. Cambridge, EUA: MIT Press, p. 1-28, 2003.

TAM Linhas Aéreas. **TAM safety digest**. São Paulo: Flight Safety TAM, ano. 6, n. 12, p. 06-08, 2007.

TAYLOR, F. W. **Princípios de administração científica**. São Paulo, Brasil: Atlas, 1995.

THOMPSON, J. Modelos de organização e sistemas administrativos. In: ANHOHIN, P.; BERTALANFFY, L. (Org.). **Teoria dos sistemas**. Rio de Janeiro, Brasil: Fundação Getúlio Vargas, 1976, p. 47-62.

TRANSPORT CANADA CIVIL AVIATION. **AC 107-002: Safety Management Systems Development Guide for Small Operators/Organizations**. Canada: Transport Canada Civil Aviation, 2008.

TRIST, E. L. On Socio-Technical Systems. In: PASMORE, W. A.; SHERWOOD, J. J. (Eds.). **Sociotechnical systems: a sourcebook**. San Diego, CA: University Associates, part 2, p. 43-57, 1978.

UK CIVIL AVIATION AUTHORITY. **CAP 712 Safety Management Systems for Commercial Air Transport Operations: A Guide to Implementation** prepared by the Air Transport Operations - Safety Management Group. 2. ed. UK: UK Civil Aviation Authority, 2002.

VICENTE, K. **Cognitive work analysis**: toward safe, productive, and health computer-based work. London, UK: Lawrence Erlbaum Associates, 1999.

VICENTE, K. Cognitive engineering research at Riso from 1962-1979. In: Salas, E. (Eds.), **Advances in Human Performance and Cognitive Engineering Research**. v. 1. New York, USA: Elsevier, p.1-57, 2001.

VICENTE, K. From patients to politicians: a cognitive engineering view of patient safety. **Quality safety health care**, v. 11, p. 302-303, 2002.

VICENTE, K. **Homens e máquinas**: como a tecnologia pode revolucionar a vida cotidiana. Trad. Maria Inês Duarte Estrada. Rio de Janeiro: Ediouro, 2005.

WASSON, J. W. **Avionic systems**: operation and maintenance. Englewood: Jeppesen Sanderson, 1996.

WEAVER, W. Science and Complexity. **American Scientist**, v. 36, n. 536, 1948.

WEICK, K. E.; SUTCLIFFE, K. M. **Managing the unexpected**: assuring high performance in an age of complexity. 1. ed. San Francisco, USA: Jossey-Bass, 2001.

WELLS, A. T.; CHADBOURNE, B. D. **General Aviation Marketing and Management**. 2. Ed. Malabar, Florida, EUA: Krieger Publishing, 2003.

WESTRUM, R. A typology of resilience situations. In: HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D.; LEVESON, N. G. (Eds.). **Resilience Engineering**: concepts and precepts. London, UK: Ashgate, 2006. Cap. 05, p. 49-59.

WICKENS, C. D. **Engineering Psychology and Human Performance**. New York, USA: HarperCollins Publishers, 1992.

WICKENS, C. D.; GORDON, S. E.; LIU, Y. **An Introduction to Human Factors Engineering**. New Jersey, USA; Prentice Hall, 1998.

WOLTJER, R., JOHANSSON, B.; LUNDGREN, J. (Eds.). Proceedings of the Resilience Engineering Workshop. Vadstena, Sweden: Linköping University: Institute of technology, 2007. Disponível em: <<http://www.ep.liu.se/ecp/023>>. Acesso em: 03 jun. 2008.

WOOD, M.; DANNATT, R.; MARSHALL, V. **Assessing Institutional Resilience**: A useful guide for airliner safety managers? Canberra, Australia: Australian Transport Safety Bureau, jun. 2006.

WOODS, D. D. **Creating foresight**: How resilience engineering can transform NASA's approach to risky decision making. Washington, D.C., USA: US Senate Testimony for the Committee on Commerce, Science and Transportation, John McCain, chair, 29 oct. 2003.

WOODS, D. D. Essential characteristics of resilience. In: HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D.; LEVESON, N. G. (Eds.). **Resilience Engineering: concepts and precepts**. London, UK: Ashgate, 2006a. Cap. 02, p. 18-30.

WOODS, D. D. Resiliência Engineering: redefining the culture of safety and risk management. **Human Factors and Ergonomics Society Bulletin**, v. 49, n. 12, p. 1-3, dec. 2006b.

