

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**CENTRO DE FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM TRANSPORTES**

**O IMPACTO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA CNS/ATM**  
**NA ÁREA DE MOVIMENTO AEROPORTUÁRIA - ESTUDO DE CASO: AEROPORTO**  
**INTERNACIONAL DE SÃO PAULO/GUARULHOS**

**FRANCISCO BENIGNO DA SILVA**  
**HAMILTON ANTÔNIO MACHADO**  
**TERESA CRISTINA GUIMARÃES JARDIM DA SILVA**

**ORIENTADORA: YAEKO YAMASHITA, PhD**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO DA AVIAÇÃO CIVIL**

**PUBLICAÇÃO: E-TA-001A/2002**  
**BRASÍLIA/DF: AGOSTO/2002**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
CENTRO DE FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM TRANSPORTES**

**O IMPACTO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA CNS/ATM NA ÁREA DE  
MOVIMENTO AEROPORTUÁRIA - ESTUDO DE CASO: AEROPORTO  
INTERNACIONAL DE SÃO PAULO/GUARULHOS**

**FRANCISCO BENIGNO DA SILVA  
HAMILTON ANTÔNIO MACHADO  
TERESA CRISTINA GUIMARÃES JARDIM DA SILVA**

**MONOGRAFIA DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO SUBMETIDA AO CENTRO DE  
FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM TRANSPORTES DA UNIVERSIDADE  
DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO  
DO GRAU DE ESPECIALISTA EM GESTÃO DA AVIAÇÃO CIVIL.**

**APROVADA POR:**

---

**YAEKO YAMASHITA, PhD (UnB)  
(Orientadora)**

---

**ADYR DA SILVA, PhD (UnB)  
(Examinador)**

---

**JOSÉ ALEX SANT'ANNA, PhD (UnB)  
(Examinador)**

**BRASÍLIA/DF, AGOSTO DE 2002**

## FICHA CATALOGRÁFICA

DA SILVA, FRANCISCO BENIGNO,  
MACHADO, HAMILTON ANTONIO e  
DA SILVA, TERESA CRISTINA GUIMARÃES JARDIM

O Impacto da Implantação do Sistema CNS/ATM na Área de Movimento Aeroportuária - Estudo de Caso: Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos

xxi, 136p., 210x297 mm (CEFTRU/Unb, Especialista, Gestão da Aviação Civil, 2002).

Monografia de Especialização – Universidade de Brasília, Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes, 2002

1. Transporte Aéreo  
3. Infra-Estrutura

2. Tráfego Aéreo  
4. Aeroporto

I. CEFTRU/UnB

II. Título (série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DA SILVA, F. B., MACHADO, H.A. e DA SILVA, T.C.G.J. (2002). O Impacto da Implantação do Sistema CNS/ATM na Área de Movimento Aeroportuária - Estudo de Caso: Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos, Monografia de Especialização, Publicação E-TA-001A/2002, Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 136p.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DOS AUTORES: Francisco Benigno da Silva, Hamilton Antônio Machado e Teresa Cristina Guimarães Jardim da Silva

TÍTULO DA MONOGRAFIA: O Impacto da Implantação do Sistema CNS/ATM na Área de Movimento Aeroportuária – Estudo de Caso: Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos

GRAU/ANO: Especialista/2002

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de especialização e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. Os autores reservam outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de especialização, pode ser reproduzida sem a autorização por escrito dos autores.

---

Francisco Benigno da Silva

---

Hamilton Antônio Machado

---

Teresa Cristina Guimarães Jardim da Silva

## **DEDICATÓRIA**

Aos nossos filhos Luciana, Gustavo, Pedro, Gabriela e Maísa, com muito carinho.

## AGRADECIMENTOS

Aos técnicos que fazem parte da Divisão de Infra-Estrutura, em especial ao Engenheiro Kazuhiro Uekane, pelo apoio e incentivo para a elaboração deste trabalho.

Aos técnicos que fazem parte do Laboratório de Simulação, em especial ao Engenheiro Milton Valdir Feitosa, pela colaboração e ensinamentos que levaram a elaboração final do presente estudo.

A todos os companheiros do Instituto de Aviação Civil, nossos mais sinceros agradecimentos pela ajuda incondicional em diversas ocasiões no decorrer da pesquisa.

A Professora Yaeko Yamashita, pela importante dedicação e orientação acadêmica.

Ao Professor Adyr da Silva, que com seus conhecimentos permitiu agregar valor a nossa experiência dentro da aviação civil.

*A bravura provém do sangue, a coragem provém do pensamento.*

*Napoleão Bonaparte*

## RESUMO

Esta dissertação analisa o impacto da implantação do sistema mundial de Comunicações, Navegação e Vigilância / Gerenciamento de Tráfego Aéreo - CNS/ATM na infra-estrutura aeroportuária com relação à capacidade da área de movimento do Aeroporto Internacional de São Paulo - Guarulhos. Para tanto é aplicado um modelo científico que permite demonstrar a capacidade do sistema aeroportuário com relação a sua infra-estrutura, antes e após a implantação do Sistema CNS/ATM. Desta forma, o modelo é simulado considerando cinco cenários. O primeiro cenário representa a atual configuração física, operacional e a demanda. Nos demais, são introduzidas inovações com a adoção dos novos conceitos advindos do CNS/ATM, com a evolução da demanda e, finalmente, com a incorporação da terceira pista de pouso.

O quinto contempla, em relação ao quarto, a terceira pista de pouso/decolagem, cuja implantação é prevista no plano diretor do aeroporto, aprovado em 27 de maio de 1983. Os resultados do Cenário 5 mostraram que, mesmo introduzindo o CNS/ATM e a terceira pista, é necessário se incorporar outras estratégias para se reduzir os atrasos em certos intervalos de hora ao longo do dia. Nesse aspecto, é importante avaliar com mais profundidade a natureza desses atrasos para a partir daí se determinar que medidas teriam um resultado mais efetivo ao serem aplicadas.

## **ABSTRACT**

This monograph aims to analyse the impact of the Communications, Navigation and Surveillance/ Air Traffic Management (CNS/ATM) systems worldwide on the airport infrastructure regarding São Paulo's International Airport – Guarulhos airfield capacity. In order to accomplish this objective, the study employs a scientific model that shows the capacity of the airport system considering its infrastructure, before and after the implementation of the CNS/ATM. Therefore, the model is executed to five different scenarios. The first one presents the actual airport physical and operational configuration, and forecast. The other scenarios consider the new concepts of the CNS/ATM system, the addition of forecast evolution and finally, the inclusion of the third runway, predicted in the São Paulo's International Airport – Guarulhos Master Plan, approved in 27/05/83.

## SUMÁRIO

<b>Capítulo</b>		<b>Página</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>APRESENTAÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>1.2</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>	<b>4</b>
<b>1.3</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>5</b>
<b>1.4</b>	<b>HIPÓTESE</b>	<b>6</b>
<b>1.5</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>7</b>
<b>1.6</b>	<b>ORGANIZAÇÃO DA MONOGRAFIA</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>SISTEMA DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO BRASILEIRO ATUAL</b>	<b>10</b>
<b>2.1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
<b>2.2</b>	<b>ELEMENTOS DO SISTEMA</b>	<b>12</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Comunicações</b>	<b>13</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Navegação</b>	<b>23</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Vigilância</b>	<b>26</b>
<b>2.2.4</b>	<b>Gerenciamento de Tráfego Aéreo (ATM)</b>	<b>28</b>
<b>2.2.5</b>	<b>Meteorologia</b>	<b>32</b>
<b>2.2.6</b>	<b>Informações Aeronáuticas</b>	<b>38</b>
<b>3</b>	<b>O SISTEMA CNS/ATM</b>	<b>41</b>
<b>3.1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>41</b>
<b>3.2</b>	<b>ELEMENTOS DO SISTEMA</b>	<b>44</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Comunicações</b>	<b>44</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Navegação</b>	<b>46</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Vigilância</b>	<b>53</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Gerenciamento de Tráfego Aéreo</b>	<b>57</b>
<b>3.2.5</b>	<b>Meteorologia</b>	<b>62</b>
<b>3.2.6</b>	<b>Informação Aeronáutica</b>	<b>64</b>
<b>3.3</b>	<b>ANÁLISE DO SISTEMA CNS/ATM SOB O ASPECTO OPERACIONAL</b>	<b>64</b>

<b>4</b>	<b>ESTUDO DO IMPACTO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA CNS/ATM FRENTE A CAPACIDADE DA ÁREA DE MOVIMENTO: AEROPORTO DE GUARULHOS</b>	<b>69</b>
<b>4.1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>69</b>
<b>4.2</b>	<b>BREVE HISTÓRIA: AEROPORTOS DO BRASIL</b>	<b>70</b>
<b>4.3</b>	<b>AEROPORTO INTERNACIONAL DE SÃO PAULO/GUARULHOS</b>	<b>73</b>
<b>4.3.1</b>	<b>A Importância do Aeroporto</b>	<b>73</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Características Físicas e Operacionais</b>	<b>76</b>
<b>4.3.2.1</b>	<b>Sistema de Pistas e Pátio</b>	<b>77</b>
<b>4.3.2.2</b>	<b>Espaço Aéreo Terminal</b>	<b>79</b>
<b>4.4</b>	<b>ESTUDO DE CASO: SIMULAÇÃO</b>	<b>81</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Coleta de Dados e Informações</b>	<b>83</b>
<b>4.4.1.1</b>	<b>Configuração do Espaço Aéreo</b>	<b>83</b>
<b>4.4.1.2</b>	<b>Procedimentos de Controle de Tráfego Aéreo</b>	<b>83</b>
<b>4.4.1.3</b>	<b>Configuração do Aeródromo</b>	<b>84</b>
<b>4.4.1.4</b>	<b>Procedimentos de Operação no Solo</b>	<b>84</b>
<b>4.4.1.5</b>	<b>Caracterização da Demanda</b>	<b>84</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Descrição dos Cenários</b>	<b>85</b>
<b>4.4.2.1</b>	<b>Cenário 1</b>	<b>85</b>
<b>4.4.2.2</b>	<b>Cenário 2</b>	<b>86</b>
<b>4.4.2.3</b>	<b>Cenário 3</b>	<b>86</b>
<b>4.4.2.4</b>	<b>Cenário 4</b>	<b>87</b>
<b>4.4.2.5</b>	<b>Cenário 5</b>	<b>87</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Construção do Modelo</b>	<b>88</b>
<b>4.4.3.1</b>	<b>Pista de Pouso/Decolagem e Táxi</b>	<b>88</b>
<b>4.4.3.2</b>	<b>Posições de Estacionamento de Aeronaves/Gates</b>	<b>90</b>
<b>4.4.3.3</b>	<b>Procedimentos no Solo – Grupos de Aeronaves</b>	<b>95</b>
<b>4.4.3.4</b>	<b>Modelagem do Espaço Aéreo</b>	<b>96</b>
<b>4.4.3.5</b>	<b>Procedimentos de Controle de Tráfego</b>	<b>98</b>
<b>4.4.3.6</b>	<b>Eventos</b>	<b>99</b>
<b>4.4.4</b>	<b>Verificação e Validação</b>	<b>101</b>

4.4.4.1	<b>Verificação</b>	<b>102</b>
4.4.4.2	<b>Validação</b>	<b>102</b>
4.5	<b>RESULTADOS</b>	<b>105</b>
4.5.1	<b>Cenário 1: Configuração Física Atual</b>	<b>106</b>
4.5.2	<b>Cenário 2: Configuração Física Atual com CNS/ATM</b>	<b>108</b>
4.5.3	<b>Cenário 3: Configuração 3: Configuração Física Atual com Acréscimo de Demanda para 2010</b>	<b>109</b>
4.5.4	<b>Cenário 4: Configuração Física Atual com Acréscimo de Demanda e CNS/ATM</b>	<b>111</b>
4.5.5	<b>Cenário 5: Configuração Física (Terceira Pista) com Acréscimo de Demanda e CNS/ATM</b>	<b>113</b>
4.5.6	<b>Resultados Consolidados</b>	<b>115</b>
5	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>117</b>
5.1	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>117</b>
5.2	<b>CONSIDERAÇÕES SOBRE O TRABALHO</b>	<b>118</b>
5.3	<b>SUGESTÕES PARA FUTURAS EXTENSÕES</b>	<b>118</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>120</b>
<b>APÊNDICE</b>		
A - Quadro 2.1	<b>Limitações dos Sistemas Convencionais</b>	<b>122</b>
B – Quadro 3.1	<b>CNS/ATM – Componentes e Limitações</b>	<b>126</b>
C – Quadro 3.2	<b>CNS/ATM – Componentes e Aplicações</b>	<b>130</b>
D – Quadro 3.3	<b>CNS/ATM – Benefícios</b>	<b>134</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>		<b>Página</b>
<b>Tabela 4.1</b>	<b>Movimentos de Passageiros, Aeronaves, Carga e Correios – Previsões</b>	<b>76</b>
<b>Tabela 4.2</b>	<b>Capacidade Horária de Pista do Aeroporto de Guarulhos</b>	<b>79</b>

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro</b>		<b>Página</b>
<b>Quadro 3.1</b>	<b>Comparação do Sistema Atual com o Sistema Futuro</b>	<b>43</b>
<b>Quadro 4.1</b>	<b>Posição de Parada no Pátio 1 – Impar (Remotas)</b>	<b>90</b>
<b>Quadro 4.2</b>	<b>Posição de Parada no Pátio 1 – Par (Remotas)</b>	<b>90</b>
<b>Quadro 4.3</b>	<b>Posição de Parada no Pátio 2 – Impar (Remotas)</b>	<b>91</b>
<b>Quadro 4.4</b>	<b>Posição de Parada no Pátio 2 – Par (Asa A) Terminal 1 - Internacional</b>	<b>91</b>
<b>Quadro 4.5</b>	<b>Posição de Parada no Pátio 3 – Impar (Asa B) Terminal 1 – Doméstico</b>	<b>92</b>
<b>Quadro 4.6</b>	<b>Posição de Parada no Pátio 3 – Par (Asa C) Terminal 2 – Doméstico</b>	<b>92</b>
<b>Quadro 4.7</b>	<b>Posição de Parada no Pátio 4 – Impar (Asa D) Terminal 2 – Internacional</b>	<b>93</b>
<b>Quadro 4.8</b>	<b>Posição de Parada no Pátio 4 – Par (Remotas)</b>	<b>94</b>
<b>Quadro 4.9</b>	<b>Posição de Parada no Pátio 5– Impar (Remotas)</b>	<b>94</b>
<b>Quadro 4.10</b>	<b>Grupos de Aeronaves Para Efeito de Procedimentos no Solo</b>	<b>96</b>
<b>Quadro 4.11</b>	<b>Fragmento da Planilha com os Movimentos Ocorridos na Simulação</b>	<b>100</b>
<b>Quadro 4.12</b>	<b>Composição da Frota no Aeroporto de Guarulhos</b>	<b>101</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
<b>Figura 1.1</b>	<b>Primeira Estação Radar Instalada no Brasil</b>	<b>2</b>
<b>Figura 2.1</b>	<b>Sistema Atual de Comunicações</b>	<b>13</b>
<b>Figura 2.2</b>	<b>Regiões de Informação de Vôo na América do Sul</b>	<b>15</b>
<b>Figura 2.3</b>	<b>Sistema de Navegação Atual</b>	<b>23</b>
<b>Figura 2.4</b>	<b>Sistema de Vigilância Atual</b>	<b>27</b>
<b>Figura 3.1</b>	<b>Sistema de Comunicações – CNS/ATM</b>	<b>45</b>
<b>Figura 3.2</b>	<b>Sistema de Navegação – CNS/ATM</b>	<b>47</b>
<b>Figura 3.3</b>	<b>Sistema de Vigilância - CNS/ATM</b>	<b>54</b>
<b>Figura 4.1</b>	<b>Evolução Histórica do Movimento de Passageiros no Aeroporto de Guarulhos</b>	<b>74</b>
<b>Figura 4.2</b>	<b>Evolução Histórica do Movimento de Aeronaves no Aeroporto de Guarulhos</b>	<b>75</b>
<b>Figura 4.3</b>	<b>Sistema de Pistas e Pátios do Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos</b>	<b>78</b>
<b>Figura 4.4</b>	<b>Esboço da Área de Controle Terminal de São Paulo com Seus Principais Fixos e Aeródromos</b>	<b>80</b>
<b>Figura 4.5</b>	<b>Evolução do Movimento de Aeronaves nos Três Aeroportos mais Movimentados da Área de Controle Terminal de São Paulo</b>	<b>81</b>
<b>Figura 4.6</b>	<b>Aeroporto de Guarulhos – Futuras Ampliações</b>	<b>89</b>
<b>Figura 4.7</b>	<b>Representação Esquemática dos Pátios do Aeroporto de Guarulhos</b>	<b>95</b>
<b>Figura 4.8</b>	<b>Carta de Aproximação de Guarulhos – Descida Charlie 10</b>	<b>97</b>
<b>Figura 4.9</b>	<b>Comparação Entre os Resultados da Simulação e os Dados Reais da Operação Aeroportuária</b>	<b>103</b>
<b>Figura 4.10</b>	<b>Representação do Aeroporto no Simmod com a Terceira Pista</b>	<b>105</b>
<b>Figura 4.11</b>	<b>Cenário 1 – Perfil do Tráfego Diário</b>	<b>106</b>
<b>Figura 4.12</b>	<b>Cenário 1 – Distribuição dos Atrasos</b>	<b>107</b>
<b>Figura 4.13</b>	<b>Cenário 2 – Perfil do Tráfego Diário</b>	<b>108</b>
<b>Figura 4.14</b>	<b>Cenário 2 – Distribuição Horária dos Atrasos</b>	<b>109</b>
<b>Figura 4.15</b>	<b>Cenário 3 – Perfil do Tráfego Diário</b>	<b>110</b>
<b>Figura 4.16</b>	<b>Cenário 3 – Distribuição dos Atrasos</b>	<b>111</b>
<b>Figura 4.17</b>	<b>Cenário 4– Perfil do Tráfego Diário</b>	<b>112</b>
<b>Figura 4.18</b>	<b>Cenário 4– Distribuição dos Atrasos</b>	<b>113</b>
<b>Figura 4.19</b>	<b>Cenário 5– Perfil do Tráfego Diário</b>	<b>114</b>

<b>Figura 4.20</b>	<b>Cenário 5– Distribuição dos Atrasos</b>	<b>115</b>
<b>Figura 4.21</b>	<b>Resultados Consolidados</b>	<b>116</b>

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

<b>ABAS</b>	Sistema de Aumentaco em Aeronaves
<b>ACARS</b>	Sistema de Comunicação de Dados Avico / Terra / Avico da ARINC
<b>ACC</b>	Centro de Controle de área
<b>ADC</b>	Carta de Aeródromo
<b>ADS</b>	Vigilância Dependente Automática
<b>AFIS</b>	Serviço de Informaco de Vo de Aeródromo
<b>AFS</b>	Serviço Fixo Aeronáutico
<b>AFTN</b>	Rede de Telecomunicações Fixas Aeronticas
<b>AIC</b>	Circular de Informaces Aeronticas
<b>AIP</b>	Publicação de Informaco Aerontica
<b>AIRMET</b>	Previsão Meteorolgica de Rota para Níveis Baixos
<b>AIREP</b>	Mensagem de Aeronotificao
<b>AIRCOM</b>	Sistema de Comunicaes de Dados Avico / Terra / Avico da SITA
<b>AIS</b>	Serviço de Informaco Aerontica
<b>ALE</b>	Estabelecimento de Enlace Automtico
<b>ALS</b>	Sistema de Luzes de Aproximação
<b>APP</b>	Controle de Aproximação
<b>ARC</b>	Carta de rea Terminal
<b>ARINC</b>	“Aeronautical Radio Incorporation”
<b>ARP</b>	Ponto de Referncia de Aerdromo
<b>ARR</b>	Chegada (Arrival)
<b>ASM</b>	Gerenciamento do Espaço Areo
<b>ASR</b>	Radar de Vigilncia de Rota
<b>ATC</b>	Controle de Tráfego Areo
<b>ATFM</b>	Gerncia de Fluxo de Tráfego Areo
<b>ATIS</b>	Serviço Automtico de Informaco Terminal
<b>ATM</b>	Gerenciamento de Tráfego Aéreo
<b>ATN</b>	Rede de Telecomunicações Aeronticas
<b>ATNP</b>	Painel de Rede de Telecomunicações Aeronticas
<b>ATS</b>	Serviço de Tráfego Aéreo

<b>ATZ</b>	Zona de Tráfego de Aeródromo
<b>BIA</b>	Banco de Informação Aeronáutica
<b>BR</b>	Brasília
<b>CAG</b>	Circulação Aérea Geral
<b>CAR/SAM</b>	Caribe / América do Sul
<b>CAT I,II,III</b>	Sistema de Pouso por Instrumento (ILS)
<b>CCAM</b>	Centro de Comutação Automática de Mensagem
<b>CCV</b>	Cartas de Corredores Visuais
<b>CEA</b>	Controle do Espaço Aéreo
<b>CECOAER</b>	Centro de Coordenação da Aeronáutica
<b>CIAP</b>	Carta-Imagem Aeronáutica de Pilotagem
<b>CIDIN</b>	Rede de Comutação de Dados da OACI
<b>CINDACTA</b>	Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle do Tráfego
<b>CMA</b>	Centro Meteorológico de Aeródromo
<b>CMM</b>	Centro Meteorológico Militar
<b>CMV</b>	Centro Meteorológico de Vigilância
<b>CNAV</b>	Carta de Navegação Aérea Visual
<b>CNS/ATM</b>	Comunicações, Navegação e Vigilância / Gerenciamento de Tráfego Aéreo
<b>COMAR</b>	Comando Aéreo Regional
<b>COPM</b>	Centro de Operações Militares
<b>CPA</b>	Central com Programação Armazenada
<b>CRP</b>	Centro Regional de Previsão de Área
<b>CRTBR</b>	Centro Regional de Telecomunicações de Brasília
<b>CS</b>	Estação de Comunicação
<b>CTA</b>	Área de Controle
<b>CRT</b>	Zona de Controle
<b>DAC</b>	Departamento de Aviação Civil
<b>DATAKOM</b>	Sistema de Comunicação de Dados Avião/Terra/Avião do SISCEAB
<b>DEP</b>	Partida (Departure)
<b>DGPS</b>	Estação Diferencial de Posicionamento Global
<b>DGNSS</b>	Estação Diferencial Local GNSS
<b>DECEA</b>	Departamento de Controle do Espaço Aéreo

<b>DME</b>	Equipamento Medidor de Distância
<b>DPV</b>	Destacamento de Proteção ao Vôo
<b>EAC</b>	Espaço Aéreo Condicionado
<b>EMA</b>	Estação Meteorológica de Altitude
<b>EMAER</b>	Estado Maior da Aeronáutica
<b>EMBRATEL</b>	Empresa Brasileira de Telecomunicações
<b>EMS</b>	Estação Meteorológica de Superfície
<b>ERC</b>	Carta de Navegação em Rota
<b>ERIS</b>	Estação Receptora de Imagens de Satélites Meteorológicos
<b>ERM</b>	Estação Radar Meteorológico
<b>ETSM</b>	Estação Terrena de Satélite Meteorológico
<b>FAA</b>	“Federal Aviation Administration”
<b>FANS</b>	Comitê Especial sobre Sistemas de Navegação Aérea do Futuro
<b>FIR</b>	Região de Informação de Vôo
<b>FL</b>	Nível de Vôo
<b>FMS</b>	Sistema de Gerenciamento de Vôo
<b>FPC</b>	Carta de Planejamento de Vôo e Rotas Oceânicas
<b>GBAS</b>	Sistema de Aumentação Terrestre
<b>GCA</b>	Sistema de Aproximação Controlada de Solo
<b>GCC</b>	Grupo de Comunicações e Controle
<b>GES</b>	Estação Terrena (de Satélite de Comunicação)
<b>GLONASS</b>	“Global Orbiting Navigation Satellite System”
<b>GNSS</b>	Sistema Global de Navegação por Satélite
<b>GOES NEXT</b>	“Geostationary Operational Environmental Satellite NEXT”
<b>GPS</b>	“Global Positioning System”
<b>GTS</b>	Sistema Global de telecomunicações da OMM
<b>HF</b>	Alta Frequência
<b>HFN</b>	Rede HF Nacional
<b>HFR</b>	Rede HF Regional
<b>IAL</b>	Carta de Aproximação por Instrumento
<b>IAC</b>	Carta de Aproximação por Instrumento
<b>IFR</b>	Regras de Vôo por Instrumento