WOODS, D. D.; COOK, R. I. Nine steps to move forward from error. **Cognition, Technology, and Work**. v. 4, n. 2, p. 137-144, 2002.

WOODS, D. D.; COOK, R. I. Incidents – markers of resilience or brittleness? In: HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D.; LEVESON, N. G. (Eds.). **Resilience Engineering: concepts and precepts**. London, UK: Ashgate, 2006. Cap. 06, p. 61-67.

WOODS, D. D.; WREATHALL, J. **Managing Risk Proactively: The Emergence of Resilience Engineering**. Columbus, Ohio, USA: Ohio University, 2003.

WOODS, D. D.; HOLLNAGEL, E. **Joint Cognitive Systems: patterns in cognitive systems engineering**. Boca Raton: CRC Taylor & Francis, 2006a.

WOODS, D. D.; HOLLNAGEL, E. Resilience engineering concepts. In: HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D.; LEVESON, N. (Eds.). **Resilience engineering: concepts and precepts**. London, UK: Ashgate, 2006b. p. 01-06.

WOODS, D. D.; JOHANNESSEN, L. J.; COOK, R. I.; SARTER, N. B. **Behind human error: Cognitive systems, computers, and hindsight**. Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, USA: Crew System Ergonomics Information Analysis Center (CSEIAC), 1994.

WREATHALL, J. Properties of resilient organizations: an initial view. In: HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D.; LEVESON, N. G. (Eds.). **Resilience Engineering: concepts and precepts**. London, UK: Ashgate, 2006. Cap. 17 .p. 258-268.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. Tradução Daniel Grassi. 2. ed. Porto Alegre, Brasil: Bookman, 2001.

ZARBOUTIS, N.; WRIGHT, P. Using complexity theory to reveal emerged patters that erod the resilience of complex systems. In: 2nd Symposium on Resilience Engineering Juan-les-Pins, France, November 8-10, 2006. **Proceedings...** France, 2006.

ZAVERUCHA, J. A fragilidade do Ministério da Defesa brasileiro. **Revista de Sociologia e Política**, n. 25, p. 107-121, nov. 2005.

## **APÊNDICE 01 - CARTA DE APRESENTAÇÃO E INTENÇÃO DE PESQUISA**

### **DEPARTAMENTO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (DEPROT)**

#### **LABORATÓRIO DE OTIMIZAÇÃO DE PRODUTOS E PROCESSOS (LOPP) NÚCLEO DE DESIGN, ERGONOMIA E SEGURANÇA (NDES)**

Porto Alegre, (dia da semana), (dia) de (mês) de 2008

Prezado Senhor Diretor de Operações,

Meu nome é Guido César Carim Júnior, sou mestrando do Departamento de Pós-Graduação de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e integrante do Núcleo de Design, Ergonomia e Segurança (NDES) ligado ao Laboratório de Otimização de Processos e Produtos (LOPP). Meu orientador é o Dr. Tarcísio Abreu Saurin, professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Sou bacharel em Ciências Aeronáuticas pela Faculdade de Ciências Aeronáuticas (FACA) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), piloto comercial de avião, instrutor de vôo de avião (INVA) e Elemento Credenciado no Módulo de Prevenção (EC-PREV) pelo CENIPA. Atualmente, minha linha de pesquisa se concentra em segurança de sistemas sócio-técnicos complexos, gestão da segurança e engenharia de sistemas cognitivos.

A abordagem tradicional sobre a segurança de vôo não consegue mais reduzir os índices de segurança na aviação, especialmente em empresas de transporte aéreo não-regulares, mais conhecidas como empresas de táxi aéreo. Dados do CENIPA de 2007 mostram que esse ramo da aviação foi responsável por 32,05% dos acidentes ocorridos com aeronaves. Esses dados também são encontrados em outros lugares do mundo.