<b>ILS</b>	Sistema de Pouso por Instrumento
<b>IMC</b>	Condições Meteorológicas de Vôo por Instrumento
<b>INS</b>	Sistema de Navegação Inercial
<b>IPV</b>	Instituto de Proteção ao Vôo
<b>ISO</b>	“International Organization for Standardization”
<b>KHz</b>	Unidade de Potência
<b>LAAS</b>	Local Area Augmentation System
<b>LC</b>	Carta de Pouso
<b>LOC</b>	Localizador do ILS
<b>MDA</b>	Altitude Mínima de Decisão
<b>MET</b>	Meteorologia
<b>METAR</b>	Informe Meteorológico Rotineiro
<b>MLS</b>	Sistema de Pouso por Instrumento
<b>NBD</b>	“Non Directional Radiobeacon”
<b>NBA</b>	Navegação a Baixa Altura
<b>NM</b>	Milhas Náuticas
<b>NOAA</b>	“National Obsevation Administration Agency”
<b>NOTAM</b>	Aviso Sobre Informações de Interesse para Aeronavegantes
<b>OACI</b>	Organização de Aviação Civil Internacional
<b>OMM</b>	Organização Meteorológica Mundial
<b>OPMET</b>	Banco Meteorológico Operacional
<b>OSI</b>	“Open systems Interconnection”
<b>PAPIS</b>	Sistema Luminoso Indicador de Trajetória de Aproximação de Precisão
<b>PAR</b>	Radar de Aproximação de Precisão
<b>PATC</b>	Carta Topográfica para Aproximação de Precisão
<b>PC</b>	Computador Pessoal
<b>PPS</b>	Sistema de Posicionamento de Precisão
<b>RAA</b>	Razão de Aceitação
<b>RACAER</b>	Rede Alternativa de Comunicações Aeronáuticas
<b>RACAM</b>	Rede Administrativa de Comutação Automática de Mensagens
<b>RAFC</b>	Centro Regional de Previsão de Área
<b>RCAM</b>	Rede de Comunicação de Dados Meteorológicos

<b>RCDCA</b>	Rede de Comunicação de Dados do Comando da Aeronáutica
<b>RCM</b>	Rede de Centros Meteorológicos
<b>RDSI</b>	Rede Digital de Serviços Integrados
<b>REDEMET</b>	Rede de Dados Meteorológicos
<b>RECATS</b>	Rede Comutada de Circuitos Orais ATS
<b>REM</b>	Rede de Estações Meteorológicas
<b>RFCAER</b>	Rede Fac-símile do Comando da Aeronáutica
<b>RNP</b>	Performance de Navegação Requerida
<b>ROTAER</b>	Manual Auxiliar de Rotas Aéreas
<b>RTA</b>	Tempo Requerido de Chegada
<b>RTCAER</b>	Rede Telefônica de Comando da Aeronáutica
<b>RTD</b>	Rede de Transmissão Digital
<b>RVR</b>	Alcance Visual da Pista
<b>RVSM</b>	Redução Mínima da Separação Vertical
<b>RWY</b>	Pista (Runway)
<b>SAM</b>	América do Sul
<b>SBAS</b>	Sistema de Aumentação de Grande Área
<b>SCAT</b>	Sistema de Controle Aerotático
<b>SELCAL</b>	Sistema de Chamada Seletiva
<b>SECINT</b>	Secretaria de Inteligência da Aeronáutica
<b>SFA</b>	Serviço Fixo Aeronáutico
<b>SFMD</b>	Sistema Eletrônico de Fluxo de Mensagens e Documentos
<b>SICONFAC</b>	Sistema de Controle e Fiscalização da Aviação Civil
<b>SID</b>	Carta de Saída Padrão por Instrumento
<b>SIGMET</b>	Mensagem de Tempo Significativo
<b>SIMMOD</b>	“Airport and Airspace Simulation Model”
<b>SIPAM</b>	Sistema de Proteção da Amazônia
<b>SISCEAB</b>	Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro
<b>SISDABRA</b>	Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro
<b>SISDACTA</b>	Sistema Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo
<b>SITA</b>	Sociedade Internacional de Telecomunicações Aeronáuticas
<b>SIVAM</b>	Sistema de Vigilância da Amazônia

<b>SMA</b>	Serviço Móvel Aeronáutico
<b>SMAS</b>	Serviço Móvel Aeronáutico por Satélite
<b>SNT</b>	Serviço Nacional de Telecomunicações
<b>SPECI</b>	Informação Meteorológica Especial
<b>SPS</b>	Sistema de Posicionamento Padrão
<b>SPV</b>	Sistema de Proteção ao Voo
<b>SRPV</b>	Serviço Regional de Proteção ao Voo
<b>SSR</b>	Radar Secundário de Vigilância
<b>STAR</b>	Carta de Chegada Padrão por Instrumentos
<b>STCA</b>	Sistema de Telecomunicações do Comando da Aeronáutica
<b>STPV</b>	Sistema de Tratamento de Plano de Voo
<b>TAF</b>	Previsão Meteorológica de Aeródromo
<b>TF</b>	Linhas Telefônicas
<b>TELESAT</b>	Telecomunicações por Satélite
<b>TRANSDATA</b>	Canal de Dados da EMBRATEL
<b>TWR</b>	Torre de Controle de Aeródromo
<b>UHF</b>	Frequência Ultra Alta
<b>UIT</b>	União Internacional de Telecomunicações
<b>UTA</b>	Área de Controle do Espaço Aéreo Superior
<b>VAL</b>	Carta de Pouso Visual
<b>VASIS</b>	Sistema Indicador de Rampa de Trajetória de Aproximação Visual
<b>VFR</b>	Regras de Voo Visual
<b>VHF</b>	Frequência Muito Alta
<b>VHF-DF</b>	Estação de Radiogoniometria em VHF
<b>VMC</b>	Condições Meteorológicas de Voo Visual
<b>VOLMET</b>	Informação Meteorológica em Voo
<b>VOR</b>	Radiofarol Omnidirecional em VHF
<b>VSAT</b>	Tipo de Antena de Recepção de Satélite
<b>WAC</b>	Carta Aeronáutica Mundial
<b>WADGNSS</b>	Estação Diferencial de Grande Área
<b>WAFS</b>	Sistema Mundial de Previsão de Área
<b>WGS-84</b>	Sistema Geodésico Mundial de 1984

**ZPA**

Zona de Proteção de Aeródromo

# **1 INTRODUÇÃO**

## **1.1 APRESENTAÇÃO**

O sistema de navegação aérea hoje utilizado no mundo, concebido no final da década de quarenta, está limitado e não mais atende as grandes demandas e necessidades da moderna aviação civil. Problemas tais como falta de cobertura dos atuais sistemas em extensas áreas do planeta, notadamente regiões oceânicas, grandes florestas, e regiões polares, bem como a crescente demanda por transporte aéreo em determinadas rotas e aeroportos passaram a exigir um sistema mais moderno que permitisse aumentar com segurança a capacidade do espaço aéreo e dos aeroportos.

O emprego do radar – Figura 1.1, no controle de tráfego aéreo possibilitou atender ao sempre crescente aumento dos movimentos aéreos em todo o mundo. Foi o radar, inventado pelos ingleses e utilizado inicialmente na Segunda Grande Guerra, outras das grandes evoluções aplicadas à indústria do transporte aéreo, provendo maior fluidez e segurança às operações.

As coberturas do radar, no entanto, restringiam-se às áreas continentais e terrestres, por seus altos custos de instalação em plataformas ou navios-paquetes, ao longo dos oceanos, ou em áreas terrestres desprovidas de infra-estrutura, impedindo que, sem a necessária segurança, pudessem ser utilizadas separações consoantes as necessidades, fazendo com que as restrições à regularidade e à fluidez do tráfego de aviões fossem impostas.



**Figura 1.1 - Primeira Estação Radar Instalada no Brasil**

**Fonte “Revista Aeroespaço-Ago/2000”**

Foi essa a principal razão pela qual, em decorrência da continuidade do incremento dos movimentos aéreos em praticamente todas as partes do planeta, a Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), durante a sétima Conferência de Navegação Aérea, realizada em Montreal, em 1972, depois de prolongadas discussões sobre aplicação de tecnologia espacial em proveito da aviação civil, aprovou uma recomendação em que os Estados-membros possuidores daquela tecnologia iniciassem estudos para avaliar um primeiro sistema experimental com satélites.

Certamente, Santos-Dumont não imaginaria que o seu mais pesado que o ar acarretaria tanta demanda e anseios, cada vez mais exigentes por parte dos usuários, impondo aos pesquisadores e à indústria aeronáutica maior agilidade, conforto e, sobretudo, segurança em seus deslocamentos intra e intercontinentais ( Revista Aeroespaço, 2000).

O Espaço Aéreo sob jurisdição brasileira (até o Meridiano 10) é composto de aproximadamente 76.100 milhas náuticas de aerovias superiores e 29.000 milhas náuticas de inferiores. Estas aerovias são consideradas como caminhos por onde transitam as aeronaves e cujo controle são feitos por diversos órgãos operacionais e a coordenação é feita pelo Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB), proporcionando assim uma maior fluidez, regularidade, e segurança da circulação aérea.

Esse espaço é controlado de acordo com as normas internacionais para fins de tráfego aéreo. Nas áreas sobrejacentes ao continente e mar territorial, porém, os movimentos aéreos estão sujeitos também a regras nacionais de Defesa Aérea.

No tráfego de aeronaves observa-se as disposições estabelecidas nos Tratados, Convenções e Atos Internacionais ao qual o Brasil faz parte, e na legislação complementar.

Nenhuma aeronave militar ou civil a serviço de Estado Estrangeiro e por este diretamente utilizada poderá sem autorização, voar no espaço aéreo brasileiro ou aterrissar no território subjacente.

É livre o tráfego de aeronave dedicada a serviços aéreos privados, mediante informações prévias sobre o voo planejado.

A entrada do tráfego no espaço aéreo brasileiro, de aeronaves dedicadas ao serviço aéreo público, depende de autorização, ainda que previstos em acordo bilateral.

A utilização do espaço aéreo brasileiro, por qualquer aeronave, fica sujeito às normas e condições estabelecidas, assim como às tarifas de uso das comunicações e de auxílios à navegação aérea em rota.

Por questões de segurança à navegação aérea e por interesse público, é facultado fixar zonas em que se proíbe ou restringe o tráfego, estabelecer rotas de entrada ou saída, suspender total ou parcialmente o tráfego, assim como o uso de determinada aeronave, ou a realização de certos serviços.

Com as crescentes demandas de tráfego aéreo e a evolução da aviação, o sistema de navegação atual está limitando as ações do controle por usar bases terrestres limitadas à linha de visada. Por outro lado, as novas tecnologias em Comunicações, Navegação e Vigilância estão favorecendo a aplicação de novos conceitos como o de Gerenciamento do Tráfego Aéreo, dentre outros.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

A implantação de sistemas com base satelital, como o CNS/ATM vem cada vez mais merecendo ações do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), órgão central do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro e do Departamento de Aviação Civil (DAC).

Estudos, ensaios e concepções operacionais para a implementação desse novo sistema e conceitos estão sendo analisados de forma a permitir uma gradativa e compartilhada transição. Na verdade, a OACI ainda não definiu os pontos importantes sobre a concepção final desse sistema, nem estabeleceu todos os requisitos técnicos e operacionais para operar em todas as regiões.

Enquanto isso acontece, a demanda, os atrasos e os conflitos aumentam, diminuindo a segurança, limitando a fluidez dos movimentos aéreos e trazendo prejuízos significativos.

Como exemplo podemos citar o caso da companhia aérea Transbrasil que em novembro de 2000 registrou um custo de R\$ 1,6 milhões com o combustível consumido em órbitas de espera

(procedimentos em que a aeronave voa em um percurso específico para aguardar autorização para pouso).

Muitos dos problemas ocasionados pelo aumento do fluxo de aeronaves que possam interferir diretamente na capacidade da infra-estrutura aeroportuária e na sua área de movimento podem ser resolvidos ou atenuados pela intervenção do controlador de tráfego aéreo. Todavia, mesmo lançando mão de todos os recursos atualmente à disposição, fica patente a limitação do fator humano em detrimento da infra-estrutura oferecida.

Nesse sentido, o CNS/ATM por permitir uma elevada capacidade de processamento de dados e de gerenciamento de tráfego aéreo, tem sido apontado pelas autoridades que estudam o problema como a alternativa mais viável para garantir o processamento ordenado e seguro do tráfego previsto para o Século XXI.

### **1.3 OBJETIVO**

Este trabalho visa demonstrar que com a implantação do Sistema CNS/ATM no espaço aéreo brasileiro, precisa ser feita do modo a contemplar os dois lados do problema, ar e solo, como forma de resolver os atuais problemas como atrasos e conflitos nas operações correntes.

Para que o aumento da demanda não continue trazendo os efeitos indesejáveis, é preciso que as capacidades da infra-estrutura aeroportuária não sejam igualmente elevadas, em especial a área de movimento, para receber o maior fluxo de aeronaves que o novo sistema certamente proporcionará.

Desta maneira, tem-se por objetivo aplicar um modelo científico para avaliar o estado da operação aeroportuária, em termos de tráfego e atrasos, antes e após a implantação do Sistema CNS/ATM. Tal modelo permite demonstrar os impactos dos novos conceitos para a operação, frente à infra-estrutura existente e, em paralelo, são analisados os efeitos do acréscimo da demanda que acompanhará essa evolução, bem como a ampliação da infra-estrutura.

O aeroporto selecionado para estudo de caso é o Internacional de São Paulo - Guarulhos. Esse aeroporto foi escolhido por ser o mais importante em termos de tráfego doméstico e internacional e ter em seu plano diretor a previsão de mais uma pista, o que sinaliza para um futuro aumento da capacidade em termos de infra-estrutura. Um outro fator relevante que influenciou nessa escolha foi a homogeneidade das operações que praticamente são da aviação regular de grande porte.

#### **1.4 HIPÓTESE**

São duas as hipóteses, que abordarão os principais aspectos do trabalho:

- 1) Haverá necessidade de melhoramentos e implementações da infra-estrutura aeroportuária na área de movimento em função da otimização do espaço aéreo com a implantação do CNS/ATM.
- 2) A implantação do Sistema CNS/ATM acarretará em ganho efetivo da capacidade horária para áreas congestionadas.

A comprovação da primeira hipótese acarretará a necessidade de adequação da infra-estrutura aeroportuária para absorver o aumento do fluxo de aeronaves, principalmente nos aeroportos metropolitanos.

Com relação à segunda, haverá um maior número de frequências e ligações ofertadas aos usuários dos aeroportos.

As duas hipóteses juntas mostrarão que com a implantação do novo Sistema CNS/ATM, os aeroportos precisarão adequar a sua infra-estrutura nas áreas de movimento, pois ele proporcionará a otimização da rede aeroviária nacional e conseqüentemente haverá um ganho onde o fluxo das aeronaves terá que se manter contínuo, estável e seguro. Para isto é importante haver um equilíbrio entre o ganho de capacidade no espaço aéreo e o ganho de capacidade no aeroporto, que, em parte, está associado à infra-estrutura da área de movimento.

## **1.5 METODOLOGIA**

A metodologia adotada nesse trabalho baseia-se no estudo de um aeroporto por meio de um modelo que retrata a sua operação. Esse modelo é implementado em computador, utilizando um programa especificamente concebido para a simulação do sistema espaço aéreo e área de movimento de aeroportos (infra-estrutura), o “Airport and Airspace Simulation Model” - Simmod.

Por meio das análises dos resultados obtidas pelo modelo de simulação são extraídas as conclusões importantes em termos dos impactos que a implantação do CNS/ATM traria para a infra-estrutura do aeroporto em estudo.

O método utilizado adotado é, portanto o hipotético-dedutivo, uma vez que, a partir de um conhecimento prévio do sistema, define-se o problema, são feitas hipóteses em torno desse sistema e em seguida testadas essas hipóteses por meio de um modelo de simulação capaz de representá-lo.

A seguir são enumeradas as etapas que constituem a metodologia para a execução do trabalho:

### **1. Definição do problema, objetivos e escopo do trabalho**

Como primeira etapa do trabalho, é necessário caracterizar o problema, para, a partir daí estabelecer a abordagem a ser dada e definir o objetivo do estudo. Em paralelo, é necessário delimitar o problema, estabelecendo o foco do estudo, que no caso recairá sobre o impacto que a implantação do sistema CNS/ATM trará para a infra-estrutura aeroportuária.

### **2. Pesquisa Bibliográfica**

A pesquisa bibliográfica é a fase da pesquisa em que se busca na literatura existente, bem como especialistas, o embasamento técnico/científico para a execução das fases seguintes.

Nesta etapa serão abordados os conceitos relativos ao CNS/ATM encontrados em publicações técnicas do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), de organismos internacionais (OACI) e feitas consultas a profissionais responsáveis pelo projeto de implantação do novo sistema no Brasil.

No que tange a simulação, a pesquisa estende-se por livros e artigos que abordam o assunto, notadamente com o enfoque na aplicação dessa ferramenta em aeroportos.

### **3. Levantamentos de dados**

Para a construção do modelo, houve um extenso levantamento de dados e informações envolvendo pesquisa de campo e consulta às publicações relacionadas ao assunto.

Conforme o tipo de informação, buscaram-se diferentes fontes. No que se refere à configuração do espaço aéreo e procedimentos de controle de tráfego aéreo, visitou-se a torre de controle do Aeroporto de Guarulhos e o centro de controle de aproximação da Área de Controle Terminal de São Paulo. Adicionalmente, consultaram-se as publicações em que constam as cartas de navegação dentro da mesma área terminal.

Em relação à configuração do aeródromo, procedimentos de operação no solo e caracterização da demanda, os dados puderam ser obtidos em visitas feitas à Gerência de Operações do Aeroporto, à qual forneceu ainda plantas abrangendo toda a área operacional do aeroporto e dados estatísticos de movimento.

### **4. Execução do modelo (simulação)**

Para se atingir o objetivo a que se propõe o presente estudo, são construídos os modelos de simulação que representam os cinco cenários: o primeiro apresenta a configuração física, operacional e demanda atual; o segundo inova em relação ao primeiro na adoção dos novos conceitos advindos do CNS/ATM; o terceiro apresenta a configuração física, operacional atuais

com a demanda futura (2010); o quarto inova em relação ao terceiro pela implantação do CNS/ATM; o quinto contempla, em relação ao quarto, a terceira pista de pouso/decolagem.

Antes da execução do modelo para fins de análise, são efetuados diversos testes buscando sua validação. Nessa etapa, a idéia é verificar se existe uma coerência entre os resultados oriundos do modelo de simulação e a operação real que ocorre no aeroporto, dentro das mesmas circunstâncias. Esse processo é mais bem detalhado mais à frente, no Capítulo 4.

## **5. Análise dos resultados**

Após a execução do modelo, os resultados da simulação de cada um dos cenários são tabulados e comparados em termos de índices que traduzam a eficiência da infra-estrutura aeroportuária, antes e depois da implantação do novo sistema. Tais índices permitem deduzir se houve ou não ganho de capacidade com as modificações. Podem ser representados por atrasos no solo, no pouso e número de aeronaves em fila para a decolagem, por exemplo.

Outro enfoque dessa análise é verificar, através dos resultados, que parte da infra-estrutura será mais afetada, seja de forma positiva ou negativa, pelas novas tecnologias aplicadas.

## **6. Redação final**

A última etapa consiste em documentar os resultados obtidos e apresentá-los em forma de um texto técnico-científico. É importante que contenha todos os tópicos apresentados de forma clara para permitir uma melhor compreensão do trabalho, assim como de seus resultados e conclusões.

### **1.6 ORGANIZAÇÃO DA MONOGRAFIA**

Este trabalho divide-se em cinco Capítulos. O Capítulo 1 trata da Introdução. No Capítulo 2 são conceituados e caracterizados os componentes do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro atual. Nesse contexto, tem-se um enfoque nos sistemas de comunicações, navegação, vigilância, gerenciamento de tráfego aéreo, meteorologia e informação aeronáutica. O Capítulo 3

segue estrutura semelhante ao Capítulo 2, apresentando, no entanto, todas as inovações sofridas pelos sistemas citados acima, com a incorporação dos conceitos do CNS/ATM. O Capítulo 4 apresenta o objeto do estudo, o Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos, o processo de modelagem, abrangendo todas as informações necessárias para a construção do modelo e, por fim, os resultados da simulação. Segue-se uma análise dos resultados, separada pelos diferentes cenários abordados. Fechando o trabalho, como conclusões gerais do estudo, tem-se o Capítulo 5, no qual são apontadas também algumas sugestões para trabalhos futuros, que se proponham a seguir na mesma linha de pesquisa.

## **2 SISTEMA DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO BRASILEIRO ATUAL**

### **2.1 INTRODUÇÃO**

Este capítulo trata do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro – SISCEAB. Inicialmente o Sistema é conceituado, e, em seguida, é feita uma abordagem geral dos elementos que integram sua estrutura.

Instituído pela Portaria nº 48/GM3, de 22 de janeiro de 1990, o SISCEAB tem por finalidade prover os meios de apoio necessários à circulação segura e eficiente do tráfego, no espaço aéreo Brasileiro.

O SISCEAB gerencia as operações de diversos órgãos, ligados ou não ao Comando da Aeronáutica, distribuídos por todo o Território Nacional, com atribuição e responsabilidades específicas, apoiados por uma extensa rede de Telecomunicações, centenas de auxílios à navegação, uma grande quantidade de equipamentos diversos, tudo operado e mantido por profissionais preparados e capacitados, de forma a atender aos requisitos operacionais de segurança e eficiência das operações aéreas.

Ao SISCEAB compete a vigilância do espaço aéreo e a prestação dos Serviços de Tráfego Aéreo, Meteorologia Aeronáutica, Busca e Salvamento e Informações Aeronáuticas no espaço aéreo sob jurisdição e responsabilidade do Brasil.

A concepção atual da infra-estrutura de navegação aérea, fundamentada em meios de telecomunicações e de navegação com alcance óptico instalado no solo, ou seja, com aberturas limitadas pela curvatura da terra, não possibilita a sua aplicação homogênea na superfície e no espaço aéreo do globo terrestre. Por esta razão, hoje existem grandes áreas carentes de apoio às operações aéreas, em razão de condições ambientais, podendo citar como exemplo a região Amazônica, Cordilheira dos Andes, áreas oceânicas entre outras.

A manutenção da concepção atual, mesmo com a maciça inserção de recursos dos países envolvidos acarretaria crescentes congestionamentos do espaço aéreo, nos próximos 20 anos, começando pelas regiões mais desenvolvidas, cujos reflexos imediatos nas demais regiões, ocasionariam efeitos danosos para a indústria de transporte aéreos e imagináveis prejuízos à economia e à sociedade mundial.

A aviação, fazendo uso de aeronaves cada vez em maior número, mais velozes, com maior capacidade de passageiros e carga e com autonomia de maior alcance, é hoje um dos principais fatores de desenvolvimento econômico e social dos povos. Atualmente, por exemplo, é possível a um passageiro comum dar a volta ao mundo em bem menos de 80 (oitenta) horas, fazendo uso dos vôos de companhias comerciais, considerando as conexões e esperas, contrastando com o espetacular feito do personagem Phileas Fogg, em a “Volta o Mundo em Oitenta Dias”, de Jules Verne, escrito há cerca de 100 (cem) anos.

No Brasil, o movimento do tráfego aéreo tem crescido entre 8% a 15% ao ano, o que tem evidenciado, por exemplo, deficiências desses serviços em áreas de intenso movimento, como as de São Paulo e Rio de Janeiro, devido, principalmente, à concentração do tráfego aéreo em determinadas horas do dia, saturando os terminais dos aeroportos e determinando excessiva carga de trabalho aos controladores, bem como resultando no congestionamento da área Terminal e, conseqüentemente, em atrasos, demoras e consumo excessivo de combustível.

## **2.2 ELEMENTOS DO SISTEMA**

O Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) órgão central do sistema, criou o SISCEAB para gerenciar os diversos órgãos e entidades, públicas e privadas que de alguma forma exercem atividades relativas ao controle do espaço aéreo. O sistema reúne os seguintes órgãos e elementos:

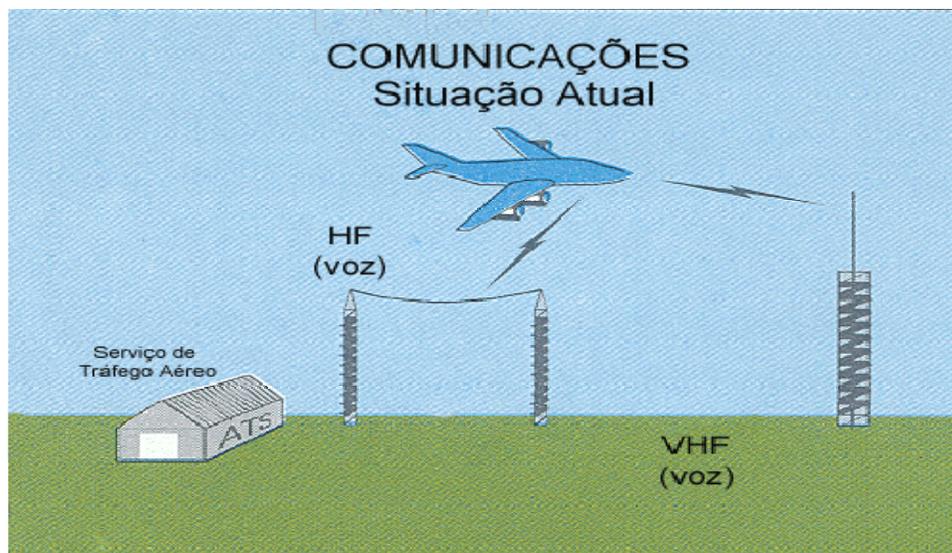
- Sistema de Proteção ao Vôo (SPV);
- Sistema de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (SISDACTA);
- Comunicações e Controle do Sistema Aerotático (SCAT);

- Sistema de Telecomunicações do Comando da Aeronáutica (STCA);
- Sistema de Busca e Salvamento (SISSAR);
- Comunicações;
- Navegação;
- Vigilância;
- Gerenciamento do Tráfego Aéreo;
- Meteorologia; e
- Informações Aeronáuticas.

### 2.2.1 Comunicações

A infra-estrutura de telecomunicações apóia as necessidades de comunicações, de voz e dados, do Comando da Aeronáutica, constituindo o Sistema de Telecomunicação do Comando da Aeronáutica (STCA), cujo órgão central é o DECEA e cobrem uma variada gama de serviços de apoio à navegação aérea e demais atividades do COMAER.

O STCA é composto basicamente pela TELESAT - Telecomunicações por Satélite que integra em nível nacional os órgãos componentes do SISCEAB, por enlaces digitais em radiovisibilidade óticos.



**Figura 2.1 - Sistema Atual de Comunicações**

**Fonte: Aeroespço Magazine, 1997**

A TELESAT - Telecomunicações por Satélite, absorverá gradativamente, à medida que for sendo implantada, os canais alugados à EMBRATEL - Empresa Brasileira de Telecomunicações que atendem às diversas redes de comunicação de voz e dados que apóiam os Serviços Fixos e Móveis Aeronáuticos, Administrativos e Militar.

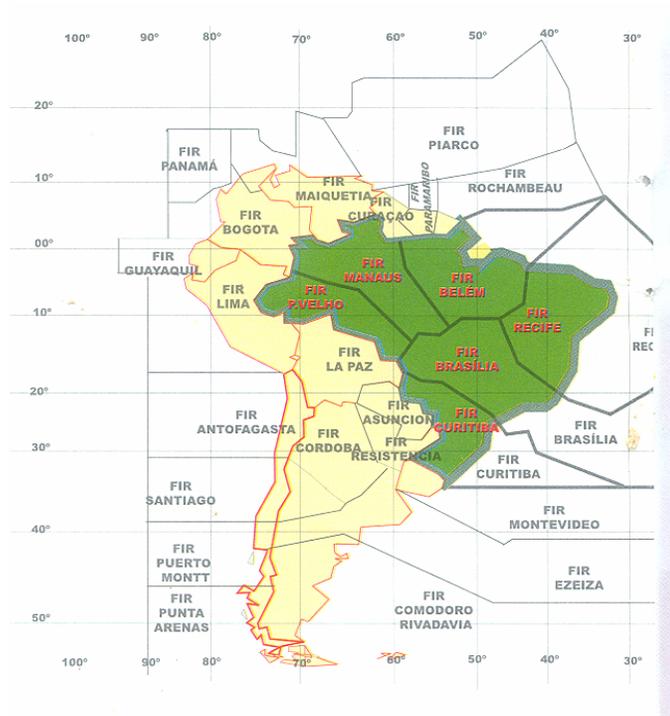
O Sistema atual de Comunicação é composto pelo Serviço Móvel Aeronáutico (SMA), o Serviço Fixo Aeronáutico (SFA), Rede de Telecomunicações Administrativas (RACAM e RACAER), Rede de Comunicação de Dados do Comando da Aeronáutica (RCDCA) e Rede VHF – DATACOM.

### **Serviço Móvel Aeronáutico (SMA)**

Permite comunicação entre o órgão de controle e aeronaves, a partir de estações locais e/ou remotas utilizando faixas de frequências, alta (HF), muito alta (VHF) e ultra-alta (UHF), conforme ilustrado na Figura 2.1.

#### **- Rede HF do Serviço Móvel Aeronáutico**

O SMA dispõe de uma rede de comunicações em HF que tem como objetivo apoiar, principalmente, as áreas cobertas pelas comunicações em VHF quer por limitações técnicas, quer por ausência de infra-estrutura, situação que se verifica normalmente na região Amazônica e áreas oceânicas. Cada uma destas estações está diretamente ligada ao Centro de Controle de Área (ACC) responsável pelo controle de determinada Região de Informação de Vôo (FIR) e dispõe de uma família de frequências que permite comunicações confiáveis e ininterruptas em sua área de atuação, condicionadas, em alguns períodos, às limitações de propagação ionosférica inerentes ao meio.



**Figura 2.2 - Regiões de Informação de Vôo na América do Sul**

**Fonte: Aeroespacia Magazine, 1997**

As estações existentes estão instaladas e operando nos ACC de Belém, Porto Velho, Recife, Brasília, Curitiba e Manaus, como apresentado na Figura 2.2.

**- Rede VHF do Serviço Móvel Aeronáutico**

A rede VHF do SMA é constituída, basicamente, de estações remotas para o atendimento das comunicações em rota, principalmente dos ACC, e estações locais para atendimento aos demais órgãos de controle, constituído pelo Controle de Aproximação (APP) e Torre de Controle (TWR).

Para o atendimento dos ACC utiliza-se a técnica de rede clímax. Esta técnica permite que se cubra grandes áreas com um número reduzido de frequências nominais, através de discreto deslocamento da frequência da rede portadora. Considerando a largura dos canais com 25 KHz, é possível a colocação de até 5 (cinco) “sub-portadoras”, em um mesmo canal.

A cobertura atual, considerando o nível de voo 200 (FL-200), abrange uma área de aproximadamente 77% do território nacional.

- **Rede UHF do Serviço Móvel Aeronáutico**

A rede UHF do SMA é empregada, exclusivamente, para atender as operações aéreas entre os Centros de Operações Militares (COPM) ou órgãos do Sistema de Controle Aerotáctico (SCAT) com as aeronaves militares. Estas estações estão disponíveis, atualmente, nas áreas de maior interesse do Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (SISDABRA).

• **Serviço Fixo Aeronáutico (SFA)**

O SFA destina-se às comunicações entre os órgãos que de alguma forma estejam envolvidos com o tráfego aéreo e tem como apoio às estações que transmitem informações de dados, utilizando frequência em HF e basicamente apoio de linhas telefônicas (TF).

- **Rede HF do Serviço Fixo Aeronáutico**

A rede HF do SFA é composta por um grande número de estações, subdivididas em 6 (seis) sub-redes as quais estão relacionadas a 6 (seis) Regiões de Informação de Voo (FIR).

As estações centrais destas FIR estão situadas em Belém, Manaus, Porto Velho, Recife, Brasília e Curitiba. Essas sub-redes operam em configuração do tipo estrela, onde a estação central, sempre situada nos ACC, se interliga com os órgãos do Serviço de Tráfego Aéreo (ATS) pertencentes a sua área de controle. Sua finalidade é prover comunicações alternativas, no caso de falha das redes telefônicas empregadas nas atividades de coordenação de tráfego aéreo, que atuam como meio primário.

Esta rede dispõe de uma família de frequências capazes de atender suas necessidades de comunicações entre órgãos responsáveis, para ações de coordenação, operando na frequência HF através do sistema “Automatic Link Establishment” (ALE), que oferece uma escolha automática

e dinâmica da melhor frequência disponível, propiciando maior qualidade e disponibilidade ao sistema como um todo. As estações operam transmitindo voz e dados e ainda dispõem de “phone-patch”. Cada um dos centros (ACC) tem, também, a facilidade de comunicar-se com os Centros de Controle adjacentes.

A rede HF do SFA, além de disponibilizar uma comunicação alternativa com todos os pontos de interesse de tráfego aéreo, dentro do território nacional, possibilita contatos com os ACC adjacentes internacionais.

As sub-redes HF do SFA estão sub-divididas em 6 (seis) ACC e 79 pontos de comunicação:

1. ACC de Belém, ligada a 14 pontos;
2. ACC de Manaus, ligada a 8 pontos;
3. ACC de Porto Velho, ligada a 5 pontos;
4. ACC de Recife, ligada a 16 pontos;
5. ACC de Brasília, ligadas a 24 pontos; e
6. ACC de Curitiba, ligada a 12 pontos.

#### - **Redes Telefônicas (TF) e Enlaces Orais do Serviço Fixo Aeronáutico**

Para atender às necessidades de comunicações do SFA, o SISCEAB possui 2 (duas) redes telefônicas de uso nacional, TF-2 e TF-3 e enlaces TF-1 que estão sujeitos aos critérios estabelecidos pela Instrução do Ministério da Aeronáutica (IMA 102-14).

Além dessas redes e enlaces, existe ainda uma rede internacional RECATS (Rede Comutada de Circuitos Orais ATS) que integra os ACC brasileiros aos ACC adjacentes dos países vizinhos.

Os enlaces TF-1 e a rede TF-2 se destinam à coordenação e controle de tráfego aéreo do SISCEAB, sendo alocados de acordo com a velocidade requerida pela transferência do tráfego.

A rede TF-3 destina-se às comunicações técnicas e administrativas do SISCEAB e operacionais das unidades aéreas do C. Aer.

- **Redes Telegráficas do Serviço Fixo Aeronáutico**

O SISCEAB, para o cumprimento de suas atribuições, utiliza-se de 2 (duas) redes telegráficas que têm a finalidade de veicular mensagens impressas de natureza administrativas do COMAER e operacionais entre órgãos ATS, organizações nacionais e internacionais ligadas à aviação civil e operações aéreas militares.

- **Rede de Telecomunicações Fixas Aeronáuticas (AFTN)**

A AFTN é uma rede de âmbito mundial, destinada às comunicações do SFA. No Brasil, ela é composta por 3 (três) Centros de Comutação Automática de Mensagens (CCAM) interligados entre si, localizados no Rio (Galeão), Curitiba e Brasília, com os seus respectivos assinantes.

Estão diretamente ligados a esta rede o Banco de Informações Aeronáuticas (BIA), o Banco de Informações Meteorológicas Operacionais (OPMET), o Sistema de Controle e Fiscalização da Aviação Civil (SICONFAC), os Sistemas de Tratamento de Planos de Vôo (STPV) dos CINDACTA, os CCAM internacionais e alguns assinantes internacionais.

- **Redes de Telecomunicações Administrativas**

- **Rede Administrativa de Comutação Automática de Mensagem (RACAM)**

A RACAM é o serviço de mensagens administrativas do COMAER, apoiado nas facilidades de comunicação de dados. É uma evolução da antiga rede TELEX do COMAER, baseada na comutação de circuitos, sendo composta por Centros de Comutação Automáticos, localizados em Manaus, Belém, Recife, Rio, São Paulo, Porto Alegre e Curitiba.

Os Centros de Comutação empregam a técnica “Store-and-Forward”, comutação de mensagens, verificando o formato e consistência das mensagens recebidas e encaminhando-as para seus destinos, segundo tabelas de roteamento pré-configuradas.

A implementação dos Centros é baseada em recursos computacionais de baixo custo e alto desempenho. Atualmente, estes Centros suportam terminais teleimpressores, aproveitados da antiga Rede TELEX do COMAER, e, terminais assíncronos. O sistema suporta, ainda, multiendereço de até três linhas de endereços, bem como oferece facilidades de operação, gerenciamento das tabelas de roteamento e de difusão e, supervisão de condições especiais, quanto a desempenho e falhas.

#### - **Rede Alternativa de Comando da Aeronáutica (RACAER)**

A RACAER é uma rede de telecomunicações, em HF, de âmbito nacional e regional, destinado a proporcionar um meio alternativo e altamente confiável para a Rede Telefônica do Comando da Aeronáutica (RTCAER) é composta pela Rede HF Nacional (HFN) e pela Rede HF Regional (HFR).

A estação concentradora de HFN está instalada em Brasília, no Centro de Coordenação da Aeronáutica (CECOAER), estando interligada às estações de ponta dos Comandos Aéreos Regionais (COMAR).

A HFR possui estações instaladas nas redes dos COMAR, Estação Concentradora da HFR e nas organizações distantes da sede, pertencentes a sua área de jurisdição. Esta rede utiliza as mais modernas tecnologias disponíveis no Brasil em termos de HF, opera com o sistema de Estabelecimento de Enlace Automático (ALE), ou seja, efetua uma procura automática da melhor frequência, executa comunicações de voz e dados e dispõe de recursos de criptofonia e “phone-patch”

Esta Rede HF opera em paralelo com a RTCAER e poderá substituir, caso necessário, uma parte dos enlaces telefônicos veiculados através do Serviço Nacional de Telecomunicações (SNT),

cujos canais são amplamente utilizados pelo STMA e sobre os quais o COMAER não possui efetivo controle.

- **Rede de Comunicação de Dados do Comando da Aeronáutica (RCDCA)**

A RCDCA constitui o principal meio para veiculação de dados inter e intra-sistemas, no âmbito do COMAER.

Cada acesso ou assinante da Rede pode ser um usuário individual, através de um computador isolado, ou um conjunto de usuários conectados entre si através de uma rede local de computadores. Os usuários da Rede estão interligados segundo uma configuração em estrela, com centro no Rio de Janeiro.

A RCDCA conecta todos os usuários aos nós de acesso, a uma velocidade de 9.600 bps (bits por segundo), estando os nós da RCDCA interligados entre si, também, a uma taxa de 9.600 bps, utilizando canalização especializada para dados da EMBRATEL, denominada SERVIÇO TRANSDATA - Canal de Dados da EMBRATEL.

A RCDCA, atualmente, oferece diversos serviços aos seus assinantes, dos quais destacam-se a interligação das estações da RACAM, a Rede de Dados de Meteorologia (REDEMET) e a parte terrestre (não-VHF) da Rede VHF DATACOM.

- **Rede de Dados de Meteorologia (REDEMET)**

A REDEMET, aplicativo da RCDCA, atualmente em fase de implantação, proporciona difusão e recepção de informações meteorológicas entre o Centro Regional de Previsão de Área de Brasília (RAFC-BR) e os Órgãos do Sistema Meteorologia, através de microcomputadores e impressoras gráficas, bem como a alimentação de informações por parte dos Órgãos Operacionais de Climatologia e de Controle.

Esta rede tem condições de levar os produtos do RAFC-BR aos mais distantes Centros Meteorológicos, registrados em formulários contínuos e extraídos de impressoras gráficas, possibilitando, assim, a exposição de cartas de vento e temperatura, prognóstico e fotos de imagens satélites com a mesma qualidade encontrada nos países mais desenvolvidos.

A REDEMET oferece, ainda, como um de seus produtos finais, um relatório operacional informatizado, que permitirá ao Órgão Central do Sistema, o controle operacional e o registro estatístico dos dados provenientes de todos os Órgãos de Meteorologia do SISCEAB.

#### - **Rede de Telecomunicações Aeronáuticas (ATN)**

A ATN, atualmente em fase de especificações pela OACI, será a base de todas as comunicações aeronáuticas, através de comunicações de dados. Possui rede aviônica, terrestre e ar-solo e possibilita a troca de informações entre estações terrestres e entre aeronaves e estações terrestres.

A ATN será baseada em arquitetura de protocolo ISO (International Standards Organization) em um contexto de sistemas abertos (OSI- Open Systems Interconnection), e já teve desenvolvido um primeiro conjunto de aplicações ar-solo e solo-solo (CNS/ATM/1), que possibilitará uma utilização prematura das facilidades disponíveis.

A DECEA participa ativamente do painel técnico da OACI (ATNP) que desenvolve as especificações para ATN, já tendo iniciado a implantação, desta, através da Rede VHF-DATACOM que, evolutivamente, será sua componente.

#### • **Rede VHF- DATACOM**

Esta rede, que atualmente está em fase de operação provisória, e conta, no momento, com 8 (oito) estações localizadas nos aeroportos do Galeão, Guarulhos, Confins, Brasília, Manaus, Recife, Porto Alegre e Curitiba, têm como finalidade básica a veiculação de mensagens do interesse da aviação civil. A veiculação se dá através de enlace de dados, com trecho ar/terra em VHF (interligando aeronaves e estações terrestres) e trecho terrestre, utilizando os recursos do Sistema

de Telecomunicações do Comando da Aeronáutica (STCA), interligando ao computador central, que realiza a comutação das mensagens entre empresas e suas aeronaves.

As estações de aeronaves trocam informações operacionais e administrativas com estações de terra, proporcionando, em tempo real, a atualização de várias informações significativas tais como:

- Planejamento de vôo;
- Informações operacionais (NOTAM, METAR, etc);
- Controle de aeronaves (partidas, chegadas, atrasos, etc);
- Monitoração de motores;
- Relato e solução de panes;
- Reservas de vôo;
- Reservas de transporte de solo;
- Emprego de aeronave e tripulação;
- Organização de suprimento e serviços; e
- Outras finalidades logísticas.

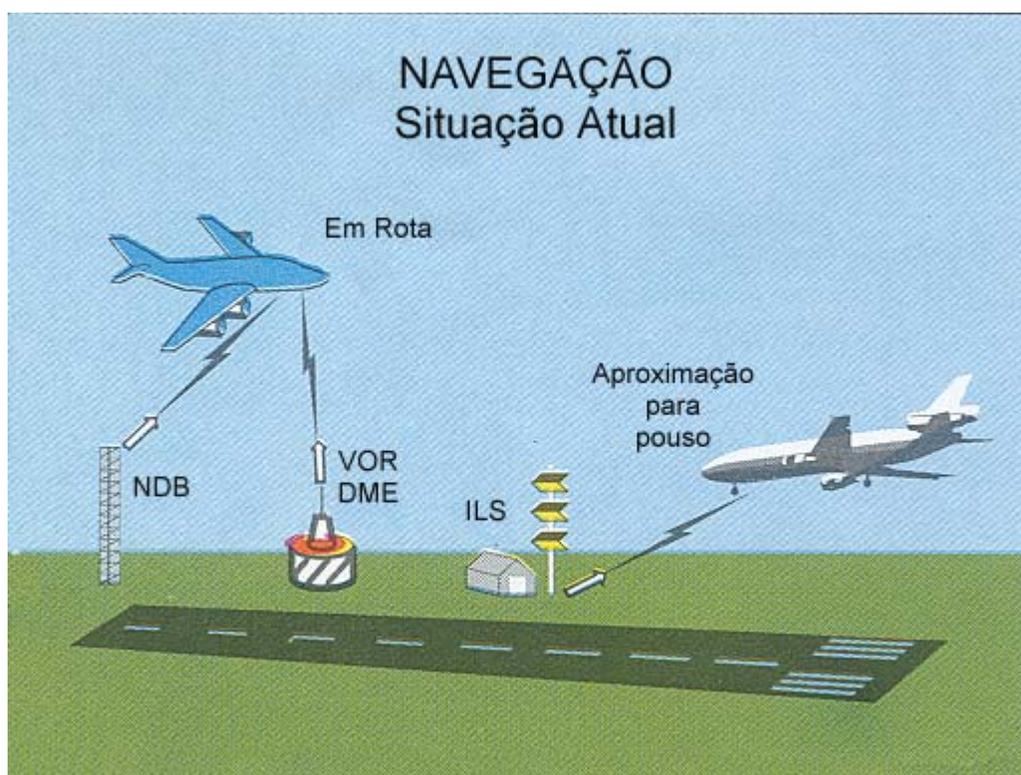
O serviço prestado por esta rede, sujeito a compensação financeira por parte dos usuários, evolutivamente, deverá ser estendido aos órgãos do SISCEAB, veiculando mensagens ATC e de interesse militar.

Para tal, uma rede de 28 (vinte e oito) estações remotas terrestres em VHF, acopladas a processadores locais, cobrirá todo território no nível de vôo, FL 300. Essas estações estão ligadas ao processador central, localizado no Rio de Janeiro, ao qual estarão conectados os usuários, interligando-se às redes internacionais da Sociedade Internacional de Telecomunicações Aeronáuticas (SITA), “Aeronautical Radio Incorporation” (ARINC), “AIR CANADA”, etc.

## 2.2.2 Navegação

O sistema de navegação instalado no Brasil é baseado, fundamentalmente nas normas e recomendações da OACI, e tem como finalidade dar suporte necessário às aeronaves, durante as fases do voo em rotas ATS, nos procedimentos de saída, de aproximação e pouso por instrumento, de precisão e não precisão, nos aeródromos homologados para esses fins.

Os equipamentos constantes da concepção atual que dão apoio à navegação aérea instalada no país, conforme ilustrado na Figura 2.2, são descritos nos próximos subitens, sendo consideradas as suas principais características.



**Figura 2.3 - Sistema de Navegação Atual**

Fonte: Aeroespacia Magazine, 1997

- **“VHF Omnidirectional Range“ (VOR)**

Utilizado nas fases de vôo em rota, nos procedimentos de aproximação por instrumentos de Não Precisão e nos procedimentos de saída por instrumentos, proporcionando informações de azimute (direção da aeronave). O SISCEAB possui 75 (setenta e cinco) VOR, instalados.

- **Equipamento Medidor de Distância (DME)**

Devido a sua precisão, este é um equipamento auxiliar que, trabalhando em associação ao VOR ou localizadores dos sistemas ILS (Operação de Precisão), fornece distâncias, tanto em navegação em rota, quanto em aproximação de precisão.

Para as aeronaves modernas, dotadas de Sistema Gerenciador de Vôo (FMS), os equipamentos DME podem proporcionar informação de posição da Aeronave, através do processamento dos sinais recebidos de 3 (três) estações distintas. Atualmente, o SISCEAB possui 73 (setenta e três) auxílios, desse tipo instalados, dos quais 66 (sessenta e seis) associados a VOR, 05 (cinco) associados a ILS e 02 (dois) associados a localizador (LOC).

- **“Non Directional Radiobeacon” (NDB)**

Embora seja um equipamento de pouca precisão, é ainda bastante usado no Brasil para o balizamento de rotas e para apoio a procedimentos de aproximação de não-precisão e de saída por instrumentos, devido ao seu baixo custo e bom alcance.

Existem no país, aproximadamente, 245 (duzentos e quarenta e cinco) equipamentos desse tipo, sendo parte deles mantidos e operados por outras entidades públicas ou pela iniciativa privada.

- **Sistema de Pouso por Instrumento (ILS)**

Em função do grau de precisão dos componentes do ILS e de certos requisitos adicionais, a operação ILS é classificada em categoria I, II, IIIA, IIIB e IIIC, sendo que, nesta última categoria, a aproximação e o pouso seriam completados até com o teto e a visibilidade zero.

Estão em operação, no SISCEAB, atualmente, 21 (vinte e um) sistemas de categoria I, 02 (dois) de categoria II e 02 (dois) sistemas parciais, apenas, com localizador.

- **Sistema de Luzes de Aproximação (ALS)**

No Brasil, esse sistema de auxílio tem sido empregado, preferencialmente, em associação com auxílio de aproximação de precisão. Atualmente, existem instalados no Brasil 14 (quatorze) sistemas de ALS.

- **Sistema Indicador de Rampa de Trajetória de Aproximação Visual (VASIS)**

No Brasil, são utilizados o VASIS e o PAPIS. Embora auxilie o piloto na aproximação, aumentando a segurança da aeronave, esse sistema não permite a redução dos mínimos meteorológicos para pouso nos procedimentos de aproximação por instrumentos, e nem substituí os equipamentos ILS ou PAR.

Os equipamentos VASIS instalados estão sendo, gradualmente, substituído pelo PAPIS. Existem no SISCEAB, atualmente instalados, 36 (trinta e seis) PAPIS e 82 (oitenta e dois) VASIS.

- **Radar de Aproximação de Precisão (PAR)**

No Brasil, esse tipo de auxílio tem sido empregado com Radar de Vigilância (ASR), constituindo assim, o sistema de Aproximação Controlada do Solo (GCA).

Embora de emprego preferencialmente de apoio às operações militares, o PAR tem sido de grande utilidade para a aviação civil, em casos de emergência, em face de sua capacidade de realização de aproximações e pouso com visibilidade e teto extremamente reduzidos.

- **Estação de Radiogoniometria em VHF (VHF-DF)**

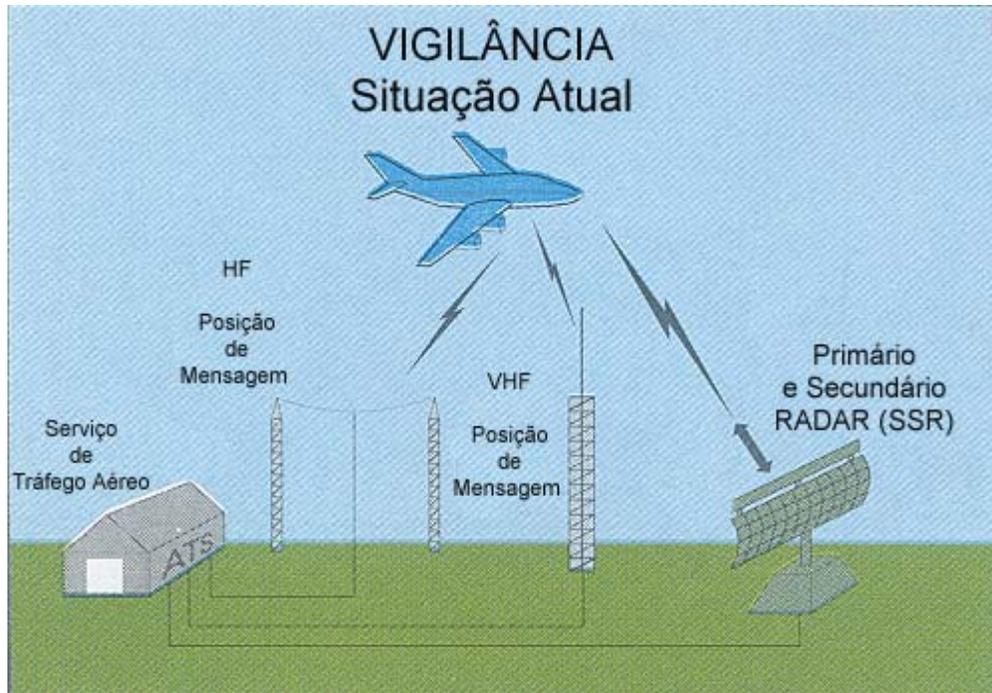
Equipamento do qual, em caso de emergência, o órgão ATS poderá fazer uso para auxiliar uma aeronave que se encontre sem meios próprios de orientação. Encontram-se, atualmente em uso, 20 (vinte) equipamentos desse tipo no SISCEAB.