Estudos recentes sobre segurança de empresas estão sendo desenvolvidos no sentido de promover novos métodos e ferramentas que garantam a segurança das operações. Dentre esses estudos, destaca-se a Engenharia de Resiliência (ER), que entende que a segurança está presente nas operações do dia-a-dia. Sendo assim, a ER não se restringe somente à avaliação dos Sistemas de Gestão da Segurança no Trabalho (SGST). Nessa perspectiva, a segurança de sistemas sócio-técnicos complexos, como a aviação civil, deve ser avaliada sob a perspectiva de sistemas, analisando as restrições que o ambiente externo e a empresa impõem sobre o trabalho dos pilotos. Esta área também enfatiza a capacidade da organização em antecipar situações indesejadas e não previstas anteriormente e, quando da ocorrência destas, retomar o controle com segurança e eficiência

É nesse sentido que minha dissertação procura estabelecer diretrizes para avaliar o grau de extensão dos princípios da ER em uma empresa de transporte aéreo não-regular. Em particular, este estudo permite verificar como a organização se posiciona em relação aos quatro princípios-chave da ER: flexibilidade, consciência, aprendizagem e comprometimento da alta direção.

Como não há estudos nessa área aplicados à aviação, viemos por meio desta solicitar a aplicação dessas diretrizes na empresa XXX com objetivo único de servir como campo de pesquisa de um estudo científico. As informações serão utilizadas única e exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

Os **custos** relativos à aplicação da pesquisa, como deslocamento, alimentação, estadia, etc., são de **responsabilidade dos pesquisadores**, não sendo repassados à empresa. Ao mesmo tempo em que não há custos para a empresa, uma avaliação sobre a situação de segurança da empresa é uma rica fonte de informações que permite a organização conduza processos de melhoria interna.

As diretrizes utilizam como **método** de pesquisa observações, levantamento de documentos técnicos, entrevistas e aplicação de questionários. Portanto, será necessário que a empresa disponibilize funcionários para a realização das mesmas, conforme horários e dias convenientes à empresa. Os **horários serão marcados** com antecedência para que não atrapalhe as operações da empresa. Estima-se que a coleta de dados possa ser realizada ao longo do período de duas a três semanas. A equipe constará de um número máximo de 02 pessoas.

Com relação às informações coletadas, todas serão de **caráter confidencial** e não serão repassadas para as autoridades aeronáuticas ou para concorrentes, pois seu caráter é exclusivamente acadêmico. Todas as informações utilizadas no estudo serão divulgadas mediante autorização da empresa, mas desde o início os pesquisadores procurarão omitir todos os dados que possam caracterizar a empresa. Assim que os dados forem analisados, será dado um retorno à empresa para conhecimento, discussão e validação dos dados levantados.

Como **retorno à empresa**, acredito que seria interessante saber como a empresa está lidando com a segurança de acordo com as mais recentes teorias de gestão de segurança, sendo indicados pontos fortes e fracos. Deixamo-nos a disposição para esclarecimentos de dúvidas ou maiores explicações. Ainda ficamos a disposição para ir até a empresa e apresentar-lhes a proposta.

Agradeço a atenção dispensada,

Guido César Carim Júnior

(mestrando em Engenharia de Produção pela UFRGS)

**APÊNDICE 02 - TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA REALIZAR AS  
ATIVIDADES DE PESQUISA E DE CONFIDENCIALIDADE DE INFORMAÇÕES**



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E TRANSPORTES**

Prezados Senhores,

Venho, por meio desta, solicitar autorização para a realização, na empresa de táxi aéreo, de um estudo de caso referente à dissertação de mestrado acadêmico de Guido Carim Júnior. Tal trabalho de pesquisa vem sendo desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O objetivo da dissertação é desenvolver diretrizes para avaliar a extensão pela qual as empresas de táxi aéreo adotam princípios da engenharia de resiliência (ER). A ER é uma nova abordagem para a gestão da segurança (ver em [www.resilience-engineering.org](http://www.resilience-engineering.org)), a qual enfatiza a compreensão de como o sucesso é obtido em um ambiente com *trade-offs*, erros e pressões organizacionais.

Assumimos o compromisso de não divulgar o nome da empresa tanto na dissertação quanto em quaisquer publicações decorrentes da mesma. Colocamo-nos à disposição para esclarecimentos.

Atenciosamente,

Prof. Tarcisio Abreu Saurin ([saurin@ufrgs.br](mailto:saurin@ufrgs.br); [www.producao.ufrgs.br](http://www.producao.ufrgs.br); fone: 51-3308-4299)

(Orientador da dissertação)

Guido Carim Júnior ([jrguido17@yahoo.com.br](mailto:jrguido17@yahoo.com.br))

(Mestrando em engenharia de produção)

Porto Alegre, RS, (dia) de (mês) de 2008.

### APÊNDICE 03 - FORMULÁRIO A: DOCUMENTOS SOLICITADOS JUNTO À EMPRESA

Documentos que devem ser solicitados junto à empresa com intuito de verificar o funcionamento e estrutura organizacional, bem como os procedimentos prescritos.

Requerido Pela Legislação	Sigla	Legislações Pertinentes
Especificações Operativas	EO	RBAC 119 / RBAC 135 / IAC 119-1003
Manual Geral de Operações	MGO	RBAC 119 / RBAC 135 / IAC 3206 / IAC 3535
Programa de Treinamento	PRTRN	IAC 135-1001/ IAC 135-1002 / RBAC 119 / RBAC 135
Ficha de Treinamento dos Pilotos		IAC 135-1001/ IAC 135-1002 / RBAC 119 / RBAC 135
Manual de Treinamento em CRM	CRM	IAC 060-1002 <sup>a</sup>
Programa de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos	PPAA	IAC 013-1001
Plano de Assistência às Vítimas de Acidentes Aéreos e Apoio a seus Familiares	PFAC	IAC 200-1001
Relatórios de Prevenção	RELPREVS	IAC 013-1001
Documentos de Comunicação Interna (Atas de Reunião, Memorandos, Panfletos, Comunicados, Etc.)		RBAC 119 / RBAC 135
Escala de Trabalho (Voo)	Escala	RBAC 119 / RBAC 135
Manual da Voo da Aeronave	AFM	RBAC 23 / RBAC 135
<i>Standard Operating Procedures</i>	SOP	RBAC 23
<i>Checklists</i> das aeronaves	Checklists	RBAC 23
Livro de Bordo – Registro da Situação Técnica		RBAC 23 / IAC 3151
Livro de Bordo – Registro de Voos		RBAC 23 / IAC 3151

Manual Geral de Manutenção	MGM	RBAC 21 / RBAC 91 / RBAC 119 / RBHA 135 / IAC 3108 / IAC 3148-0501/ IAC 3002 / IAC 3127 / IAC 3133/ IAC 3139 / IAC 3142 / IAC 3150 / IAC 3151 / IAC 3152 / IAC 3507
Programa de Manutenção		RBAC 23

### APÊNDICE 04 - FORMULÁRIO B: AVALIAÇÃO DO SUBSISTEMA SOCIAL E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este formulário é composto por um roteiro de entrevistas com objetivo de avaliar as características sociais da empresa, bem como avaliação da organização do trabalho.

<b>Nome</b>		<b>Código do Entrevistado</b>	
<b>Estado Civil</b>			
<b>Data de Nascimento</b>		<b>Idade</b>	
<b>Sexo</b>			
<b>Cargo/Função</b>	<b>Administração</b>		<b>Aeronave</b>
<b>Regime de Salário</b>	<b>Fixo</b>		<b>Variável</b>
<b>Tempo de empresa</b>	<b>Data ingresso empresa</b>		<b>Tempo de empresa</b>
<b>Formação</b>	<b>Nível</b>		<b>Curso</b>
<b>Treinamento</b>	<b>Ingresso</b>		<b>Regular</b>
<b>Carga Horária ou Escala de Trabalho</b>			
<b>Turno de trabalho</b>			
<b>Experiências anteriores</b>			
<b>Observações</b>			

## APÊNDICE 05 - FORMULÁRIO C: AVALIAÇÃO DO SUBSISTEMA TÉCNICO

Este formulário é composto por um roteiro de entrevista com perguntas diretas e fontes de observação para avaliar os principais equipamentos utilizados na empresa que garantem a realização das atividades pelos funcionários. Se a empresa possuir mais de uma unidade do mesmo tipo de equipamento, utilizar somente um formulário. Para cada tipo de equipamento, utilizar mais de um formulário.

<b>Equipamentos Utilizados (designativo e descrição)</b>			
<b>Quem realizou a aquisição?</b>		<b>Data de aquisição ou tempo de aquisição</b>	
<b>Utilização média (por dia, semana, mês ou ano)</b>			
<b>Como é realizada a manutenção do equipamento?</b>			
<b>Qual o custo de operação?</b>			
<b>Existe treinamento para utilização?</b>		<b>Como é realizado o treinamento e qual a sua periodicidade?</b>	
<b>Observações</b>			

## **APÊNDICE 06 - FORMULÁRIO D: AVALIAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRABALHO**

Este formulário consiste de duas partes: 1) roteiro de entrevista; 2) roteiro de avaliação dos processos de vôo, de manutenção, de administração e demais.