### **2.2.3 Vigilância**

A vigilância sobre a movimentação do tráfego aéreo no Brasil, atualmente, é realizada através de informações de posição dos pilotos e dos radares do tipo primário e secundário, conforme ilustrado na Figura 2.4. As informações obtidas de uma apresentação radar são utilizadas para proporcionar controle de tráfego aéreo positivo ou auxiliar as aeronaves na navegação, com o objetivo de agilizar o fluxo aéreo e solucionar possíveis conflitos de tráfego.

A concepção atual de visualização radar em rota leva em conta a integração de diversos sítios, de forma a proporcionar uma síntese das informações obtidas (multiradar), permitindo rastreamento ininterrupto das aeronaves em sua área de cobertura, um controle efetivo nas principais aerovias, principalmente no espaço aéreo superior das aerovias (FIR) continentais de Brasília, Curitiba e, parcialmente, da aerovia (FIR) continental de Recife. As FIR Belém, Manaus e Porto Velho possuem, ainda, número insuficiente de radares.

O emprego de radares em Áreas Terminais destina-se, por sua vez, à ordenação e fluidez do tráfego aéreo em procedimentos de saída, chegada ou cruzamento da área. Em geral, são utilizados individualmente, exceto no caso das Áreas Terminais do Rio e São Paulo, onde são, também, aplicadas as técnicas de síntese radar, para aumentar a confiabilidade e a continuidade dos serviços prestados.



**Figura 2.4 - Sistema de Vigilância Atual**

**Fonte: Aeroespaço Magazine, 1997**

- **Radar de Vigilância de Rota (ASR)**

A rede de radares primário de rota implantada no SISCEAB está, basicamente, apoiada em dois tipos de equipamentos: os tridimensionais TRS 2230 e os bidimensionais LP 23.

Estes equipamentos possuem alcance nominal, considerado para fins de planejamento no nível de vôo FL-200, da ordem de 180 NM. Com este fator, a cobertura atual abrange, aproximadamente, 49% do território nacional.

Nos locais onde estão os radares TRS 2230 fornecem cobertura de 100% da FIR continental de Curitiba e cerca de 80% da FIR continental de Brasília, considerando o espaço aéreo superior (FL-200). Já os radares LP-23 M compõem a rede de vigilância as demais Regiões de Informações de Vôo (FIR).

Os radares primários podem ser auxiliados por radares secundários tipo RS-870, que por natureza cooperativa, permitem a identificação precisa das aeronaves, fornecendo, ainda, informação de seu nível de voo.

- **Radar de Vigilância de Área Terminal**

Os equipamentos constantes da concepção atual que dão apoio à navegação aérea instalada no país, conforme ilustrado na Figura 2.4, são descritos nos próximos subitens, sendo consideradas as suas principais características.

O SISCEAB conta, atualmente com 22 (vinte e duas) Área de Controle Terminal (TMA) apoiadas por Radares de Vigilância.

Os radares de vigilância em TMA tem maior precisão do que os ASR, apesar de ter um alcance menor. Em sua quase totalidade, são utilizados equipamentos do tipo TA-10, em diferentes versões, associados ao RS-870.

- **Sistema de Aproximação Controlada do Solo**

Este sistema constitui um conjunto de equipamentos, do qual fazem parte, tanto radares de vigilância, quanto de aproximação de precisão (PAR), normalmente aplicado, para apoio à aviação militar. Entretanto, muitos são os casos de uso, com sucesso, por aeronaves civis, em situações anormais de urgência ou emergência.

Tais equipamentos abrangem instalações fixas ou transportáveis, em função de suas necessidades.

#### **2.2.4 Gerenciamento de Tráfego Aéreo (ATM)**

Gerenciamento de Tráfego Aéreo integra as funções de Controle de Tráfego Aéreo (ATC), do Gerenciamento de Fluxo de Tráfego Aéreo (ATFM) e o Gerenciamento do Espaço Aéreo (ASM).

As atividades relativas ao ATFM e ao ASM têm sido aplicadas no Brasil de forma ainda incipiente.

No que concerne aos Serviços de Tráfego Aéreo (ATS), a ênfase tem sido dada ao desenvolvimento do Controle de Tráfego Aéreo, como os integrantes dos CINDACTA.

Entretanto, sendo o espaço aéreo um bem escasso, sua utilização necessita ser administrada de forma racional, com base em princípios que proporcionem segurança e a maior economicidade possível às operações aéreas. Neste sentido, foi estabelecido o conceito de Gerenciamento do tráfego Aéreo (ATM).

A atividade aérea, no mundo todo, tem experimentado um desenvolvimento fantástico, desde o primeiro vôo do brasileiro Alberto Santos Dumont, em 1906.

Para apoiar esse desenvolvimento experimentado pela aviação mundial é imprescindível que infra-estrutura e os serviços prestados em suporte à navegação aérea sejam adequados, com vistas a prover as condições indispensáveis de segurança e eficiência às operações aéreas.

- **Infra-Estrutura do Espaço Aéreo Brasileiro**

O espaço aéreo sob jurisdição do Brasil compreende a parte sobrejacente ao seu território e águas jurisdicionais, bem como da área sob responsabilidade, por força de acordos firmados junto a OACI, correspondente a uma ampla parte do espaço aéreo que se superpõem às águas internacionais. Desse modo, para fins de Gerenciamento de Tráfego Aéreo, o Brasil tem a responsabilidade de administrar um espaço aéreo de cerca de 22.000.000 km<sup>2</sup>.

Para possibilitar o efetivo gerenciamento, esse espaço aéreo está dividido em Regiões de Informação de Vôo (FIR), em cujos limites se encontram as respectivas:

- Área de Controle (UTA / CTA);
- Áreas de Controle Terminal (TMA);

- Zonas de Controle (CTR);
- Zonas de Tráfego de Aeródromo (ATZ); e
- Espaços Aéreos Condicionados (EAC), classificados segundo a sua utilização em áreas proibidas, perigosas e restritas.

No conjunto das FIR, que correspondem ao espaço aéreo jurisdicional e sob responsabilidade do Brasil, encontra-se uma extensa malha de aerovias (nacionais e internacionais), parte integrante de um sistema maior denominado Rede de Rotas ATS das Regiões do Caribe e da América do Sul.

Essa rede de Rotas ATS (aerovias) sob responsabilidade do Brasil, estabelecida nos espaços aéreos inferior, que corresponde até o nível de vôo FL-195, e o superior que corresponde acima do nível de vôo FL-195, possui uma extensão equivalente a 111.400 milhas náuticas (NM). A responsabilidade pelo controle do tráfego aéreo que circulam nessas aerovias e, também, nos demais espaços aéreos controlados com cerca de 5,8 milhões de movimentos anuais, é feita através dos órgãos de controle de tráfego aéreo instalados em pontos adequadamente definidos no território brasileiro.

- **Órgãos de Controle de Tráfego Aéreo**

Para dar cumprimento às responsabilidades de prover os serviços de informação de vôo, controle e alerta do tráfego aéreo, que são prestados ao longo das aerovias e nos demais espaços aéreos controlados, o SISCEAB dispõe de Órgãos de Controle de Tráfego Aéreo, com áreas de responsabilidade definidas e com atribuições específicas.

- **Centro de Controle de Área (ACC)**

Esses órgãos são os responsáveis pela prestação dos serviços ATS nas Regiões de Informação de Vôo (FIR) e Áreas de Controle a elas associadas, que são as CTA e UTA.

Atualmente, os ACC ativados são em número de 6 (seis), localizados em Belém, Manaus, Brasília, Porto Velho, Curitiba e Recife. Com exceção do ACC Porto Velho, os demais contam com visualização radar para prestação do controle de tráfego aéreo, em parcelas maiores ou menores dos respectivos espaços aéreos, sendo que os de Curitiba, Brasília e Recife são automatizados.

#### - **Controle de Aproximação (APP)**

São os órgãos de Controle de Tráfego Aéreo, com responsabilidade pela prestação dos serviços ATS nas Áreas de Controle Terminal e nas Zonas de Controle. O APP pode prestar o serviço de controle com ou sem a utilização do Radar, dependendo da disponibilidade desse equipamento, ditado pela importância ou complexidade da TMA sob sua responsabilidade. O APP que utiliza o Radar como suporte executa o denominado controle positivo de tráfego aéreo.

O SISCEAB dispõe, atualmente, de 42 (quarenta e dois) APP, dos quais 21 (vinte e um) possuem visualização Radar. Há previsão de instalação de APP em Navegantes e Palmas.

As TMA Amazônica e Passo de Los Libres, apesar de ocuparem parte do espaço aéreo brasileiro em Tabatinga e Uruguaiana, são controladas, respectivamente, pela Colômbia e Argentina, por acordos operacionais firmados entre esses países e o Brasil.

#### - **Torres de Controle de Aeródromo (TWR)**

As TWR tem sob sua responsabilidade o controle dos tráfegos que evoluem na área de manobra e no circuito de tráfego do aeródromo ou em suas imediações, em condições visuais. O SISCEAB dispõe, atualmente, de 52 (cinquenta e dois) TWR em operação.

Adicionalmente ao Serviço de Controle de Tráfego Aéreo mencionado nos itens anteriores, o SISCEAB conta, com 86 (oitenta e seis) aeródromos onde é prestado o Serviço de Informação de Voo de Aeródromo (AFIS).

## 2.2.5 Meteorologia

A atividade de Meteorologia Aeronáutica do Comando, sob a responsabilidade da Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Vôo, visa a coleta, o tratamento e a divulgação das informações meteorológicas, com a finalidade de apoiar a navegação aérea nacional e internacional.

### - Estrutura do Sistema de Meteorologia Aeronáutica

Dentro de uma visão sistêmica, com a finalidade de gerar, coletar, processar e divulgar seus produtos, a atividade de Meteorologia Aeronáutica esta alicerçada sobre as seguintes redes operacionais:

- Rede de Estações Meteorológicas (REM);
- Rede de Centros Meteorológicos (RCM);
- Rede de Dados Meteorológicos (REDEMET); e
- Rede de Informações Meteorológicas em Vôo (VOLMET).

### • Rede de Estações Meteorológicas (REM)

Esta rede é constituída pelos elementos de coleta de dados meteorológicos a serem processados e difundidos aos órgãos operacionais.

As estações meteorológicas que integram a REM, classificadas conforme suas características, são as Estações Meteorológicas de Superfície (EMS, classes I, II e III), as Estações Meteorológicas de Altitude (EMA) e as Estações de Radar Meteorológico (ERM).

### - Estações Meteorológicas de Superfície (EMS)

Existem três tipos de EMS destinadas às observações meteorológicas de superfície de rotina e especiais dos aeródromos onde estejam instaladas. Algumas destas estações fazem parte da rede básica sinótica da Organização Meteorológica Mundial (OMM). O total de EMS implantadas em aeródromos brasileiros é de 106 (cento e seis), conforme apresentadas a seguir:

- 1) As Estações de Classe I (EMS-1) estão equipadas com sensores automáticos para obtenção de medidas de direção e velocidade do vento, altura da base das nuvens, alcance visual na pista (RVR), pressão ao nível do mar para ajuste do altímetro, pressão ao nível da pista, quantidade de precipitação, temperatura do ar na pista, temperatura do ponto de orvalho e outros parâmetros, com instrumentos instalados em locais que representem as condições meteorológicas na pista de pouso e são implantadas nos aeródromos que operam com aproximação de precisão. Existem 18 (dezoito) EMS-1 implantadas em aeródromos brasileiros.
- 2) As Estações de Classe III (EMS-3) são equipadas com instrumentos meteorológicos para obtenção de medidas de direção e velocidade do vento, temperatura do ar e do ponto de orvalho, medidas de pressão para ajuste do altímetro, que sejam representativas das condições meteorológicas no aeródromo. Existem implantadas 42 (quarenta e duas) EMS-3 em aeroportos brasileiros.

- **Estações Meteorológicas de Altitude (EMA)**

Equipadas com sistemas destinados a observar e traçar o perfil vertical de temperatura, pressão, umidade, direção e velocidade do vento nas diversas camadas da atmosfera. Existem implantadas 18 (dezoito) EMA, nos aeródromos brasileiros.

- **Estação de Radar Meteorológico (ERM)**

Estas estações visam complementar a vigilância meteorológica em áreas de grande densidade de tráfego aéreo e onde ocorram condições meteorológicas adversas às operações aéreas. Existem 03 (três) ERM na área do CINDACTA I, em processo de substituição, localizadas nos seguintes DPV-DT: Gama, Pico do Couto e São Roque. Encontram-se ainda em fase de implantação mais 07 (sete) ERM, localizadas nos DPV-DT de: Morro da Igreja, Jaraguari, Santiago, Canguçu, Chapada dos Guimarães, Catanduvás e Três Marias.

- **Rede de Centros Meteorológicos**

Esta rede reúne os diversos tipos de centros meteorológicos do SISCEAB responsáveis pela coleta, tratamento e divulgação de informações meteorológicas aos aeronavegantes.

- **Centro Regional de Previsão de Área (RAFC)**

Localizado em Brasília, no CINDACTA I, este órgão operacional é parte integrante do Sistema Mundial de Prognóstico de Área da OACI, tendo como responsabilidade proporcionar aos centros meteorológicos previsões de tempo significativo, vento e temperatura em altitude, da sua área de cobertura.

O RAFC tem como atribuições: receber, armazenar, processar e divulgar dados globais, em forma digital, aos usuários dentro de sua área de serviço; preparar e fornecer cartas de vento e temperatura do ar superior e tempo significativo, referentes à sua área de responsabilidade, bem como intercambiar tais produtos com os RAFC adjacentes; e fornecer seus produtos aos demais centros meteorológicos integrantes da RCM.

- **Centro Meteorológico de Vigilância (CMV)**

Associados a um ACC, os CMV são responsáveis pela vigilância das condições meteorológicas que afetam as operações aéreas dentro da sua área de responsabilidade, tendo como atribuições:

- a) Manter a vigilância das condições meteorológicas operacionais que afetam as operações de vôo;
- b) Coletar informações meteorológicas operacionais necessárias ao apoio à navegação aérea;
- c) Confeccionar e divulgar Mensagens de Tempo Significativo (SIGMET) e outras informações relativas à sua área de vigilância;
- d) Receber e divulgar Mensagens de Aeronotificação (AIREP) regulares e especiais;

- e) Fornecer mensagens SIGMET e, quando necessário, outras informações meteorológicas aos órgãos de tráfego aéreo;
- f) Preparar e divulgar Informes de Previsão Meteorológica de Rota para Níveis Baixos (AIRMET) relacionados com sua área de responsabilidade;
- g) Divulgar informações recebidas sobre atividades vulcânicas e nuvens de cinzas vulcânicas das quais não se tenha expedido SIGMET;
- h) Realizar a radiodifusão VOLMET; e
- i) Notificar imediatamente ao RAFC Brasília sobre a tendência de não verificação das previsões elaboradas por aquele Centro.

Existem implantados 7 (sete) CMV implantados nos Aeroportos de Belém, Galeão, Brasília, Guarulhos, Curitiba, Recife e Manaus. Com exceção do CMV de Curitiba, os demais funcionam associados aos CMA-1, de sua área.

- **Centro Meteorológico de Aeródromo Classe I (CMA-1)**

Localizados nos principais aeroportos internacionais, os CMA-1 são responsáveis pelos prognósticos de áreas terminais (TAF-Previsão Meteorológica de Aeródromo), pela vigilância, aviso de aeródromo, gradiente de vento e GAMET e, pelo apoio às operações aéreas realizadas nos aeródromos sobre sua responsabilidade. Os CMA-1 têm como atribuições:

- a) Coletar informações básicas necessárias às análises meteorológicas;
- b) Elaborar e divulgar previsões e suas emendas, relativas aos aeródromos da sua área de responsabilidade;
- c) Elaborar e divulgar previsões para pouso e previsões para decolagem das aeronaves no aeródromo onde estiver localizado o Centro, quando estabelecido em acordo entre Órgãos de Meteorologia (MET / ATS) e usuários;
- d) Manter vigilância meteorológica contínua nos aeródromos de sua área de responsabilidade;

- e) Expor a carta de tempo significativo, de vento e temperatura em altitude, da área de cobertura do RAFC Brasília, previsões dos aeródromos de sua área de responsabilidade e outras informações meteorológicas, quando necessárias;
- f) Proporcionar exposições orais, atender consulta e fornecer documentação de vôo às tripulações e aos despachantes operacionais de vôo; e.
- g) Fornecer informações recebidas sobre atividades vulcânicas, aos órgãos de tráfego aéreo, de informação aeronáutica e ao centro meteorológico de vigilância associado.

Existem no Brasil 07 (sete) CMA-1, distribuídos nos aeroportos de: Belém, Guarulhos, Brasília, Porto Alegre, Manaus, Recife e Galeão.

- **Centro Meteorológico de Aeródromo Classe II (CMA-2)**

Localizados em áreas aeroportuárias e distribuídos conforme critérios operacionais, os CMA-2 têm como finalidade apoiar as operações aéreas e os usuários dos serviços de tráfego aéreo nos aeródromos, tendo como atribuições: receber informações meteorológicas operacionais de outros Centros Meteorológicos, necessárias ao apoio das operações aéreas na sua área de responsabilidade; expor nos aeroportos, em formato gráfico e escrito, informações meteorológicas; proporcionar exposições orais, atender consulta e fornecer documentação de vôo às tripulações e aos despachantes operacionais; e coordenar o intercâmbio de informações meteorológicas com os órgãos ATS locais.

Estão em operação em aeroportos brasileiros 57 (cinquenta e sete) CMA-2, coordenados pelo sistema SISCEAB.

- **Centro Meteorológico de Aeródromo Classe III (CMA-3)**

Localizados em aeródromos e distribuídos conforme critérios operacionais, os CMA-3 são destinados a fornecer serviços para navegação aérea e têm como atribuições: coletar informações meteorológicas operacionais de outros Centros Meteorológicos e coordenar o intercâmbio de

informações meteorológicas entre o Centro Meteorológico e o órgão de tráfego aéreo local. Estão implantados em aeroportos brasileiros 42 (quarenta e dois) CMA-3.

- **Centro Meteorológico Militar (CMM)**

Localizados nas principais Bases Aéreas, os CMM são responsáveis pelo apoio meteorológico às operações aéreas militares.

- **Rede VOLMET**

Fornece às aeronaves em vôo as informações meteorológicas disponíveis no CMV, utilizando estações de comunicações remotas de VHF / HF. Existem em operação 07 (sete) Rede VOLMET, localizados nos aeroportos de: Belém, Guarulhos, Brasília, Manaus, Curitiba, Recife e Galeão.

- **Rede de Dados Meteorológicos**

Este sistema tem por finalidade automatizar a interligação dos órgãos de meteorologia do SISCEAB, através de recursos de telemática, para efeito de recebimento dos produtos gerados pelo RAFC Brasília, acesso ao Banco Meteorológico Operacional (OPMET) e envio de arquivos com dados meteorológicos ao Banco de Climatologia.

- **Banco de Dados Meteorológicos**

Os Sistemas de Meteorologia Aeronáuticos operam com duas bases de dados, denominados de: Banco de Dados OPMET e Banco de Climatologia.

- **Banco OPMET**

Tem por objetivo atender às necessidades imediatas da navegação aérea nacional e internacional, através do fornecimento dos boletins meteorológicos rotineiros como Informe Meteorológico

Rotineiro (METAR), Informações Meteorológicas Especial (TAF), Previsão Meteorológica de Aeródromo (SPECI) e SIGMET.

#### - **Centro de Climatologia**

Está sendo implantado no Instituto de Proteção ao Vôo (IPV), o núcleo do Centro de Climatologia. Este Centro proverá o SISCEAB de uma base estatística de dados climatológicos aplicáveis à aviação.

#### **2.2.6 Informações Aeronáuticas**

Com a crescente demanda das necessidades de Informações Aeronáuticas, exigidas pelos usuários do transporte aéreo, através de solicitações de dados exatos e em tempo real, aumenta cada vez mais a dificuldade de manter as informações aeronáuticas em dia, devido aos dados pertinentes estarem sujeitos a maiores alterações do que antes. As razões de tais modificações incluem o maior número de auxílios à navegação aérea, o grande número de reajustes de rotas provocado pelo congestionamento do tráfego e pelas necessidades das aeronaves de última geração.

Sendo uma atividade de apoio, o Serviço de Informação Aeronáutica (AIS) deve estar estruturado para absorver os avanços quantitativos e qualitativos dos setores por ele apoiados.

##### • **Estrutura do AIS**

Serviço de Informação Aeronáutica tem por objetivo a coleta, o processamento e a divulgação de informações aeronáuticas necessárias à segurança, regularidade e eficiência da navegação aérea nacional e internacional.

Para prover esse serviço, o SISCEAB dispõe de uma infra-estrutura voltada à coleta, o processamento e a disseminação de informações aeronáuticas, através da DECEA, do Centro Geral de NOTAM, dos Centros Regionais de NOTAM e das 146 (cento e quarenta e seis) Salas AIS, apoiados pelo Banco de Informações Aeronáuticas.

As atividades AIS estão regulamentadas por normas da DECEA que se fundamentam em disposições da Organização de Aviação Civil Internacional (OACI).

Para execução dessas atividades o AIS divulga dois tipos de informações essenciais, a saber: informação básica e informação temporária.

#### - **Informação Básica**

Chama-se informação básica aquela que compreende geralmente os dados mais duradouros ou permanentes que se tenha de incluir em Publicação de Informação Aeronáutica (AIP), Manual Auxiliar de Rotas Aéreas (ROTAER), AIP-MAP, Suplemento AIP, Circular de Informações Aeronáuticas (AIC) e Cartas e, como tal, esses dados devem ter sua divulgação autorizada pela Autoridade de Navegação Aérea, que no caso brasileiro é a DEPV.

Em termos gerais, a informação básica deve ser fornecida ao AIS com bastante antecedência, a fim de que haja tempo suficiente para a preparação, publicação e distribuição, visando possibilitar o planejamento das operações em função do fato notificado.

#### - **Informação Temporária**

Informações temporárias têm por finalidade apresentar as alterações provisórias na informação básica, quando são introduzidos procedimentos especiais por um prazo curto, ou no caso de certas advertências à navegação aérea. Contudo, delega-se às autoridades, elos do SISCEAB, a responsabilidade de iniciar a maioria das informações de caráter temporário, de curta duração, tais como: trabalhos que estejam sendo realizados nos aeroportos ou nos auxílios-rádio, instalações que não funcionem, instalações retiradas provisoriamente do serviço ou postas novamente em serviço, advertências à navegação de caráter local, entre outras.

Esse tipo de informação constitui ferramenta básica para a produção de Boletins de Informação Prévia ao Vôo, que serão fornecidos aos pilotos antes do início do vôo e aos controladores de tráfego aéreo, para uso próprio ou para ser repassado aos pilotos em vôo.

- **Recursos Operacionais**

Para transferência de dados, o AIS está apoiado por um Banco de Dados (BIA) acessado através de terminais da Rede de Telecomunicações Fixas Aeronáuticas (AFTN) e microcomputadores do tipo PC ligados ao banco de dados através de linha discada, para execução das tarefas do AIS (BIA ON-LINE).

- **Órgãos AIS**

Além do Centro Geral e dos Centros Regionais de NOTAM, os órgãos AIS são os mais importantes e operam nas salas AIS, onde prestam serviços ao seu usuário final que são os operadores das aeronaves (tripulação).

A característica singular da sala AIS é ser o local do primeiro contato do usuário com o Sistema de Proteção ao Vôo de qualquer Estado, sendo que, é através do especialista em Informação Aeronáutica, que o usuário obtém as facilidades e os conhecimentos sobre todas as atividades de proteção ao vôo.

No Apêndice A é apresentado o quadro 2.1. Limitações dos Sistemas Convencionais, em várias fases da movimentação das aeronaves, desde a sua origem ou saída do pátio de aeronaves em um determinado aeroporto até a sua chegada no aeroporto de destino.

### **3 O SISTEMA CNS/ATM**

#### **3.1 INTRODUÇÃO**

O estudo da navegação por satélites, que teve início na década passada, demonstrou que a utilização da Técnica Diferencial, que abordaremos um pouco mais a diante, permitirá a execução de operações de precisão.

O mundo aeronáutico ficou dividido sem saber que rumo tomar, implantar o Sistema de Pouso por Instrumento (MLS) que é uma tecnologia dispendiosa, porém já desenvolvida, ou aguardar até o ano 2010 quando se prevê que teremos as estações DGPS certificadas até CAT III.