1) O roteiro de entrevistas é constituído de perguntas abertas para investigação das atividades desempenhadas pelos funcionários, bem como os constrangimentos, as adaptações necessárias para realizar as atividades e o nível de entendimento em relação ao trabalho dos colegas de trabalho.

**01) Quais são as suas atividades dentro da empresa?**

**02) Quais são os procedimentos que você deve seguir, mas que, na prática, é impossível ou difícil de cumprir?**

**03) Quais são as adaptações que você tem que realizar no seu dia-a-dia para que você consiga executar suas atividades e cumprir o seu trabalho?**

**04) Você conhece ou lida com outros setores da empresa? Você poderia me falar o que cada setor e cada colega faz?**

2) Mapear os processos: de vôo, operação, administrativo, manutenção e auxiliares. Utilizar como fonte de informação os documentos MGO, MGM, as respostas às perguntas anteriores dos entrevistados e a observação direta das operações.

## APÊNDICE 07 - FORMULÁRIO E: AVALIAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA ENGENHARIA DE RESILIÊNCIA

Este formulário é composto por um roteiro de entrevista semi-estruturado com perguntas definidas para avaliar os princípios da engenharia de resiliência, a partir das fontes de evidência.

### Princípio: Flexibilidade

Princípio	Característica	Pergunta
<b>Flexibilidade</b>	Dinamicidade do Trabalho	O seu trabalho é dinâmico ou monótono? Por quê?
	Regularidade das Demandas	As demandas de vôos são variáveis ou regulares? Como vocês lidam com essas demandas?
	Eventos imprevistos	É freqüente a ocorrência situações não contempladas nos procedimentos? Cite exemplos. Como você lida com essas situações?
	Adaptações	São necessárias freqüentes adaptações dos procedimentos, em virtude da não aplicabilidade deles para situações específicas? Cite exemplos.
	Responsabilidade das funções	Existe uma definição formal de responsabilidades para cada cargo ou função? Ela está ligada à segurança? Na prática, a empresa garante a mesma responsabilidade?
	Autonomia	Qual o grau de autonomia que você tem para tomar decisões relacionadas ao seu trabalho? Detalhe esse grau de autonomia. Quais tipos de decisões exigem a consulta a colegas e superiores?
	Adequação do Treinamento	Quais conteúdos de treinamento que você acha que ajudaria a capacitá-lo para desempenhar suas funções? Você se encontra preparado para lidar com situações não previstas?
	Projeto da aeronave	Em que você acha que o projeto da aeronave como um todo facilita ou dificulta a operação? O projeto dela gera necessidade de adaptações? Cite exemplos.
	Projeto do Trabalho	Em que você acha que o projeto do trabalho como um todo facilita ou dificulta seu trabalho? Devido ao projeto do trabalho é necessário realizar adaptações? Cite exemplos.
	Mudanças internas	A empresa está sempre passando por mudanças? As mudanças na empresa são comunicadas para todos os funcionários?
Mudanças externas	Como vocês lidam com as mudanças que ocorrem no cenário brasileiro de aviação civil? De que forma elas afetam o seu trabalho?	

## Princípio: Consciência

Princípio	Característica	Pergunta
Consciência	Mapeamento de risco	A empresa possui um mapeamento das fontes de ameaça às suas operações? De que forma?
	Identificação de situações de perigo	Como você consegue identificar que determinadas situações podem gerar perigos?
	Antecipação de situações de perigo	Como você antecipa situações de perigo durante o voo (ou na preparação para o voo) ou na realização das suas funções?
	Gerenciamento de risco	E como é realizada a avaliação das conseqüências dos perigos? Quem realiza? O processo é formal ou informal? Como você prioriza as situações de risco? Você segue alguma instrução da empresa? Ao assumir uma situação de risco, de quem é a responsabilidade? E em outras situações? Como são definidas as respostas as situações de perigo identificadas? Como você julga a eficácia dessas respostas?
	Trade-offs	Quais são os <i>trade-offs</i> (ex. segurança e produção) mais freqüentes no dia-a-dia de trabalho? A empresa tem diretrizes formais para lidar com esses <i>trade-offs</i> ? Como você lida com eles?
	Limite de segurança	Qual o limite de segurança de suas atividades específicas? Como você sabe? Em que se baseia?
	Entendimento do nível de segurança	Como você avalia o nível de segurança da empresa como um todo? Há indicadores de desempenho, auditorias, etc.? Como você explica a ausência de acidentes ou incidentes nessa empresa?