Para resolver esta questão e outras inerentes à navegação por satélites, em 1995 a ICAO convocou todos os países membros para uma reunião. Foi então identificado que alguns países não poderiam esperar até o ano 2010 devido à degradação dos seus equipamentos ILS para substituí-los por um sistema extremamente caro. Ficou então decidido que os países cujos ILS não poderiam esperar até que a nova tecnologia estivesse pronta iriam implementar o MLS. O período de utilização do ILS seria prorrogado até o ano 2015, quando então todos os países passarão a utilizar apenas as estações DGPS para aproximações de precisão. Esta decisão é um peso maior para as empresas aéreas, pois terão que equipar suas aeronaves com receptores MLS se quiserem operar nos aeroportos onde haverá substituição do ILS pelo MLS.

Considerando que a navegação por satélites já é uma realidade nos dias de hoje, inclusive no Brasil, ficou então fácil de entender que alguns anos teremos um único meio de navegação para todas as fases do vôo, o que não ocorre hoje. Quando isto ocorrer as companhias aéreas serão beneficiadas, pois muitos dos atuais aviônicos deixarão de ser necessários. Na atualidade são utilizados os seguintes meios de navegação: VOR e NDB para navegação em rota e execução de procedimentos de aproximação de não precisão e procedimentos de saída; ILS e MLS (este último em alguns países) para procedimentos de precisão.

Para substituir tudo que hoje existe em termos de comunicação, navegação e vigilância a ICAO, a partir da década de oitenta criou um painel – grupo de especialistas num determinado tema - para decidir o futuro. A conclusão deste painel foi à criação de um sistema denominado CNS/ATM que envolve a Comunicação, Navegação e o Gerenciamento do Tráfego Aéreo.

Este sistema, todo voltado para utilização de satélites, resolve muitos problemas dos atuais meios disponíveis para controle de tráfego aéreo. Sua operacionalidade total deverá ocorrer a partir do ano 2010. No entanto, muitos dos implementos que estão sendo feitos para o CNS/ATM começam a entrar em vigor muito antes daquela data.

O mundo está se movendo na direção do CNS/ATM, muitos projetos estão sendo desenvolvidos. Já existem duas constelações de satélites que embora com algumas restrições, podem ser utilizadas para navegação. As redes de **Comunicação** já estão sendo implantadas, inclusive aqui no Brasil. Já existem algumas implementações de **Vigilância** sendo testadas com sucesso com aplicações específicas, principalmente em operações de helicópteros na Malásia, Mar do Norte e Golfo do México.

O CNS/ATM é um sistema que preconiza a utilização da tecnologia de comunicação por satélites e a transmissão de dados digitais, visando com isso reestruturar a comunicação, a navegação e a vigilância do sistema de controle de tráfego aéreo.

Atualmente as comunicações utilizam os sistemas convencionais de rádio e a transmissão de dados é via voz. O Quadro 3.1 a seguir destaca, as características do sistema, na fase atual, que tem seus primórdios na década de 40, e o futuro sistema de comunicações, navegação e vigilância/gerenciamento de tráfego aéreo (CNS/ATM), com previsão capaz de suportar o tráfego aéreo projetado para as primeiras décadas do século XXI.

**Quadro 3.1 - Comparação do Sistema Atual com o Sistema Futuro**

<b>Descrição</b>	<b>Atual</b>	<b>CNS/ATM</b>
Comunicações	Voz de alcance ótico, baseado em VHF, tendo como alternativa para longas distâncias o HF, de baixa confiabilidade.	Comunicações essencialmente de dados, sendo a voz utilizada apenas em situações de emergência ou urgência.
Navegação	Baseada em auxílios VOR/DME e NDB instalados ao longo das rotas ou em áreas terminais e aeródromos (não precisão); e ILS para aproximação e pouso de precisão.	Baseada num sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS), complementada por sistemas autônomos. Posicionamento da aeronave em cada segmento do vôo: rota e aproximações ou de precisão.
Vigilância	Baseado em informações de posição reportadas pelos pilotos e em radares primários e secundários.	Vigilância continuada de uma aeronave desde o solo, até as áreas mais remotas ou oceânicas, em qualquer altitude.
Gerenciamento de tráfego aéreo	Dependente da infra-estrutura existente e delimitada à capacidade de processamento de dados, prestando Serviços de Controle de Tráfego Aéreo em aerovias e terminais.	A nova infra-estrutura CNS e a elevada capacidade de processamento de dados deverão possibilitar que as atividades de gerenciamento poderão ser exercidas com maior eficiência e confiabilidade.

**Fonte: Aeroespaço, 2000**

O Brasil não está alheio a estas inovações. O Comando da Aeronáutica, através do Departamento de Controle do Espaço Aéreo – DECEA, está implantando uma extensa rede de telecomunicações que fará parte do CNS/ATM. O mesmo departamento já, em 1995, regulamentou parcialmente o uso da letra “N” com a Circular de Informações Aeronáuticas – AIC, denominada Sistema de Posicionamento Global – GPS. Esta AIC deixa claro a opção do Brasil pelo GNSS preconizado pela ICAO, porém permite a utilização da constelação GPS até que o projeto da ICAO esteja completamente operacional.

Uma outra possibilidade de antecipar as tecnologias do CNS/ATM está surgindo. Trata-se de um projeto que tem como objetivo melhorar a visualização (Surveillance) de helicópteros numa área de exploração de petróleo, com o uso do Automatic Dependent Surveillance – ADS. Ao melhorarmos a visualização dos helicópteros automaticamente estaremos também melhorando a comunicação, a navegação e proporcionando meios seguros para um melhor gerenciamento do tráfego aéreo.

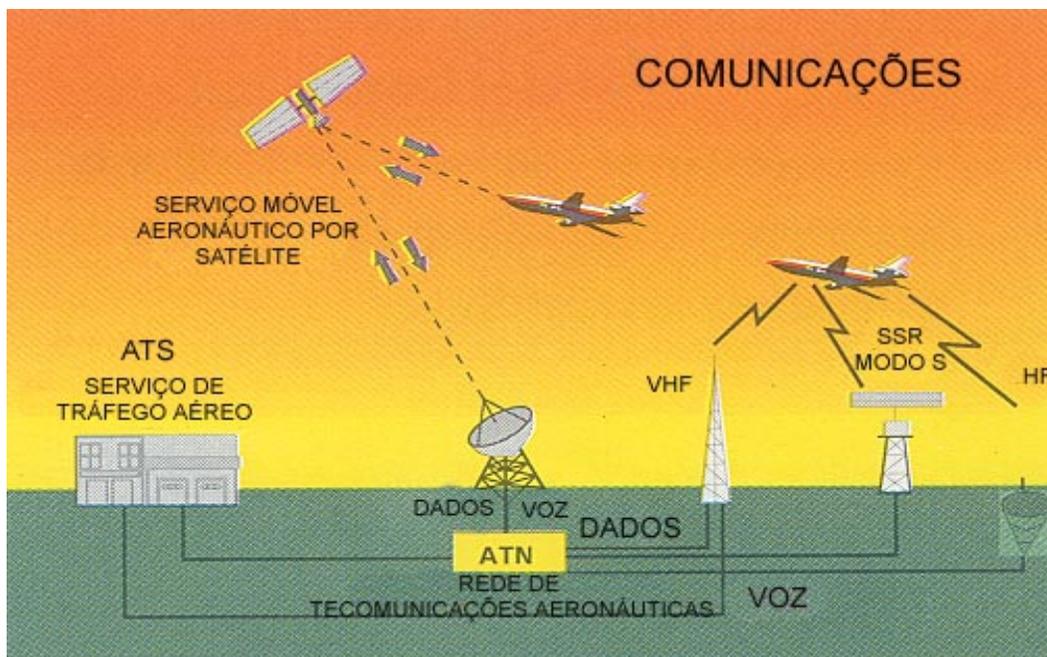
## **3.2 ELEMENTOS DO SISTEMA**

A seguir é feita uma explanação sobre os três principais elementos em questão, dentro desse contexto de transformações advindas com o futuro CNS/ATM: comunicações, navegação, vigilância, gerenciamento de tráfego aéreo, meteorologia e informação aeronáutica:

### **3.2.1 Comunicações**

As telecomunicações necessitarão evoluir muito para atender aos requisitos estabelecidos nas redes de telecomunicações do sistema de Comunicações, Navegação e Vigilância / Gerenciamento de Tráfego Aéreo (CNS/ATM), onde todas as comunicações do SISCEAB deverão transitar pela Rede de Telecomunicações Aeronáutica (ATN), de forma digital, convergindo a uma rede única, segundo o conceito de Rede Digital de Serviços Integrados (RDSI).

O Sistema de Telecomunicação por Satélite, conforme ilustrado na Figura 3.1, será o meio integrador para transição do Sistema de Telecomunicação do Comando da Aeronáutica (STCA), a nível nacional, através dos canais da EMBRATEL, que servirá as diversas redes de comunicação. A implantação foi concebida em quatro fases: TELESAT I, II, III e IV.



**Figura 3.1 - Sistema de Comunicações – CNS/ATM**

**Fonte: Aeroespaço Magazine, 1997**

O TELESAT I é uma sub-rede do TELESAT para transmissão apenas de dados, em substituição aos canais de dados alugados da EMBRATEL, das atuais redes de dados do STMA.

O TELESAT II é uma sub-rede do TELESAT para substituir os canais de voz e dados, alugados da EMBRATEL, e os canais da tropodifusão que atendem às atuais redes de voz e dados, no âmbito do CINDACTA I.

O TELESAT III é uma sub-rede do TELESAT para substituir os canais de voz alugados à EMBRATEL, que atendem a RTCAER.

O TELESAT IV é uma sub-rede do TELESAT para substituir os canais de voz e dados alugados à EMBRATEL, que atendem às atuais redes de voz e dados, no âmbito do CINDACTA II E CINDACTA III.

- **Serviço Móvel Aeronáutico por Satélite (SMAS)**

O Brasil deverá especificar e adquirir estações terrenas, a serem instaladas no Território Nacional, em locais que favoreçam a integração ao STCA.

O Brasil utilizará, inicialmente, o segmento espacial do INMARSAT, porém, deverá incluir em seu planejamento a aquisição de “Transponders” em banda “L”, em Satélite Geoestacionário próprios, podendo, com isto, operar também como provedor do serviço.

- **Serviço Fixo Aeronáutico por Satélite**

O TELESAT, como meio integrador do STCA, em nível nacional, será o suporte em termos de telecomunicações para o SFA, em todo o Território, e incorporará a canalização das seguintes sub-redes: SRPV-Belém, SRPV-Manaus e SIVAM, além de apoiar ainda as seguintes redes: Redes Telefônicas do SFA, Administrativas e Rede de Telecomunicações Aeronáuticas.

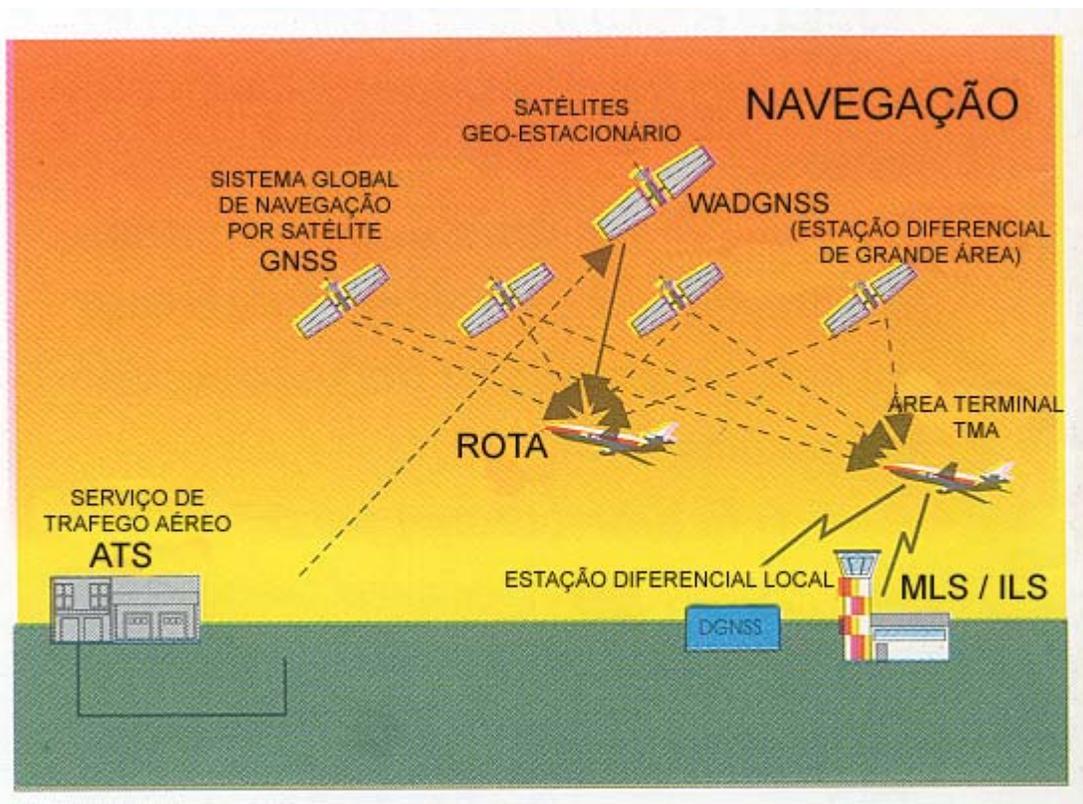
Em relação ao segmento espacial, o Comando da Aeronáutica disporá de transponders em Banda C e Ku, com redundância, inclusive a nível de satélites, sendo necessários, a princípio, 3 (três) em Banda C e, pelo menos 2 (dois) em Ku, visando um alto grau de disponibilidade e segurança com os dois sistemas.

### **3.2.2 Navegação**

O Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS), possibilitará a radionavegação em qualquer parte do planeta, independente de infra-estrutura terrestre.

A grande vantagem do GNSS é a de não ter as restrições do sistema atual, que são impostas pelos equipamentos que operam em alta e ultra-altas frequências, e que têm seu alcance limitado pelos problemas de propagação, conforme ilustrado na Figura 3.2.

Já existem em operação, ainda que incompletos, dois sistemas de navegação por satélites. Um deles é o Sistema de Posicionamento Global – GPS, desenvolvido pelos Estados Unidos para atender, inicialmente, as finalidades militares. Posteriormente foi liberado para uso civil. Atualmente está bem caracterizada a prestação de dois serviços distintos, a saber: Sistema de Posicionamento de Precisão – PPS, de uso exclusivo do setor militar dos Estados Unidos e seus aliados e o Sistema de Posicionamento Padrão – SPS, destinado ao uso civil.



**Figura 3.2 - Sistema de Navegação – CNS/ATM**

**Fonte: Aeroespacia Magazine, 1997**

O GPS é composto por três segmentos, definidos por: segmento espacial, de controle e de usuários. O segmento espacial possui 24 (Aeroespacia, 2000) satélites dispostos em 6 órbitas planas com 4 satélites em cada órbita, distante da terra em 20.200 km. Cada satélite completa uma órbita completa ao redor da terra em 12 horas. Os satélites são posicionados de tal maneira que é esperado que um mínimo de 5 satélites seja “visto” por um usuário, em qualquer parte da terra num determinado tempo. O segmento de controle é composto por uma estação de controle principal, instalada ao redor do globo terrestre. O desenvolvimento, implementação e controle

foram e continuam sendo mantido pelo setor militar dos Estados Unidos. O segmento de usuários é um conjunto de receptores dos sinais da constelação GPS espalhados ao redor do globo com os mais diversos tipos de aplicações militares e civis.

O outro sistema é o GLONASS - Sistema de Navegação por Satélites de Órbita Global. Desenvolvido pela antiga União Soviética, hoje controlado pela Rússia, têm características muito semelhantes ao do sistema GPS. Embora não estando ainda, totalmente operacional, também possui os três segmentos com a mesma quantidade de satélites, diferindo apenas no posicionamento que é feita em três órbitas de seis satélites cada. O Projeto também é desenvolvido e mantido pelo segmento militar da Rússia.

Ambos os sistemas, GPS e GLONASS foram colocados, pelos governos dos seus países, à disposição da ICAO para uso da aviação civil. O primeiro a partir do ano de 1994 por um período de dez anos e o segundo a partir de 1996 por quinze anos ou até que o GNSS previsto pela ICAO esteja em operação.

O GNSS, que será constituído de uma ou mais constelações de satélites e de sistemas de aumento, deverá possuir capacidade para apoiar a navegação em rota e os procedimentos de aproximação de não-precisão e de precisão CAT I, podendo, ainda, dependendo de testes e de normatização da OACI, atender também aos requisitos de CAT II e CAT III.

Considerando a demanda dos usuários, as deficiências da infra-estrutura atual de navegação aérea, a decisão do Estados Unidos de desativar o Sistema OMEGA, o potencial do Sistema de Posicionamento Global (GPS) e a disponibilidade de equipamentos de bordo da aeronave, certificados para uso aeronáutico pela Federal Aviation Administration (FAA) dos Estados Unidos, e tendo como base, ainda, a política e a Estratégia do Comando da Aeronáutica para o Sistema CNS/ATM, foi autorizado o emprego antecipado do GPS no Brasil, como meio suplementar de navegação aérea em rota e, quando especificamente homologado, como meio básico para aproximação de não-precisão.

O programa em andamento, de utilização de meios satélitais para a navegação aérea, faz parte da estratégia da DECEA para implementação evolutiva do GNSS no País e contemplará, de forma gradativa, os avanços operacionais decorrentes da experiência que for sendo adquirida com o uso do GPS. Entretanto, ainda que já exista um programa da OACI estabelecendo o ano 2010 para adoção definitiva do GNSS, a sua implementação dar-se-á de forma distinta entre as regiões do mundo. Desta forma, durante um certo período, e possivelmente até após a data limite, os atuais equipamentos empregados na navegação aérea continuarão sendo utilizados, sendo necessária sua substituição ou, até mesmo, implantação de novos equipamentos onde haja necessidade, dependendo do programa de transição estabelecido.

- **Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS)**

Na fase de transição será considerada a evolução dos sistemas existentes e daqueles que venham a estar disponíveis, de forma a atender aos requisitos da OACI, dentro do cronograma de implantação do futuro CNS/ATM. Na prática, consiste na implementação da Concepção Operacional do Sistema Global de Navegação por Satélites Transitório (GNSS-T), que propiciará que os usuários do espaço aéreo brasileiro possam usufruir, antecipadamente, dos benefícios dos meios existentes de navegação por satélites, particularmente do GPS, e de sistemas de aumento, dentro da estratégia de implementação evolutiva do GNSS.

A implementação de um sistema transitório significa a adoção de uma posição brasileira na busca do estabelecimento do GNSS, além de estar em consonância com os estudos que vêm sendo realizados no âmbito da OACI.

De acordo com a Política Brasileira para o Sistema CNS/ATM e sua estratégia de implantação no País, deverão ser realizados estudos cautelosos em conformidade com idênticas ações dos Estados Membros da OACI, assim como com os interesses regionais, visando ao estabelecimento de programas de desativação dos auxílios à navegação tradicionais.

- **Performance de Navegação Requerida (RNP)**

A RNP não determina os tipos de equipamentos ou o sistema a ser utilizado, indica apenas os parâmetros a serem atingidos em diferentes fases do voo. Uma vez estabelecidos tais parâmetros, cabe a OACI e aos Estados atestarem se esse ou aquele equipamento ou sistema cumpre com os requisitos exigidos.

A especificação de “performance de navegação requerida” representa uma nova forma de indicar as necessidades que uma aeronave deve possuir para cumprir os requisitos de navegação. Foi elaborada como parte integrante dos novos conceitos dos sistemas CNS / ATM limitando-se, inicialmente, às operações em rota, com possibilidade de ampliá-la, também, para as fases de aproximação, pouso e saídas por instrumento.

A precisão exigida em termos de navegação aérea, corresponde a um espaço que se expressa como um tipo de RNP que especifica a acuracidade mínima da “performance de navegação requerida” num determinado espaço aéreo. Em outras palavras, o tipo de RNP está associado ao desvio máximo, ou acuracidade, provocado pelos erros acumulados dos sensores de navegação, dos receptores de bordo, indicadores e técnicas de pilotagem, ou erro de interpretação do piloto.

- **Sistema de Navegação Global por Satélite (GNSS)**

Até que o GNSS seja estabelecido, o Brasil será dotado de um sistema transitório que atenderá, no mínimo, às normas e recomendações vigentes da OACI, capaz de prover cobertura em todo Território Nacional, Águas Territoriais e Espaço Aéreo sob jurisdição do País.

Esse sistema visará atender à demanda dos usuários que já possuem aeronaves equipadas com receptores GPS e outros que pretendem fazê-lo. Deverá possuir, ainda, elevado potencial de apoio às diversas aplicações não aeronáuticas que necessitem da determinação precisa de qualquer das quatro dimensões privadas, ou seja, Latitude, Longitude, Altitude e Tempo, beneficiando, praticamente, a todos os segmentos da economia nacional. O sistema poderá atender a grande parte da Região SAM da OACI, beneficiando os países vizinhos e propiciando melhores

condições de navegação para a aviação nacional e internacional, particularmente, nas áreas remotas e oceânicas, onde a infra-estrutura de navegação aérea convencional é deficiente ou inexistente.

- **Implementação do Sistema de Navegação Global por Satélite Transitório (GNSS-T)**

O GNSS-T é um sistema de determinação global de tempo e posição que consiste de várias combinações de elementos, atualmente incluindo uma ou mais constelações de satélites, receptores e sistemas de monitoração de integridade, acrescidos de sistemas de “Aumentação”, Sistema de Aumentação Terrestre (GBAS), Sistema de Aumentação de Grande Área (SBAS) e Sistema de Aumentação em Aeronaves (ABAS), de maneira a apoiar os desempenhos requeridos de navegação para uma determinada fase de operação.

A implantação deste novo sistema, em redundância com sistemas existentes, tem como objetivo primeiro possibilitar o aumento da segurança de vôo e melhorar o gerenciamento do fluxo de tráfego aéreo, através da redução das separações entre aeronaves, da utilização de rotas preferenciais para melhor desempenho das aeronaves e do aumento do número de aeródromos disponíveis para operação Instrumento (IFR), propiciando redução de custos operacionais, além de permitir a utilização civil e militar integrada.

Ainda existem imperfeições nos sistemas GPS e GLONASS, sistemas de navegação por satélites atualmente disponíveis e, que por si só, não poderão prover a acuracidade, a integridade, a disponibilidade e a continuidade do serviço de navegação aérea, necessários à operação durante as diferentes fases do vôo.

Os problemas citados acima ocorrem devido a erros oriundos da propagação dos sinais na ionosfera, múltiplo percurso, e ao uso da “disponibilidade seletiva”, ademais das próprias características desses sistemas, que não foram originalmente projetados para atenderem aos requisitos da OACI. Para corrigir estes erros, serão utilizadas estações terrestres, instaladas em posições conhecidas, com capacidade de monitorar os sinais emitidos pelos satélites disponíveis, determinando o desvio de cada um e transmitindo estas informações aos usuários.

Existem, basicamente, duas formas de se transmitir estas correções: difusão direta ao usuário (GBAS) e difusão por satélites (SBAS).

Em virtude dos atrasos envolvidos e da ocorrência de erros com características locais, SBAS, embora mais abrangente, proporciona uma acuracidade menor que o GBAS. Pode-se, portanto considerar estes dois sistemas como complementares para apoio à navegação aérea em todas as fases do voo.

- **Implementação de Sistema de Aumentação de Grande Área nas FIR do Brasil (SBAS)**

Visa a apoiar a navegação aérea e as aproximações por instrumento CAT I, bem como ampliar o grau de participação e de controle do sistema pelo Brasil.

O SBAS constitui um sistema diferencial, com estações referenciais distribuídas pelo território nacional, interligadas a uma estação central, todas de propriedade do COMAER, provendo a difusão das correções através dos satélites geo-estacionários nacionais ou do INMARSAT e, ainda, com o provimento de sinais adicionais de navegação, através de implementação de modos de navegação GPS em satélites geo-estacionários de propriedade do Governo Brasileiro.

- **Implementação de Sistema de Aumentação Terrestre Brasileiro**

Visa propiciar apoio a aproximação por instrumento precisão CAT I, II e III, nas localidades de interesse do SISCEAB.

Compõe-se de um sistema diferencial com difusão direta das correções ao usuário, capaz de prover precisão em torno de 1 (um) metro, em azimute e altitude, dentro de um raio de cerca de 30 milhas náutica (NM) da estação.

A partir de 2003, de acordo com a evolução do número de usuários habilitados e capacitados, bem como do estágio dos entendimentos internacionais para estabelecimento do GNSS definitivo,

poderá ser iniciado o uso do GBAS como meio básico de navegação, aproximação de não precisão e aproximação de precisão.

### **3.2.3 Vigilância**

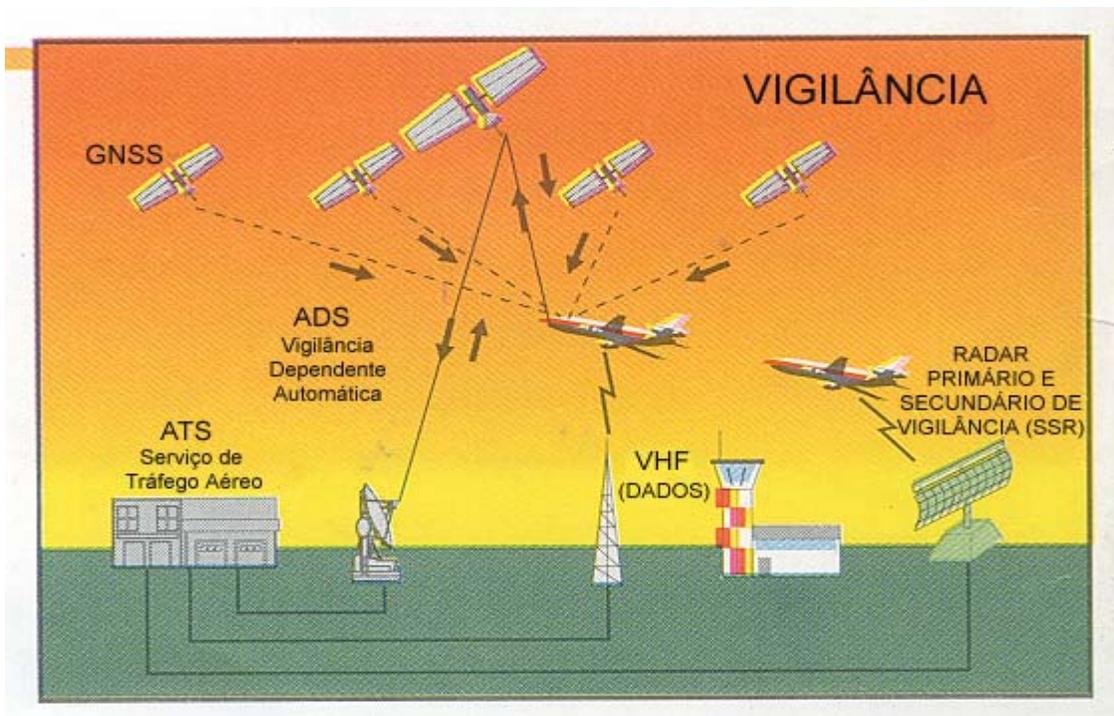
Nas regiões continentais abrangidas pelas FIR Brasília, Curitiba e Recife, embora com elevado índice de implantação de radares, as coberturas de visualização não abrangem toda a área e todos os níveis de vôo, principalmente, devido às características de propagação em linha de visada.

A implantação de equipamentos de visualização de rotas no País, particularmente na região amazônica, é dificultada pela deficiência da infra-estrutura básica, como estradas, energia elétrica e outros, e pela inospitalidade do meio ambiente.

Nas rotas oceânicas, a vigilância é exercida, apenas, através de reporte de posição do piloto via VHF, nas proximidades do continente e, na maioria dos casos, limitada ao HF.

A implementação do Projeto SIVAM acarretará a necessidade de elaborar um planejamento específico para utilização dos meios destinados ao SISCEAB, principalmente no que concerne aos aspectos que exigem medidas antecipadas de longo prazo.

No Sistema CNS/ATM, a OACI não considera o radar primário como um elemento básico de Vigilância, porém no Brasil, nos Estados Unidos e em outros países, com base no cenário nacional de cada um, o Radar Primário será empregado, por razões de segurança e atendimento de requisitos de efetivo Controle do Espaço Aéreo, em conjunto com o novo sistema preconizado, conforme ilustrado na Figura 3.3.



**Figura 3.3 - Sistema de Vigilância – CNS/ATM**

**Fonte: Aeroespaço Magazine, 1997**

Para a aviação civil internacional, como parte do Sistema CNS/ATM, será implementado um sistema cooperativo, denominado de Vigilância Dependente Automática (ADS), que fará uso da capacidade de comunicação entre aeronave e órgão de controle de tráfego aéreo, a ser provido pela ATN, e dos dados de navegação da aeronave, obtidas através das constelações satélites do GNSS e/ou INS. Este sistema, que será complementado pelos radares primários e secundários, deverá ser implementado de forma gradativa e sua adoção no País deverá considerar, também, o universo das aeronaves que operam nas FIR nacionais.

- **Vigilância do Espaço Aéreo Brasileiro**

O SISCEAB apresenta, como característica marcante, sua ambivalência civil e militar, através da integração da Circulação Aérea Geral e da Circulação Operacional Militar em um único sistema.

Esta característica resulta em uma grande economia de meios, principalmente de detecção, visto que os radares utilizados atendem, tanto ao Controle de Tráfego Aéreo quanto à Defesa Aérea.

Dentro do novo conceito CNS/ATM, a vigilância se fará através do emprego de radares e do ADS que, conforme já visto anteriormente, traduz-se em mensagens de posição, geradas pelas aeronaves, transmitidas, continuamente, através de VHF, satélite, HF ou Modo S.

O sistema de Vigilância Dependente Automática (ADS) deverá estar disponível em todas as FIR brasileiras, inclusive na área oceânica.

Os radares primários e o secundário serão aplicados, em conjunto ou isoladamente, em áreas terminais de movimento significativo, em setores com potencial de risco para a circulação aérea, como de treinamento e de operações militares, e em locais onde sejam essenciais para pleno exercício do Controle do Espaço Aéreo.

É importante observar que o ADS e o Radar Secundário são sistemas cooperativos, isto é, dependentes de determinados equipamentos de bordo, que devem ser ativados pela tripulação e estar em funcionamento normalmente. Qualquer movimento de aeronave, em pane de comunicação ou intencionalmente não interconectada aos Órgãos de Controle, poderá colocar em grande risco as demais aeronaves, particularmente em um ambiente de intenso movimento de tráfego aéreo, onde graças aos elevados graus de acuracidade que se busca com o CNS/ATM o espaçamento, longitudinal, lateral e vertical entre aeronaves estará mais reduzido.

Por essas razões e, ainda, pelo exercício responsável do Controle do Espaço Aéreo, pelo Comando da Aeronáutica, será mantida a vigilância através de radares, em conjunto com a Vigilância Dependente Automática.

- **Vigilância em Rota**

Os atuais radares de vigilância de rota deverão ser substituídos, gradativamente, e incorporados ao SISCEAB sistemas de tecnologia atualizadas que deverão operar além do ano 2020.

Os radares de vigilância de rota, integrantes do SIVAM, deverão permanecer, ainda, em funcionamento, até o ano 2020, sofrendo as revitalizações necessárias para solução das obsolescências emergentes.

- **Vigilância em Áreas Terminais**

Nas áreas terminais que se enquadrarem nos critérios estabelecidos, estarão implantados apenas radares secundários monopulso ou a visualização do radar de rota mais próximo, caso possível, com operação estendida além do ano 2020.

Entretanto, para aquelas áreas terminais onde haja necessidade de detecção de vôos não-cooperativos, os atuais radares de área terminal primários deverão ser substituídos, conforme programa específico, por sistemas de tecnologia atualizada, estendendo-se sua operação além do ano 2020.

- **Vigilância Dependente Automática (ADS)**

A vigilância dependente automática será implantada em todo o espaço aéreo sob jurisdição do Brasil.

Na área continental, o meio primário a ser utilizado será o VHF. Para tanto, gradualmente, o VHF-DATACOM será incrementado de forma a permitir comunicações digitais em todo o território nacional.

Na área oceânica, será utilizado enlace digital via satélite, inicialmente do INMARSAT, através da Estação Terrena a ser implantada no Brasil, até que seja implantado o Modo do SMAS nos satélites domésticos através do HF Data Link.

O ADS via radar secundário, inicialmente, não será aplicado de forma genérica e sim em casos específicos, se comprovada sua necessidade operacional.

Através de tratamento adequado, as informações de ADS serão integradas com as informações dos radares, de forma a ser apresentada ao controlador de tráfego aéreo a visualização dos tráfegos sob sua responsabilidade.

### **3.2.4 Gerenciamento de Tráfego Aéreo**

O Gerenciamento de Tráfego Aéreo integra as funções de Controle de Tráfego Aéreo (ATC), do Gerenciamento de Fluxo de Tráfego Aéreo (ATFM) e o Gerenciamento do Espaço Aéreo (ASM).

As atividades relativas ao ATFM e ao ASM têm sido aplicadas no Brasil de forma ainda incipiente.

A capacidade de processamento existente nos órgãos ATS, mesmo naqueles automatizados, não permite a Predição da Ocorrência e Resolução de Conflitos de Tráfego Aéreo e, por isso, exige a adoção de procedimentos predeterminados para assegurar a segurança das operações aéreas, que, ao mesmo tempo, são inibidoras da fluidez do tráfego aéreo.

A limitada capacidade de processamento e as comunicações bilaterais entre órgãos ATC e os usuários dos espaços aéreos condicionados, por vezes pouco efetiva, não permitem, ainda, que se possa otimizar o uso da totalidade do espaço aéreo em prol da circulação aérea geral, o que reduziria os tempos de voo e melhoraria a fluidez do tráfego aéreo.

Os objetivos do Gerenciamento do Tráfego Aéreo são vários, tendo como o mais abrangente o de assegurar a máxima flexibilidade sistêmica dos Órgãos de Tráfego Aéreo e o uso da infraestrutura instalada para proporcionar maior capacidade, melhor eficiência e economia ao transporte aéreo, nos seus diversos níveis. O ATM tem os seguintes objetivos:

- a) Manter e aumentar o nível de segurança existente atualmente;
- b) Possibilitar ao máximo, o voo direto nos níveis desejados pelos usuários;
- c) Atender a todos os tipos de aeronaves e seus correspondentes equipamentos de bordo;

- d) Fornecer melhor informação aos usuários, tais como condições meteorológicas,
- e) Situação de tráfego, disponibilidade das instalações e serviços;
- f) Organizar o espaço aéreo de acordo com o de gerenciamento a ser aplicado, bem como os procedimentos mais adequados;
- g) Aumentar a participação do usuário nas decisões em matéria de ATM, inclusive com diálogo entre os computadores de bordo e de solo, para negociação sobre o melhor planejamento de vôo; e reestruturar os espaços aéreos, de tal forma que o usuário não perceba a existência de limites entre esses.

Para cumprir os objetivos acima, o ATM utilizará cada vez mais a automação para reduzir ou eliminar as limitações impostas nas operações de gerenciamento dos sistemas atuais e procurará obter os benefícios advindos com a implementação gradativa de novos sistemas CNS. A flexibilidade que oferecem esses sistemas permitirá a introdução de distintos níveis de automação, desde os mais simples até os mais avançados, segundo a necessidade do SISCEAB, de maneira a acompanhar o desenvolvimento da navegação aérea no cenário mundial. Desta forma as operações aéreas poderão obedecer às horas estipuladas para saídas e chegadas, bem como seguir os perfis de vôo, conforme planejados, estando sujeitas a um mínimo de restrições, sem que com isso haja qualquer tipo de insegurança nas operações pretendidas.

As informações com base no “datum” geodésico WGS-84, estabelecido como a base cartográfica comum a ser utilizada para o GNSS, implicará em modificações nas atuais Cartas de Rotas e de Área Terminal, SID e IAC.

O usuário da navegação aérea deverá ser informado e, se possível, participar da evolução do ATM, de forma a adequar procedimentos internos, técnicos e operacionais, à nova realidade na prestação dos serviços de tráfego aéreo e utilização dos espaços aéreos ATS, com um novo perfil de responsabilidade para ambas as partes, provedor e usuário.

- **Controle de Tráfego Aéreo (ATC)**

Controle de Tráfego Aéreo, através dos modernos meios de Comunicações, Navegação e Vigilância, da melhoria do nível de automação dos órgãos ATS e da modernização e automação dos equipamentos de bordo das aeronaves, deverá propiciar ao SISCEAB a possibilidade de aumentar a capacidade do espaço aéreo, isto é, diminuir a separação entre aeronaves, mantendo ou aumentando o nível de segurança das operações aéreas, através de um elevado nível de predição e resolução de conflitos de tráfego aéreo, e, ainda permitir às aeronaves executarem seus vôos nas altitudes e rotas pretendidas.

Tal desenvolvimento será necessariamente evolutivo e passará, indispensavelmente, por um processo de capacitação e acultramento dos profissionais do SISCEAB e dos usuários do espaço aéreo brasileiro.

- **Gerência de Fluxo de Tráfego Aéreo (ATFM)**

A Gerência de Fluxo de Tráfego Aéreo, segmento do ATM, concorre para melhorar a prestação do ATS pela otimização do fluxo dos movimentos aéreos ao reduzir ou eliminar as demoras tanto para aeronaves em vôo, como no solo, permitindo o vôo nos níveis desejados, gerando economia e prevenindo a sobrecarga de trabalho para pilotos e controladores, além de tornar as operações aéreas mais seguras. É a adequação das rotas e níveis preferenciais planejados com base na orientação de tráfego previamente esquematizado.

Por exigir a concentração dos dados de intenções de vôos, dada sua função de planejamento estratégico da demanda, onde a análise tem que ser realizada nacionalmente, a implantação final do ATFM deverá ser centralizada.

Dada a área abrangida pelo núcleo do ATFM, ativado no corrente ano, estudos devem ser realizados por pessoal dedicado, no sentido de expandir os limites do gerenciamento do fluxo de tráfego aéreo de forma a abranger todo espaço aéreo sob jurisdição brasileira, tendo em vista as

principais áreas geradoras de movimentos aéreos e os pontos de canalização do tráfego aéreo internacional.

Durante a implantação do ATFM, a automação deverá, ser instalada gradualmente, de modo a permitir a rapidez e o alcance necessários à tomada de decisão.

- **Gerência de Espaço Aéreo**

A realização da gerência do espaço aéreo compreende a classificação adequada às possibilidades e necessidades dos órgãos ATS, conjugadas com as exigências do tráfego aéreo, considerando a região do voo e a otimização do seu uso em prol da circulação aérea geral. Entretanto, a circulação operacional militar necessita evoluir com maior flexibilidade em espaços aéreos dedicados para não oferecer conflitos à aviação civil ou mesmo à militar quando esta não se encontre engajada em operação específica.

A otimização do uso dos espaços aéreos condicionados deve ser buscada, de forma a permitir a sua utilização sem restrições, quando não estiverem ativados, fato que permitirá a diminuição das trajetórias de voo, gerando economia e satisfação ao usuário. Para isso, novas maneiras de ativação e coordenação dos espaços aéreos condicionados deverão ser estabelecidas, evitando-se as ativações permanentes, como, por exemplo, todos os dias do ano, assegurando repartição dinâmica do espaço aéreo disponível, por períodos definidos e de acordo com as categorias dos usuários e suas necessidades em curto prazo.

Sempre que for necessário, poderão ser estabelecidos espaços aéreos condicionados virtuais, pelo tempo requerido, de forma a garantir a realização das operações militares ou de outra natureza, preservando a segurança da Circulação Aérea Geral.

## - **Legislação ATM**

Com a implantação do ATM, a legislação pertinente ao gerenciamento do tráfego aéreo e seus segmentos, o ATC, ATFM e o ASM, deverá ser atualizada. O estabelecimento de normas para o ATM deverá enfatizar o aspecto sistêmico e global do gerenciamento do tráfego aéreo, indicando as formas em que deverão ser estabelecidos as regras e os procedimentos para o ASM e o ATFM e para a prestação do ATC.

Para o ATFM, deverão ser elaboradas diretrizes para o seu funcionamento e para a sua convivência com os órgãos ATS, definindo atribuições no relacionamento sistêmico.

Para o ASM, deverão ser revistos os critérios de criação de novos espaços aéreos condicionados e a utilização desses espaços, compatibilizando as necessidades do usuário específico e da aviação como um todo. Ênfase deverá ser dada aos procedimentos de coordenação, de forma a garantir o uso ótimo do espaço aéreo.

Para o ATC, uma revisão geral nas publicações existentes deverá ser executada, tendo em vista os novos conceitos de navegação e gerenciamento trazido pelo ATM.

A atualização das normas e procedimentos ATS de controle e dos usuários deverão ser claramente definidas.

### • **Recursos Humanos**

A implantação do ATM não eliminará a necessidade de controladores de tráfego aéreo. Suas funções, entretanto, serão fundamentalmente diferentes das que desempenham atualmente, gerando necessidades de ordem educacional, de treinamento, psicológicas e administrativas.

Buscar-se-á através de programas de treinamento, a simulação de coordenação entre os ACC e APP de maior fluxo de tráfego aéreo. Será avaliada e revista a relação homem e a posição operacional dos órgãos de controle visando uma sistemática operacional em decorrência da

implantação do CNS/ATM, bem como maior aproximação entre a gerência e a supervisão desses órgãos. Atingir-se-á, também a padronização da fraseologia, dando-se todos os meios necessários para que os controladores de vôo sejam proficientes e eficazes na língua Inglesa e Espanhola.

Estudos sobre os fatores humanos no sistema CNS/ATM devem se realizados com elevado grau de prioridade, para que o item “Recursos Humanos” não se transforme no maior elemento obstrutivo à eficiente operação do ATM.

### **3.2.5 Meteorologia**

A evolução técnica, a automação crescente e o rápido desenvolvimento do Controle de Tráfego Aéreo exigem o apoio integral e coordenado de uma atividade Meteorologia Aeronáutica, capaz de permitir o monitoramento contínuo e eficiente do meio atmosférico.

Esta atividade deve acompanhar a contínua evolução tecnológica do Controle de Tráfego Aéreo, para que possa, de modo eficaz, atende às necessidades meteorológicas operacionais da Navegação Aérea. Isso permitirá manter em condições elevadas a eficiência na coordenação MET / ATS, desde que adotada uma nova filosofia de treinamento e de instrução na área de Meteorologia Aeronáutica, para pilotos, controladores, especialistas em meteorologia e usuários em geral.

- **Estrutura da Meteorologia Aeronáutica**

Além das estações meteorológicas existentes, serão implantadas Estações Terrenas de Satélite Meteorológicos (ETSM), responsável em fornecer dados remotos de vigilância e meteorológica, através do rastreamento de satélites meteorológicos geoestacionários e polares. As ETSM são as atuais Estações Receptoras de Imagens de Satélites Meteorológicos (ERIS).

- **Estação de Radar Meteorológica**

Os radares meteorológicos adotados pelo projeto SIVAM são do tipo “Doppler”, operando na banda S, com cobertura de 120 km (aproximadamente). As exigências futuras do CNS / ATM deverão cobrir grades de pelo menos 280 km e permitirá montar mosaico nacional entre 10.000 a 20.000 pés de altitude.

- **Estação Meteorológica de Altitude**

As necessidades futuras do CNS / ATM, para 2015, exigirão informações em altitude duas vezes ao dia, por grades mínimas de 400 km, Isso deverá elevar o total de EMA com radiosondas baseadas no GNSS e com perfiladores de ventos, para um mínimo essencial de 50. Essas EMA, distribuídas nas áreas de maior interesse para fins sinóticos, com a adição das informações de vento e temperatura e temperatura em altitude, gerados automaticamente pelas aeronaves em vôo, atenderão plenamente as necessidades operacionais.

- **Estação Receptora de Imagens de Satélites Meteorológicos (ERIS)**

O conjunto de ERIS previstas para o SISCEAB, será responsável pela vigilância meteorológica via satélite, utilizando as redes de satélites meteorológicos que operam subsidiadas pela OMM para todos os países membros. Serão utilizados os satélites orbitais e geoestacionários em operação, tais como as séries orbitais da NOAA e os geoestacionários da série GOES NEXT e outros que venham a se tornar disponíveis.

O referido conjunto ERIS deverá ser instalado à semelhança do que está sendo previsto para o SIVAM. Dessa forma, no futuro, o SISCEAB poderá contar com uma cobertura eficiente de imageamento meteorológico por meio de satélites.

O RAFC BR receberá as imagens do GOES NEXT, do NOAA e outros que venham a se tornar disponíveis.

### **3.2.6 Informação Aeronáutica**

Com tanta responsabilidade quanto todas as demais funções consagradas de proteção ao voo, o Serviço de Informação Aeronáutica (AIS) se viu envolvido no processo de transformação que a estrutura aeronáutica mundial está passando nos últimos anos, com vistas a minimizar o nível de insatisfação dos usuários e atender às necessidades futuras, que se materializarão com a implantação, no ano 2010, do Sistema CNS/ATM.

O desafio do século XXI, na região Caribe / América do Sul (CAR/SAM), especialmente no Brasil, é responder às necessidades mundiais do AIS, mediante a implantação de Bases de Dados AIS nacionais – NASC (Estados do CAR/SAM) e Base de Dados Regionais – RASC (Brasil – EUA – Honduras), interligadas, às quais todo disseminador de informações aeronáutica da região possa estar conectado e oferecer o serviço no devido momento.

Assim, a atividade AIS deverá alcançar um nível mais eficaz mediante a automação e melhoria no intercâmbio internacional de dados de forma a atender plenamente a demanda projetada dos serviços. A automação melhorará a produtividade e o tempo de circulação da informação aeronáutica, alcançando, dessa forma, o objetivo de aumentar, de modo geral, a rapidez, a precisão, a eficiência e a rentabilidade dos serviços, em benefício da segurança da navegação aérea nacional e internacional e da eficiência das operações aéreas.

### **3.3 ANÁLISE DO SISTEMA CNS/ATM SOB O ASPECTO OPOERACIONAL**

Na operação das aeronaves desde a sua autorização para movimentação na partida desde a sua origem até a chegada ao seu destino, são utilizados todos os sistemas, equipamentos e meios que envolvem as Comunicações, Navegação, Vigilância, Gerenciamento e Meteorologia (Sistema de Proteção ao Voo). Qualquer apoio necessário aos aeronavegantes é fornecido através do Sistema de Proteção ao Voo, através de seus diversos órgãos operadores, provendo as operações de movimentação das aeronaves no pátio, em rota e em procedimentos de pousos e decolagens, a máxima eficiência, segurança e economicidade aos seus operadores e usuários. O Sistema de

Proteção ao Vôo, atual e futuro, apresentado no decorrer desse trabalho, são de utilização de forma diferenciada, conforme descrito a seguir.

- **Limitações do Sistema Convencional**

O sistema de Comunicação apresenta-se limitado por apresentar lacunas em áreas remotas, infraestrutura defasada, congestionamentos de frequências e serviços não confiáveis.

Os equipamentos de navegação aéreos possuem limitações quanto à localização dos equipamentos, disponibilidades e falta de confiabilidade no funcionamento.

Os serviços de vigilância são prejudicados por falta de linha de visão, alcance limitado, disponibilidade, confiabilidade e custo.

O controle de tráfego aéreo está incapacitado de manter rotas eficientes, problema de linguagem e comunicação, dependência de comunicação e perda de eficiência.

- **Aplicações do Sistema CNS / ATM**

As comunicações serão basicamente digitalizadas e poderão ser entre controlador e piloto, controlador e controlador, ar e terra e terra e ar e piloto com centro de operações aéreas.

As navegações serão orientadas via segmento aéreo por satélites através dos equipamentos de bordo das aeronaves e pelo segmento terrestre por estações terrenas diferenciais.

O sistema de vigilância será apoiado pelas redes de radares de Vigilância Dependente Automática, abrangendo as áreas continentais, remotas e oceânicas.

O gerenciamento de tráfego será automatizado e aplicado com base no conceito de performance de navegação requerida, no tempo requerido de chegada e na redução mínima da separação vertical.

- **Vantagens de um Sistema de Navegação por Satélite**

As vantagens de navegação por satélites quando empregado em conjunto com as técnicas diferenciais será um sistema tal que dispensará todos os equipamentos de navegação hoje conhecidos e proporcionará um único meio de navegação para todas as fases do voo.

Quando o GNSS previsto pela ICAO estiver operacional o mundo inteiro poderá desativar seus tradicionais e onerosos sistemas de navegação.

A navegação por satélites, por não estar sujeita a interferências tais como curvatura da terra e obstáculos, não sofre dos problemas relativos à impossibilidade de instalação de auxílios convencionais, devido à imensidão dos mares, algumas florestas e desertos, permitirá uma cobertura global mesmo a baixíssimas altitudes.

Praticamente todos os aeroportos e heliportos poderão passar a operar por instrumentos, pois terão uma navegação segura sem a necessidade de instalação de equipamentos adicionais de navegação aérea. Somente para exemplificar hoje no Brasil temos aproximadamente 1.800 aeródromos ou heliportos, reconhecidos e apenas cerca de 190 possuem operações por instrumentos. Hoje apenas com a utilização da constelação GPS, embora com algumas restrições, já é possível termos navegação em rota e operação de não-precisão em todos os nossos aeroportos sem a instalação de auxílios convencionais. Para que isto ocorra a questão é mais política do que técnica. A condição de navegação para o aeródromo operar por instrumentos deixará de ser a infra-estrutura aeroportuária e passará a ser a capacidade de navegação existente a bordo da aeronave.

Os planos de proteção dos atuais auxílios à navegação aérea, que tantas restrições impõem ao desenvolvimento do aeroporto, dentro de sua própria área aeroportuária, deixarão de existir, pois, mesmo nos aeroportos onde for instalada uma estação LAAS esta poderá estar localizada sobre um edifício como exemplo a própria torre de controle ou o terminal de passageiros o que não impactará o desenvolvimento aeroportuário.

Hoje, na atual infra-estrutura aeroportuária, se um auxílio à navegação aérea de um aeroporto ficar inoperante, por exemplo, um VOR ou um NDB, nenhuma aeronave pode pousar ou decolar por instrumentos daquele aeroporto porque todas dependem das orientações daquele auxílio para navegar. Com um sistema de navegação por satélites isto não ocorrerá porque só deixará de pousar ou decolar a aeronave que tiver seu receptor de bordo inoperante. A responsabilidade deixa de ser do sistema provedor e passa para o operador da aeronave.