## Princípio: Aprendizagem

Princípio	Característica	Pergunta
Aprendizagem	Fluxo de informações	A empresa costuma realizar reuniões? Quem participa? Como vocês trocam informações sobre a operação de voos, manutenção das aeronaves e etc. entre si?
	Procedimentos documentados	Há procedimentos documentados? Para quais atividades há esses procedimentos? Como esses procedimentos são atualizados? Quem é responsável por atualizá-los? Quais situações que necessitam a mudança nos procedimentos?
	Sistema de reportes de segurança	Você sabe da quantidade de reportes de segurança preenchidos? Como você avalia essa quantidade? As informações contidas neles são disseminadas a todos? Você sabe como funciona o sistema de relatos? Você se sente estimulado para relatar? Por quê? Qual o critério de escolha para definir um evento reportável ou não? Dê exemplos de eventos que valem a pena ser relatados e eventos que não valem a pena.
	Auditorias	A empresa realiza auditorias internas pertinentes à área de operação, manutenção ou segurança? Como é o processo? Quantas vezes e em quais setores ela foi aplicada? Em que ela se baseia?
	Aprendizagem no trabalho	Você sabe explicar porque um voo foi bem sucedido? Quais são as causas do trabalho bem feito? Você teve situações adversas? Como você conseguiu contorná-la? Essa situação, bem como sua resposta, foi divulgada a todos?
	Autonomia	Qual o seu grau de participação para definir sua rotina e os padrões de trabalho (horários, colegas de equipe, equipamentos que vai operar, política salarial...)? Cite exemplos.
	Treinamentos	Todos os treinamentos fornecidos pela empresa são exigências de normas? Qual sua avaliação desses treinamentos? Os treinamentos são modificados constantemente? Que tipos de situações eles são modificados? Quem os modifica? Existem outros treinamentos além dos técnicos? Dê exemplos.

### Princípio: Comprometimento da alta direção

Princípio	Característica	Pergunta
Comprometimento da alta direção	Experiência na aviação	Alta direção - Qual é a sua experiência na aviação? Há quanto tempo você trabalha na aviação? Operadores - Qual sua visão sobre a experiência da alta direção na aviação?
	Capacitação na aviação	Alta direção - Qual sua formação? Você recebeu treinamentos relacionados ao contexto da aviação? Operadores - A capacitação da alta gerência foi voltada para os aspectos da aviação?
	Conhecimento das operações	Alta direção - Você costuma participar do dia-a-dia da empresa? De que forma? Quem passa essas informações à alta direção? Operadores - A alta direção participa do dia-a-dia da empresa? De que forma? Quem passa essas informações à alta direção?
	Pressão por produção	Alta direção - Você acha que exerce alguma pressão para deixar as aeronaves prontas para vôo (manutenção)? Você acha que exerce pressão nos pilotos para voar? Operadores - Você se sente pressionado para exercer sua função? Em quais condições?
	Decisões	As decisões da alta direção são tomadas baseando-se em que? O que é mais considerado? O conhecimento das operações influencia?
	Visão da segurança	Alta direção - Qual a prioridade que você dá para a segurança em relação a outras funções gerenciais? Dê exemplos de situações em que a segurança é priorizada. Operadores - Qual a prioridade que a alta direção dá pra a segurança em relação a outras funções gerenciais? Dê exemplos de situações que a segurança foi priorizada.
	Visão do setor de segurança	Alta direção - Qual sua relação com o setor de segurança de vôo? Operadores - Qual a relação da alta direção com a segurança de vôo?
	Recurso financeiro	Alta direção - Qual a importância do recurso financeiro? Em quais momentos ele não foi importante? Operadores - Qual a importância dos recursos financeiros para a alta direção? Houve momentos nos quais o recurso financeiro não foi importante?
	Recursos para a segurança	Alta direção - Você aloca recursos humanos e financeiros dedicados à segurança das operações? De que forma? Operadores - Há alocação de recursos humanos e financeiros dedicados à segurança das operações? De que forma?