Atualmente a utilização dos sinais das duas constelações existentes está livre de encargos financeiros. No entanto, isto não ocorrerá para sempre. O uso destes sinais será cobrado para que seja possível a manutenção da constelação e dos meios terrestres. Portanto, as companhias aéreas que se adiantarem na implantação de um sistema de navegação por satélites, utilizando as constelações existentes, com certeza estarão economizando receitas.

As vantagens econômicas para as companhias aéreas não se limitam às anteriormente mencionadas. A principal vantagem, pelas razões a seguir expostas, está na redução do custo operacional da frota, pois com navegação por satélites é possível:

- Efetuar rotas mais retilíneas entre determinadas fases do voo;
- Efetuar aproximações, mesmo as de não-precisão, com mínimos meteorológicos para pouso inferiores aos de hoje praticados com equipamentos VOR e NDB;
- Reduzir os gastos extras provenientes de acomodações de passageiros em outros vôos ou hotéis e transportes terrestres quando as aeronaves não conseguindo pousar no aeroporto de destino têm que ir para o aeroporto de alternativa.

- **Desvantagens do Sistema de Navegação por Satélite**

Depois de enumerar várias vantagens que trarão quando da efetivação da navegação por satélite é difícil citar algumas desvantagens desse novo sistema operacional o CNS/ATM. Por este motivo procuraremos citar alguns aspectos que deverão ser solucionado para que o novo sistema opere de forma harmônica e eficaz.

Para que os aeronavegadores tenham condições de receber a bordo as mensagens divulgadas pelo novo sistema, as aeronaves deverão passar por um processo que requer adequações ou troca de equipamentos de bordo, tornando-os compatíveis com as novas necessidades.

As equipes de bordo das aeronaves também necessitarão de passar por um processo de treinamento para conhecer a nova sistemática de recebimento e depuração das mensagens, além da mudança em termos de conduta dos equipamentos.

Os operadores dos órgãos de controle de tráfego aéreo, de solo, busca e salvamento e demais setores envolvidos deverão passar por um processo de treinamento e reciclagem contínuo.

Implantação de sistemas de captação de mensagens, manutenção e adequação ao novo sistema deverá ser planejada e implementada.

Por último as necessidades de utilização do novo sistema requer apoio de satélites existentes no espaço ou lançamento de novos, conforme programa de cooperação técnica mundial.

No Apêndice B será apresentado o quadro 3.1. CNS/ATM - Componentes e Aplicações contendo as limitações do sistema, em várias fases da movimentação das aeronaves, desde a sua origem ou saída do pátio de aeronaves em um determinado aeroporto até a sua chegada no aeroporto de destino.

Para o sistema do futuro serão apresentados nos APÊNDICES C e D os quadros 3.2 CNS/ATM - COMPONENTES E APLICAÇÕES e 3.3 CNS/ATM – BENEFÍCIOS, com todos os componentes e seus respectivos usos durante as várias fases que envolvem os procedimentos operacionais das aeronaves, os benefícios desse sistema, bem como o período de uso da tecnologia na fase de implantação.

## **4 ESTUDO DO IMPACTO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA CNS/ATM FRENTE À CAPACIDADE DA ÁREA DE MOVIMENTO: AEROPORTO DE GUARULHOS**

### **4.1 INTRODUÇÃO**

A 14 de outubro de 1911 foi fundado, no Rio de Janeiro, através de uma reunião na redação do Jornal “A Noite”, o Aero Club Brasileiro. Por ocasião desta fundação foi adotado o lema: “Dêem asas ao Brasil” Esta entidade congregava em seu seio cidadãos que difundiam a aeronáutica em larga escala. Muitos outros Aero Clubes foram fundados no Brasil nesta época, tendo eles dado importantes contribuições à aviação brasileira, em especial a formação de pilotos civis, a promoção de competições aeronáuticas e a consolidação do transporte aéreo na década seguinte.

A aviação na década de 20 adotava hidroaviões para o transporte de passageiros, devido ao fato de que para transportar maior número de pessoas e vencer percursos longos para época, na maioria das vezes travessias de mares. Essas aeronaves por suas características tinham, necessariamente, motores mais potentes conseqüentemente, mais pesados, possibilitando voar grandes etapas, além de pouso na água em caso de emergência. Tal fato constituía fator determinante de uma infra-estrutura aeroportuária que era composta por apenas uma rampa para a atracação dos hidroaviões e uma pequena área coberta como terminal de passageiros, normalmente localizados próximos a uma superfície aquática. Por outro lado, os campos de pouso para as aeronaves com trem de pouso, geralmente leves, eram velódromos, campos de futebol ou áreas de pastos com pequenas extensões.

A costa brasileira oferecia aos pioneiros da aviação comercial uma das mais propícias infra-estruturas naturais para as operações de pouso e decolagem dos hidroaviões. Além do litoral era possível também o acesso a várias cidades do interior do país com potencial econômico e localização nas proximidades de rios, baías e enseadas. O hidroavião não podia deixar, por isso, de desempenhar papel relevante na aviação comercial brasileira.

## 4.2 BREVE HISTÓRIA: AEROPORTOS DO BRASIL

O Decreto 16.983, de 22/07/25, primeiro regulamento para os serviços civis da navegação aérea, já estabelecia uma política centralizadora para a construção de campos de pouso, subordinando-a a prévia aprovação do Governo Federal e recomendando o entendimento com os governos estaduais a fim de que estes doassem terrenos para as instalações de infra-estrutura de auxílio à navegação aérea.

Esse decreto pretendia promover a construção de campos de pouso, entretanto, a infra-estrutura disponível para operação dos hidroaviões falava mais alto.

As grandes distâncias a percorrer ao longo da costa, as amplas perspectivas de comércio entre capitais de estados distanciados entre si, as numerosas colônias de europeus desejosos de enviar correspondências, entre outros fatores, levaram à criação da Aviação Aérea Rio Grandense – VARIG - por Otto Ernst Meyer, que vinha defendendo esta idéia há algum tempo, inicialmente na cidade de Recife e depois no Rio de Janeiro. Sem ter o devido apoio nestas cidades, acabou encontrando-o no Rio Grande do Sul. A primeira aeronave desta nova empresa foi, naturalmente, um hidroavião.

Na década de 30 começa a ser consolidada a infra-estrutura aeroportuária implantadas em terra, principalmente pela criação do Departamento de Aeronáutica Civil do Ministério de Aviação e Obras Públicas. Este departamento trabalhou simultaneamente em diversas frentes, o que resultou na criação da Divisão de Aeroportos, com a absorção do pessoal técnico da Comissão Fiscal de Obras de Aeroportos.

Em 1936, além das obras do Aeroporto do Rio de Janeiro (Galeão), a cargo do Governo, e das obras do Aeroporto para dirigíveis em Santa Cruz, objeto de contrato com Luftschiffbau Zeppelin, estavam em andamento as dos Aeroportos do Estado do Ceará e da cidade de Santos. Em São Paulo, o Aeroporto de Congonhas já se encontrava em funcionamento oferecendo ligação para o Aeroporto do Rio de Janeiro (Santos Dumont), que havia sido aberto ao tráfego em setembro de 1935. Na ocasião já existiam vários aeroportos na região sul do país.

Os anos 40 chegam e com eles a Segunda Grande Guerra. Estando o governo norte-americano interessado em promover suas empresas aéreas e preocupado com o desenrolar do conflito armado na Europa, elaborou um programa através do ADP (Airport Development Program), com efetiva participação da Empresa de Aviação Panair do Brasil, para a construção e adaptação dos aeroportos do Nordeste Brasileiro. Este programa não exigia nenhum desembolso financeiro do governo brasileiro. O crédito adiantado pela Panair seria depois descontado nos pagamentos de taxas, impostos e aluguéis pela utilização dos aeroportos. Em contrapartida o governo brasileiro foi levado a restringir as operações das empresas de aviação que tinham, ou pudessem ter, influências do Eixo (Alemanha, Itália e Japão). Desta forma, deixou de operar no Brasil a LATI (Linee Aeree Transcontinentali Italiane) e houve a nacionalização do Sindicato Condor (que mais tarde passou a ser a Empresa Cruzeiro do Sul).

O programa Norte Americano foi aplicado em 55 aeroportos, no Panamá, na Colômbia, na Venezuela e no Brasil. Foram construídos ou melhorada a infra-estrutura dos aeroportos de Amapá, Belém, São Luís, Natal, Fortaleza, Recife, Maceió e Salvador. Foram realizadas obras terrestres e marítimas, entre as quais a pavimentação para suportar grandes aeronaves, a instalação de iluminação com farol rotativo, de luzes de demarcação, de geradores de emergência, de equipamentos de rádio, de equipamentos de meteorologia e de abastecimento rápido. Estas bases estratégicas foram construídas rapidamente, de maneira que em menos de um ano já podiam ser utilizadas.

Em 1967 o Rio de Janeiro tem um aeroporto novo, construído com todo o requinte e tecnologias disponíveis a época. Este aeroporto será o portão de entrada, não só para o Rio de Janeiro, principal pólo turístico do país, como para o próprio Brasil. Para coordenar as obras é criada a Comissão Coordenadora do Projeto Aeroporto Internacional (CCPAIN). Essa comissão também tinha a seu encargo a elaboração do projeto da entidade destinada a administrar esse aeroporto quando ficasse pronto, a exemplo do que ocorrera com os aeroportos de Londres, que passaram a ser administrados pela British Airport Authority–BAA.

É, então, promulgada a lei autorizando o poder executivo a criar a ARSA (Aeroportos do Rio de Janeiro S.A.), sociedade de economia mista destinada a administrar o novo aeroporto. Também

lhe era permitido estender suas atividades aos demais aeroportos que seriam implantados no Estado do Rio de Janeiro, tendo como filosofia básica o tratamento dos aeroportos como empresa.

A criação da ARSA fortalece a idéia junto ao Ministério da Aeronáutica de estabelecer uma empresa pública de âmbito nacional com a finalidade de implantar, administrar, operar e explorar comercial e industrialmente um número maior de aeroportos que lhe fossem atribuídos por aquele ministério, ao qual seria vinculada.

Para esse fim, é criada, através da Lei 5.862, de 12/12/72, a Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária - INFRAERO. A ARSA passa, então, à condição de sua primeira subsidiária, situação que perdurou até 1986, quando a ARSA foi definitivamente incorporada à INFRAERO.

A INFRAERO absorveu os seus dois primeiros aeroportos no ano de 1973. Hoje ela conta com 68 aeroportos. A quase totalidade de seus aeroportos possui plano Diretor e de Desenvolvimento elaborados por uma equipe de técnicos do Instituto de Aviação Civil, instituição subordinada ao Departamento de Aviação Civil do Comando da Aeronáutica.

Embora muitos passos tenham sido dados no sentido da modernização da infra-estrutura aeroportuária, esta, vem enfrentando desde o início da década de 80, na qual o transporte aéreo teve um considerável crescimento, mas concomitantemente um inexpressivo índice de investimentos. E como conseqüência, os principais aeroportos, localizados em grandes centros urbanos, têm apresentado quedas consideráveis nos níveis de serviços, devido aos congestionamentos na Área Terminal e Área de Movimento nas horas-de-pico, dos terminais de passageiros, com baixo padrão de atendimento, das companhias aéreas com atendimento ao usuário e no pátio de aeronaves com atraso nas operações.

Apesar dos poucos investimentos, aplicados na infra-estrutura aeroportuária, a administradora dos principais aeroportos brasileiros vem ao longo dos últimos anos procurando através de financiamento junto ao Bid, Prodetur e Governo Estadual recursos para modernização dos principais aeroportos. Sendo assim podemos destacar os novos terminais de passageiros dos Aeroportos de São Luis, Aracaju, Natal, Belém, Recife, Salvador, Fortaleza, Brasília,

Navegantes, Porto Alegre e Curitiba. A implementação de novos aeroportos como os de Rio Branco, Guarulhos, Maringá, Tancredo Neves, a recuperação, ampliação de pistas e implantação de novas pistas de táxi, como dos Aeroportos de Boa Vista, Manaus, Petrolina, Aracaju, Congonhas, Londrina, Navegantes, Porto Alegre etc.

A partir dos investimentos aplicados em infra-estrutura nos últimos anos para modernização dos principais aeroportos da rede, a demanda processada em 2000 ultrapassou a cifra de 2,089 milhões de movimentos de aeronaves e 68,485 milhões de passageiros.

### **4.3 AEROPORTO DE INTERNACIONAL DE SÃO PAULO/GUARULHOS**

Neste tópico serão descritos alguns aspectos gerais relacionados ao Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos, para em seguida serem abordados as características físicas e operacionais a serem consideradas na construção de um modelo de simulação, que servirá de ferramenta para o presente estudo.

#### **4.3.1 A Importância do Aeroporto**

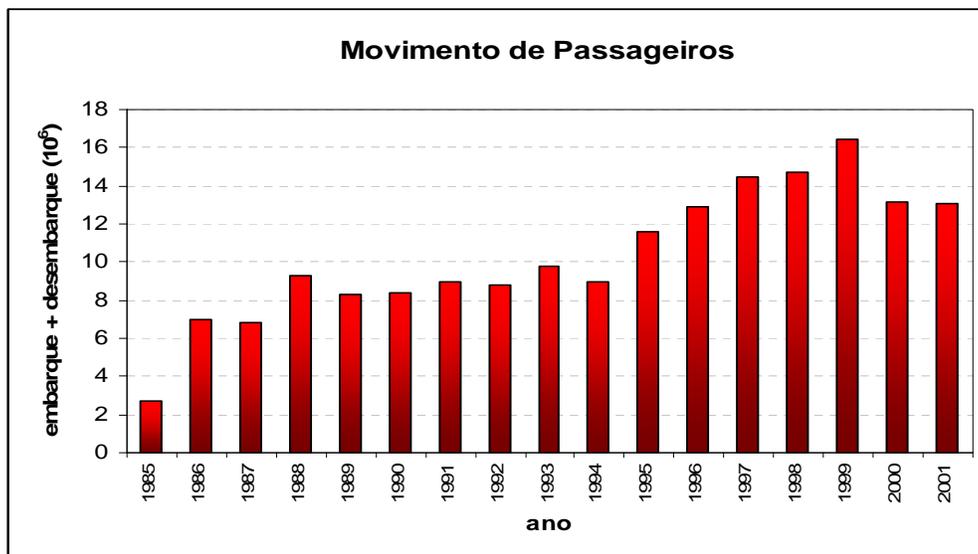
São Paulo é a maior cidade brasileira, com uma população de quase 18 milhões de habitantes residindo na região Metropolitana e responsável por cerca de 35% do PIB nacional. A cidade é também considerada como o maior centro de negócios do país, onde concentra inúmeros escritórios que atendem as principais empresas nacionais e multinacionais instaladas no país, além de receber um grande número de visitantes e executivos de todas as principais capitais brasileiras, bem como, de muitas regiões do mundo. Dos 300 grandes conglomerados instalados no país cerca de 30% encontram-se na cidade de São Paulo.

O Aeroporto Internacional de São Paulo – Guarulhos, principal aeroporto do país, localiza-se a cerca de 25 km do centro da capital paulista, no município vizinho de Guarulhos. O aeroporto tem uma área total de 14 km<sup>2</sup> e moderna infra-estrutura que exige a mais avançada tecnologia aliada à evolução do transporte aéreo. O seu sistema viário é composto de 5 quilômetros de

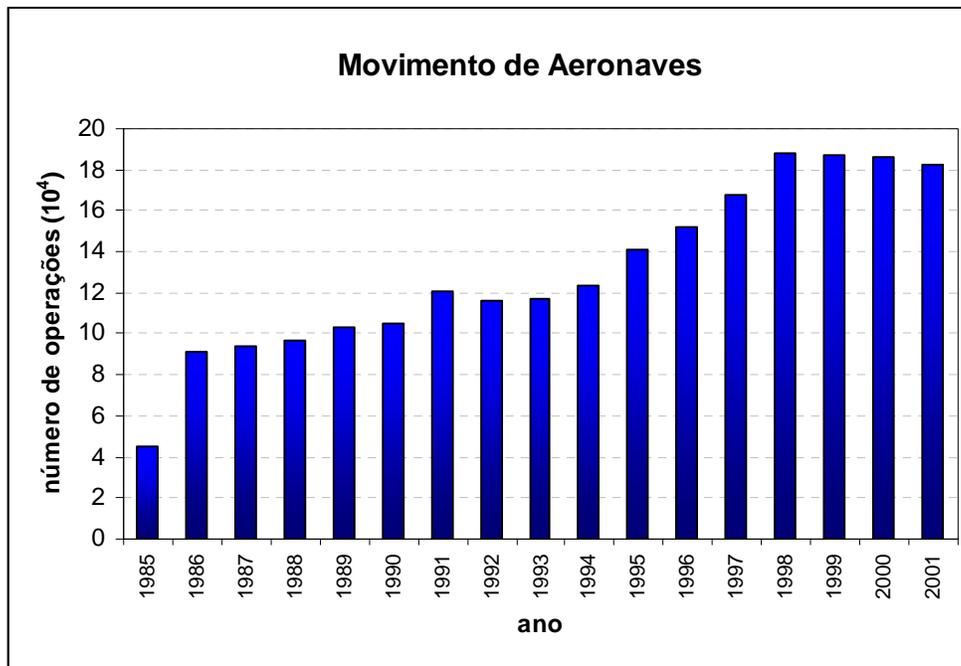
extensão e com acesso a cidade de Guarulhos através da Avenida Monteiro Lobato e das rodovias Presidente Dutra e Ayrton Senna.

Com a abertura da economia brasileira devido à influência que o Estado de São Paulo ocupa no cenário nacional, o Aeroporto Internacional de Guarulhos, construído nos anos 80, encontra-se saturado, em alguns setores da sua infra-estrutura, não oferecendo assim serviços compatíveis com as necessidades da demanda do transporte aéreo da região, ainda que considerando as ampliações efetuadas no ano de 1996.

As Figuras 4.1, e 4.2 apresentam a Evolução Histórica dos movimentos de passageiros e aeronaves.



**Figura 4.1 - Evolução Histórica do Movimento de Passageiros no Aeroporto de Guarulhos  
BIG-INFRAERO**



**Figura 4.2 - Evolução Histórica do Movimento de Aeronaves no Aeroporto de Guarulhos  
BIG-INFRAERO**

A contribuição do aeroporto para o desenvolvimento manifesta-se, pela criação de empregos, de várias dezenas a vários milhares. Principalmente cidades pequenas como Guarulhos que é hoje conhecida mundialmente graças à existência do seu aeroporto.

A comunidade aeroportuária abriga ao longo das suas 24 horas de operações, uma verdadeira cidade. O mercado de trabalho existente no aeroporto provém das 370 empresas estabelecidas que empregam mais de 30 mil profissionais. Pelos portões de entrada e saída circulam diariamente cerca de 39 mil passageiros, além dos acompanhantes e visitantes que somados representam uma população flutuante próximo de 100 mil pessoas.

Ligando o Brasil a 63 países, o Aeroporto embarca e desembarca passageiros para os cinco continentes do mundo. Atualmente 37 companhias aéreas estão utilizando o Terminal de Passageiros 1 e 2 ocupando ao todo 215 balcões de check-in e 28 portões de embarque.

A sua área comercial é formada por uma rede de 147 lojas e serviços que estão distribuídos nos três pavimentos dos terminais de passageiros, oferecendo uma variedade de facilidades e serviços aos usuários do aeroporto.

De acordo com o estudo de demanda detalhada realizado pelo IAC(M. Aer.,1998) tem-se as previsões de demanda dentro do cenário considerado média para movimentos de passageiros, aeronaves, carga(carga e correio) apresentados na tabela seguinte:

**Tabela 4.1 - Movimentos de Passageiros, Aeronaves, Carga e Correio – Previsões**

<b>Movimento Geral</b>	<b>2002</b>	<b>2007</b>	<b>2017</b>
Passageiros (embarque + desembarque)	19.802.142	27.657.861	48.835.496
Aeronaves (pousos + decolagens)	196.025	261.793	425.007
Carga e Correio-ton (carregadas + descarregadas)	496.406	650.632	1.066.565
<b>Total</b>	<b>20494573</b>	<b>28570286</b>	<b>50327068</b>

**Fonte: Demanda Detalhada dos Aeroportos Brasileiros – IAC**

É importante salientar que as previsões acima foram feitas a partir de uma série histórica com dados até 1997. Foram escolhidos os horizontes de 5, 10 e 20 anos, para cada tipo de movimento.

#### **4.3.2 Características Físicas e Operacionais**

O Aeroporto de Guarulhos (SBGR) é, de acordo com o Boletim de Informações Gerenciais (BIG) – 2000, o segundo do país em número de operações, registrando em 2001, 182.474 movimentos pouso e decolagem.

Nos dias úteis, o aeroporto recebe vôos regulares que servem às linhas aéreas domésticas e internacionais, sendo o principal portão (*gateway*) internacional entre os aeroportos brasileiros. A aviação geral é bastante inexpressiva já que esse perfil de usuário, notadamente o passageiro executivo, prefere pousar nos Aeroportos de Congonhas ou Marte, localizados na Cidade de São Paulo.

A aeronave típica que opera no SBGR é o B737-300, utilizado predominantemente nas ligações domésticas. Aeronaves de asa rotativa também operam no aeroporto, todavia não são consideradas na análise, uma vez que a interferência nas demais operações é muito pequena, devido o fato de utilizarem infra-estrutura específica.

#### 4.3.2.1 Sistema de Pistas e Pátio

Para atender o tráfego atual, o aeroporto dispõe de duas pistas paralelas com distância de 375m de espaçamento entre eixos, o que não permite operações simultâneas. A pista 09L/27R, de dimensões de 3700m x 45m, é a predominantemente utilizada para as decolagens, ao passo que a 09R/27L (3000m x 45m) é mais utilizada para pouso. Possui *stopway* 60m x 45m nas duas cabeceiras de ambas as pistas, *clearway* de 300m x 150m na cabeceira 27L e as cabeceiras 09 decaladas em cerca 550m.

Embora o comprimento das pistas seja suficiente para a maioria das operações, algumas aeronaves que cumprem longas etapas podem ser penalizadas quanto à carga paga nos dias mais quentes, devido à elevação do aeroporto, que está a 750m do nível do mar. As coordenadas do ARP (Airport Reference Point) são 23° 26'08" de latitude Sul e 046° 28' 23" de longitude oeste. A temperatura de referência é de 28,0°C.

Diariamente, cerca de 65% das operações ocorrem nas cabeceiras 09, ilustrada na Figura 4.4, podendo esse índice sofrer pequenas alterações ao longo do ano em função de variações sazonais nos horários de mudança na direção dos ventos. De acordo com dados do Anuário Estatístico do DECEA – 2001, referentes às condições de operação do aeródromo em função da meteorologia, o aeroporto tem apresentado em média, 75% das operações em condições VMC e 25% em IMC.

A pista 09R/27L, a mais utilizada para pouso, possui quatro saídas, que dão apoio à operação pela cabeceira 09, sendo duas rápidas, a 30°, e duas lentas de 90° (vide Figura 4.4). Quanto à operação pela cabeceira 27m, as aeronaves se restringem a utilizar apenas duas saídas lentas. A seguir é detalhada a localização das saídas:

Pista 09L/27R com 5 saídas:

- a 300m da cabeceira 09L (a 3400 m da cabeceira 27R)
- a 1300m da cabeceira 09L (a 2300 m da cabeceira 27R)

- a 1700m da cabeceira 09L (a 2000 m da cabeceira 27R)
- a 2300m da cabeceira 09L (a 1400 m da cabeceira 27R)
- a 2410m da cabeceira 09L (a 1200 m da cabeceira 27R)
- a 3500m da cabeceira 09L (a 200m da cabeceira 27R)
- a 3700m da cabeceira 09L (cabeceira 27R)

Pista 09R/27L com 4 saídas:

- a 500m da cabeceira 09R (a 2500 m da cabeceira 27L)
- a 1800m da cabeceira 09R (1200 m da cabeceira 27L)
- a 2400m da cabeceira 09R (a 600 m da cabeceira 27L)
- a 3000m da cabeceira 09R (cabeceira 27L)

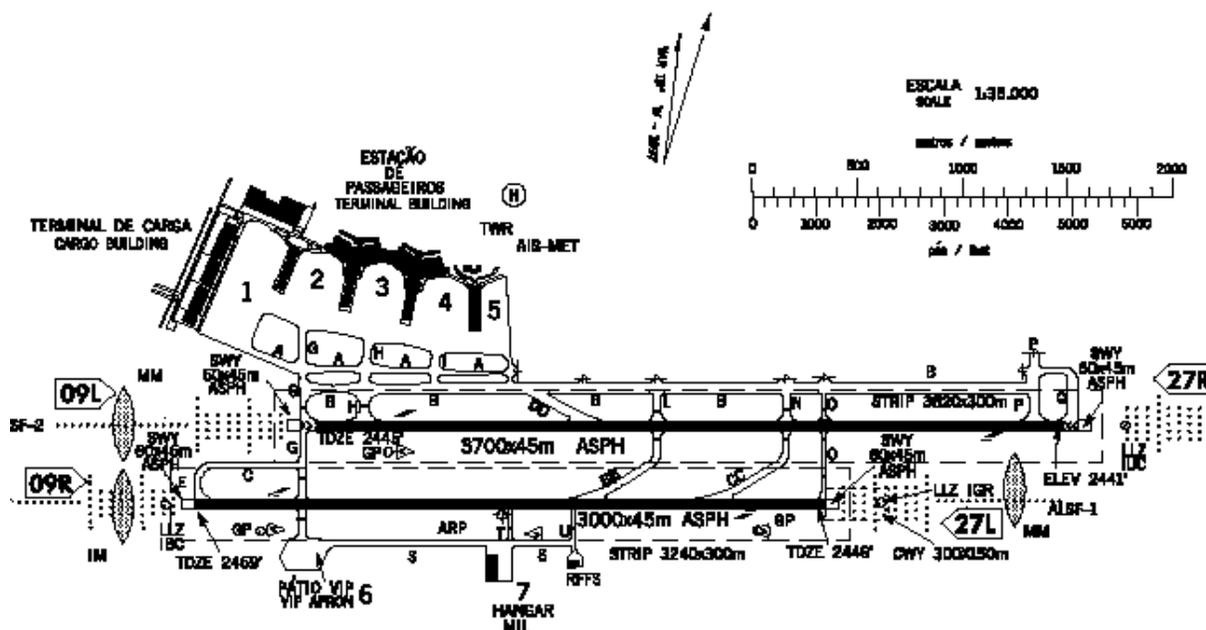


Figura 4.3 - Sistema de Pistas e Pátios do Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos

Conforme o relatório produzido pela Mitre a capacidade da pista, de acordo com as condições operacionais atuais está especificadas na tabela seguinte:

**Tabela 4.2 - Capacidade Horária de Pista do Aeroporto de Guarulhos**

<b>Condição do Aeroporto</b>	<b>Somente Pousos</b>	<b>Somente Decolagens</b>	<b>50% pousos e 50% decolagens</b>	<b>Capacidade máxima</b>
VMC/IMC	23	44	46	49
CAT II	16	28	25	28
Total	39	72	71	77

**Fonte:**

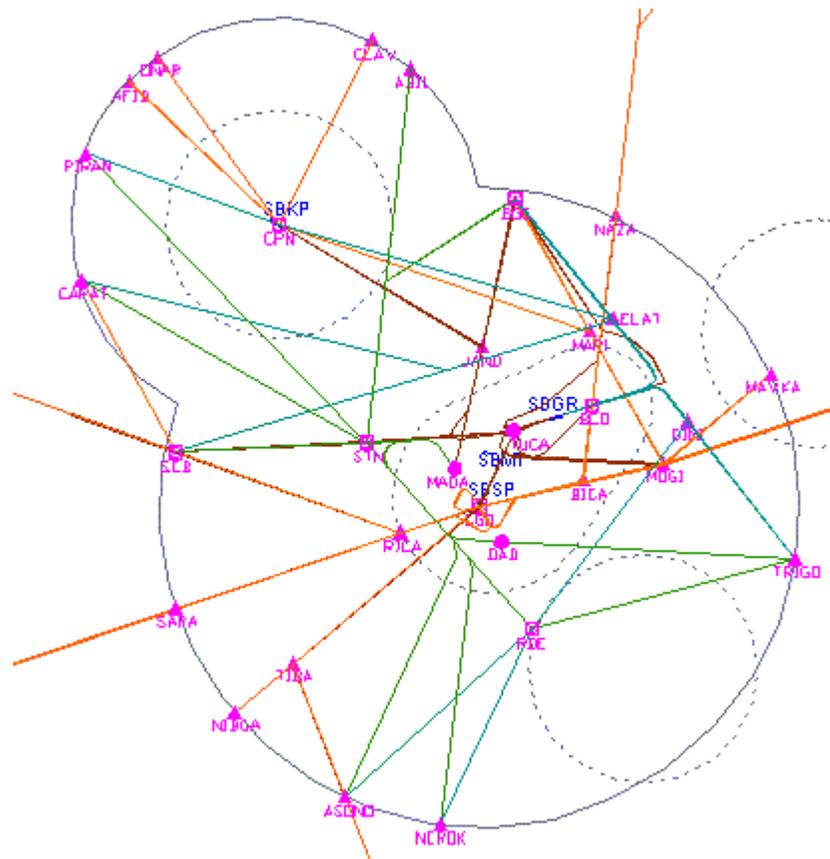
Cabe ressaltar que a tabela anterior considera a atual configuração do sistema de pistas, ilustrada na Figura 4.3.

De acordo com um parecer técnico desenvolvido pelo IAC (COMAER, 2000) a capacidade horária do sistema de pistas considerando a implantação da terceira pista, que está prevista no plano diretor do aeroporto, aprovado em 27 de maio de 1983, poderá chegar a 86 operações por hora em condições IMC.

No pátio existem 52 posições de parada para as aeronaves da aviação regular, sendo divididas entre posições em gate (pontes de embarque), remotas e exclusivas de aeronaves cargueiras. Algumas posições para aeronaves maiores podem acomodar, opcionalmente, duas aeronaves menores.

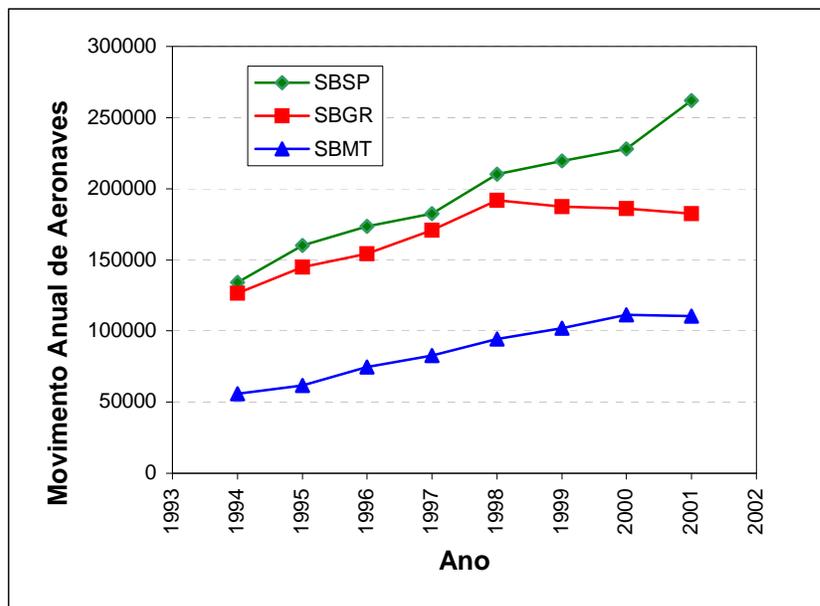
#### **4.3.2.2 Espaço Aéreo Terminal**

O Aeroporto de Guarulhos encontra-se dentro da Área de Controle Terminal de São Paulo (TMA-SP), região definida pela união de dois cilindros imaginários, sendo um com centro no Aeroporto de Congonhas e 40Nm de raio e o outro com centro no Aeroporto de Campinas – Viracopos, com 30Nm de raio. Essa região abrange desde a superfície do solo até o nível de vôo 195 (19500 pés acima do nível do mar). No Centro de Controle de Aproximação de São Paulo (APP-SP), segundo a Figura 4.4, localizado no Aeroporto de Congonhas, é feito o controle de todas as aeronaves que trafegam nessa região.



**Figura 4.4 - Esboço da Área de Controle Terminal de São Paulo com Seus Principais Fixos e Aeródromos**  
**(Fonte: carta ARC)**

Na TMA-SP, os Aeroportos de Congonhas - SBSP, Guarulhos - SBGR, Campinas - SBKP e o Campo de Marte - SBMT, este último apenas com a aviação geral, são os mais movimentados, conforme as Figuras 4.5 e 4.6. Outros aeródromos, como Santos, Sorocaba, Bragança Paulista e Jundiaí, menores e com menos infra-estrutura, têm sido estudados como alternativa aos maiores, principalmente Congonhas e Guarulhos, em virtude destes já apresentarem sinais de saturação em um ou mais de seus componentes.



**Figura 4.5 - Evolução do Movimento de Aeronaves nos Três Aeroportos Mais Movimentados da Área de Controle Terminal de São Paulo**

Os procedimentos de vôo, tanto visual como por instrumentos, são estabelecidos pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo - DECEA. Para entrar ou sair da área terminal, bem como se deslocar no seu interior, as aeronaves que operam por instrumentos devem sobrevoar pontos pré-estabelecidos, denominados fixos, onde se encontram rádio-auxílios à navegação. Os vôos procedentes da ponte aérea Rio - São Paulo, por exemplo, entram na TMA-SP pelo fixo Trigo, e saem por Mavka. Já as aeronaves que seguem o procedimento visual, efetuam a aproximação final obedecendo ao circuito de tráfego definido para cada aeroporto.

#### 4.4 ESTUDO DE CASO: SIMULAÇÃO

A simulação para analisar o impacto da implantação do sistema CNS/ATM na capacidade da área de movimento no Aeroporto de Guarulhos é realizado seguindo as etapas abaixo:

- a) Cenário 1: Configuração física atual
- b) Cenário 2: Configuração física atual com CNS/ATM
- c) Cenário 3: Configuração física atual com acréscimo de demanda para 2010
- d) Cenário 4: Configuração física atual com acréscimo de demanda e CNS/ATM

e) Cenário 5: Nova configuração física com acréscimo de demanda e CNS/ATM

O software utilizado para a construção dos modelos é o Simmod Plus 5.0, simulador de aeroportos e espaço aéreo desenvolvido pela FAA. O Modelo foi construído por Santana (2000).

No presente trabalho a execução da simulação é realizada em uma máquina com processador Pentium II - de 400MHz.

Esta ferramenta foi selecionada para o presente estudo por ser largamente difundida entre as empresas que desenvolvem análises de sistemas aeroportuários, bem como em centros acadêmicos e de pesquisas. Como exemplo, cabe mencionar que a Transolutions, empresa norte-americana, já realizou estudos para 44 aeroportos dos Estados Unidos e 24 de outros países aplicando o SIMMOD (Transolutions, 2000). Nos Estados Unidos a maioria dos estudos tem sido feita a pedido da FAA. Na Europa, algumas autoridades aeroportuárias, como a AENA, da Espanha, têm implementado modelos de simulação para avaliação do impacto de acréscimo de novas pistas, pátios e pistas de táxi nos Aeroportos de Madrid e Barcelona (ICAO, 2000).

O Simmod permite construir um modelo de simulação discreto e estocástico, que converte diferentes parâmetros do sistema aeroportuário e espaço aéreo, tais como, programação de vôos, desempenho das aeronaves e regras de controle de tráfego, em resultados que caracterizam esses sistemas, em termos de atrasos, ocupação de pátio, filas de aeronaves nas cabeceiras para a decolagem.

A construção do modelo pressupõe a existência de um conjunto de dados e informações de diferentes categorias, além da adoção de hipóteses, já que qualquer modelo é sempre uma representação simplificada da realidade (Kleijnen, 1995).

Esses dados terão que preencher os requisitos para a modelagem dos 5 cenários a serem analisados.

#### **4.4.1 Coleta de Dados e Informações**

Os dados e informações necessários à construção e alimentação do modelo foram obtidos mediante visitas ao aeroporto (Torre de Controle - TWR e Centro de Operações Aeroportuárias - COA), ao APP-SP e consultas a publicações do Departamento de Aviação Civil – DAC, DECEA, e IAC. Os dados podem ser agrupados em cinco categorias, relacionadas a seguir:

- 1) Configuração do espaço aéreo
- 2) Procedimentos de controle de tráfego aéreo
- 3) Configuração do aeródromo
- 4) Procedimentos de operação no solo
- 5) Caracterização da demanda

Todos os dados coletados passaram por uma análise qualitativa prévia, buscando detectar eventuais erros inerentes ao sistema de coleta/transferência. Posteriormente, alguns deles sofreram tratamento estatístico para serem inseridos no modelo como dados de entrada.

##### **4.4.1.1 Configuração do Espaço Aéreo**

Para a configuração do espaço aéreo, utilizou-se a Carta de Planejamento de Vôo e de Rotas Oceânicas (ARC RJ-SP, H6-L6) e o Aeronautical Information Publication – AIP, elaborados pela DECEA.

A partir das cartas de descida por instrumento (IAC - Instrument Approach Chart) estabeleceu-se o procedimento a ser adotado para efeito de modelagem.

##### **4.4.1.2 Procedimentos de Controle de Tráfego Aéreo**

A partir dos manuais de Regras do Ar e Serviços de Tráfego Aéreo (IMA 100-12), foram obtidos os valores de separação mínima entre os procedimentos de pouso e decolagem no aeródromo.

#### **4.4.1.3 Configuração do Aeródromo**

Em relação ao aeródromo, são necessárias informações relativas à localização e dimensões do sistema de pistas de pouso/decolagem, de táxi e das posições de estacionamento de aeronaves, tanto no pátio como nas ilhas.

Esses dados foram extraídos das plantas digitalizadas com Pintura Atual do Pátio de Aeronaves, fornecida pela INFRAERO.

Aspectos relacionados a posições de estacionamento das aeronaves foram obtidos em maiores detalhes durante visitas ao aeroporto, por meio de observação direta e entrevista com os controladores. Na carta de aeródromo do AIP essas posições estão acompanhadas das respectivas coordenadas geográficas.

#### **4.4.1.4 Procedimentos de Operação no Solo**

Os procedimentos considerados na modelagem do aeródromo dizem respeito ao pouso e decolagem, taxiamento das aeronaves, manobras no pátio, alocação de posições de estacionamento e filas de espera para a decolagem.

Esses procedimentos puderam ser mais bem caracterizados por meio de observações da operação aeroportuária realizadas no local e entrevistas com o pessoal de operações da INFRAERO.

Além disso, foram realizados levantamentos de campo para ajustar a distribuição do tempo de *push-back*.

#### **4.4.1.5 Caracterização da Demanda**

Em função do tipo de análise a ser realizada, é importante que os dados de entrada sejam representativos da operação aeroportuária num dia de grande atividade. Desse modo, foram obtidas com a INFRAERO informações relativas ao mês de fevereiro de 2002.

Para o estudo em questão, a demanda deve ser caracterizada em termos de horários de chegada e de partida dos vôos, tipo de operação (regular/não-regular), equipamento e empresa. A INFRAERO forneceu os dados em meio digital, que atualmente são armazenados no sistema SGTC, em substituição às antigas fichas amarelas (IEPV 100-01).

#### **4.4.2 Descrição dos Cenários**

A seguir são descritos os 5 cenários estudados, colocando-se em evidência os dados necessários para a construção do modelo cada um deles. Para simplificar, são enumerados os dados envolvidos no primeiro cenário e, a partir daí, colocados os dados adicionais exigidos pelos demais cenários.

##### **4.4.2.1 Cenário 1**

O primeiro cenário contempla a situação atual do sistema estudado. Isso presume que a configuração física do aeroporto e espaço aéreo terminal, as regras de operação tanto no ar como no solo (controle de tráfego aéreo e controle de solo) e a demanda (tipo de tráfego e programação de vôo) estão de acordo com o que se verifica até então. As 5 categorias de dados apresentadas e descritas no tópico 4.3.1. são necessárias nesse, assim como nos demais cenários. Como os dados envolvidos no Cenário 1 estarão também nos seguintes, os dados indicados nos próximos itens serão apenas os aqueles adicionais necessários para a modelagem dos Cenários 2, 3, 4 e 5. Entretanto, neste item e nos seguintes, nenhum dado será quantificado. Isto será feito no tópico 4.3.3., relativo à construção do modelo.

O Cenário 1 é importante para que seja feita a validação do primeiro modelo, e, por conseguinte, a validação da metodologia geral do trabalho. Uma vez validado este modelo, é possível assumir os resultados trazidos pelos modelos seguintes como válidos, uma vez que são meras extensões do primeiro. Os resultados do Cenário 1 permitem fazer um diagnóstico mais detalhado da situação atual, e servir de base para a análise comparativa feita com os demais cenários.

#### 4.4.2.2 Cenário 2

As informações adicionais para este Cenário são as regras de operação oriundas do CNS/ATM. Para isto, a separação entre as aeronaves na aproximação final para pouso é reduzida de 5Nm para 2,5Nm. Nos mesmos valores é reduzida também a distância a partir da qual a aeronave em aproximação final bloqueia a pista para decolagem. É importante destacar que tais parâmetros constituem, em realidade, uma simplificação do conjunto de mudanças que poderão ser implantadas com o CNS/ATM. Isso porque, mesmo as autoridades que são responsáveis pelos estudos e implantação gradativa do novo sistema ainda não definiram muitos dos parâmetros, entre eles as novas separações mínimas entre aeronaves no espaço aéreo terminal. Sabe-se que, graças ao aumento da precisão dos sistemas de monitoramento, bem como a redução da probabilidade de falhas de comunicação, o que implica em **ganho de segurança**, as separações serão reduzidas, porém não se tem nada quantificado.

O propósito deste Cenário é detectar que efeitos a simples introdução do CNS/ATM teria nos resultados operacionais do aeroporto nas condições de demanda e configuração física atual. Nem mesmo as regras de circulação de aeronaves no solo são alteradas.

#### 4.4.2.3 Cenário 3

O objetivo deste cenário é avaliar as conseqüências de manter a configuração física e operacional atual, ou seja, sem qualquer investimento em infra-estrutura e novas tecnologias até o ano de 2010, considerando o aumento de demanda previsto. O ano de 2010 é, de acordo com as nações envolvidas no processo, a previsão para a implantação final do sistema CNS/ATM. Esse ano é aquele em que todos os países envolvidos cumprirão com os critérios tecnológicos necessários para manter o sistema de forma global (abrangência mundial). Assim, esse horizonte é considerado não apenas neste, mas também nos Cenários 4 e 5.

Este Cenário utiliza os dados do Cenário 1, com a alteração dos valores de demanda. Neste caso, aplica-se, sobre o movimento atual, um acréscimo de cerca de 70%, representando a demanda estimada para 2010. Tal crescimento decorrente das taxas naturais de evolução da demanda segue

a previsão feita pelo estudo do IAC (COMAER, 1998). É evidente que pode haver desvios nessa tendência, principalmente em função de incertezas na economia local e mundial, e aí cabe salientar que o Aeroporto de Guarulhos é um expoente não só no tráfego doméstico, mas também no internacional. Fatos como os atentados terroristas de 11 de setembro e a crise Argentina, por exemplo, não puderam ser contemplados no modelo econométrico que gerou a previsão para 2010.

#### **4.4.2.4 Cenário 4**

O Cenário 4 reúne os aspectos adicionais dos Cenários 2 e 3. Desse modo, os dados necessários são a união dos dados já discutidos nos dois Cenários anteriores.

A idéia desse Cenário é mostrar os resultados que o CNS/ATM traria para 2010, caso já esteja totalmente implantado. Neste Cenário não há ainda modificações na infra-estrutura da área de movimento, de modo que, ao se comparar os seus resultados com o Cenário 3, pode-se aferir a contribuição do CNS/ATM isoladamente para as operações nessas circunstâncias.

#### **4.4.2.5 Cenário 5**

No Cenário 5, procura-se investigar os efeitos da terceira pista, prevista no Plano Diretor do Aeroporto, em adição aos demais aspectos preenchidos pelo Cenário 4. Com a adição da nova pista no modelo, são necessários os seguintes dados:

- Comprimento e localização da nova pista em relação às atuais;
- Pistas de táxi adicionais para fazer a ligação da nova pista com os atuais pátios de estacionamento de aeronaves; e
- Divisão de tráfego, definindo que aeronaves podem operar nesta pista.

A partir da definição de quais aeronaves podem operar na terceira pista, o modelo distribui os vôos entre a nova pista e as atuais, com base na solicitação – quantidade momentânea de tráfegos

- de cada pista. Isso reflete o comportamento do controle ao tentar otimizar o aproveitamento da capacidade do sistema de pistas existente.

### **4.4.3 Construção do Modelo**

Para a execução da simulação e análise com o Simmod, existem três ferramentas básicas: Network Builder, Animator e Reporter. A construção do modelo é feita no Network Builder.

O primeiro passo é introduzir uma imagem do aeroporto georeferenciada e em escala no Network Builder. Essa imagem serviu como pano de fundo para a construção dos nós e links que definem os componentes do aeroporto (pistas de pouso/decolagem, de táxi e gates).

#### **4.4.3.1. Pista de Pouso/Decolagem e Táxi**

Considerou-se, por hipótese do modelo, que as operações ocorrem apenas nas cabeceiras 09. Isso decorre do fato de que esta cabeceira é a predominantemente utilizada. As operações são segregadas, de modo que os pousos são realizados na 09R, ao passo que as decolagens na 09L. No que tange às pistas de táxi, adotou-se a velocidade média constante de 15 knots, padrão adotado e recomendado pela FAA ao aplicar o Simmod.

Adicionalmente, foi definida uma posição de parada para as aeronaves que aguardam a autorização de decolagem junto à cabeceira 09L. Esta fila (*Departure Queue*) está situada no último nó antes da cabeceira 09L.

A Figura 4.6 apresenta uma imagem com o atual sistema de pátio e pistas e alguns projetos de ampliação desses componentes.



**Figura 4.6 - Aeroporto de Guarulhos – Futuras Ampliações**

**Fonte: INFRAERO – Engenharia**

Em relação ao cenário em que consta a terceira pista, foram utilizadas as informações constantes no parecer número 407/DPT-4/99 elaborado pelo IAC (COMAER, 2000). Basicamente, tem-se uma nova pista que está a 1.462m do eixo da pista 09L/27R, com 1800m de comprimento por 45m de largura. Um dos fatores determinantes desse comprimento é a área patrimonial disponível. Nesta pista, serão realizadas operações de pouso e decolagem. Todavia, conforme o parecer a maior aeronave a utilizar essa pista será o B767. Isso decorre do comprimento de pista associado à altitude, temperatura de referência, obstáculos nas áreas de aproximação e transição e da etapa a ser cumprida pela aeronave.

#### 4.4.3.2 Posições de Estacionamento de Aeronaves/Gates

Os gates foram definidos a partir de nós existentes com atributos diferenciados de acordo com a posição no pátio (Fig. 4.7). Nos Quadros a seguir, tem-se a empresa preferencial em cada posição de parada, bem como a maior aeronave que pode ocupar essa posição.

**Quadro 4.1 - Posição de Parada no Pátio 1 – Impar (Remotas)**

Posição de parada	Empresa Preferencial	Maior Aeronave s/ Bloquear outra Posição	Observações
F01	-	747	
F03	Vasp	747	
F05	Vasp	747	
F07	Transbrasil	747	
F09	Transbrasil	747	
F11	Varig	747	
F13	Varig	747	
F15	Varig	747	

**Quadro 4.2 - Posição de Parada no Pátio 1 – Par (Remotas)**

Posição de parada	Empresa Preferencial	Maior Aeronave s/ Bloquear outra Posição	Observações
F00	-	DC10	
F02	-	747	
F04	-	767	747/A340/A330 Bloqueia a posição F06
F06	-	767	
F08	-	767	
F10	-	767	
F12	-	747	
F14	-	747	

**Quadro 4.3 - Posição de Parada no Pátio 2 – Impar (Remotas)**

Posição de parada	Empresa Preferencial	Maior Aeronave s/ Bloquear outra Posição	Observações
G01	-	747	
G03	-	767	747/A340/A330 Bloqueia a posição G05
G05	-	767	
G07	-	767	
G09	-	767	

**Quadro 4.4 - Posição de Parada no Pátio 2 – Par (Asa A) Terminal 1- Internacional**

Posição de parada	Empresa Preferencial	Maior Aeronave s/ Bloquear outra Posição	Observações
G00	Air France (AFR), Aeroflot (AFL), Aeroméxico (AMX),	DC10	
G02	Aerolíneas Arg. (ARG), Avianca (AVA), Alitalia (AZA),	747	
G04	British Airways (BAW), Ibéria (IBE), Copa Airlines (CMP),	767	747/A340/A330 Bloqueia a posição G06
G06	Japan Airlines (JAL), Lloyd Aér. Boliv. (LLB), Air Portugal (TAP),	767	
G08	United Airlines (UAL), Continental (COA),	767	
G10	Transbrasil Inter (TBA), Vasp/Equatoriana Inter (VSP)	767	

**Quadro 4.5 - Posição de Parada no Pátio 3 – Impar (Asa B) Terminal 1 - Doméstico**

Posição de parada	Empresa Preferencial	Maior Aeronave s/ Bloquear outra Posição	Observações
H01	Transbrasil (TBA),	747	
H03	Vasp (VSP), BRA -Transp.Aér. (BRB),	767	747/A340/A330 Bloqueia a posição H05
H05	Via Brasil (VRB),	767	
H07	Inter Brasil Star (ITB)	767	
H09		767	

**Quadro 4.6 - Posição de Parada no Pátio 3 – Par (Asa C) Terminal 2 - Doméstico**

Posição de parada	Empresa Preferencial	Maior Aeronave s/ Bloquear outra Posição	Observações
H00	Varig (VRG),	DC10	
H02	Rio Sul (RSL)	747	
H04	TAM, Brasil Central (BLC),	767	747/A340/A330 Bloqueia a posição H06
H06	Fly (FLB)	767	
H08		767	
H10		767	

**Quadro 4.7 - Posição de Parada no Pátio 4 – Ímpar (Asa D) Terminal 2 – Internacional**

Posição de parada	Empresa Preferencial	Maior Aeronave s/ Bloquear outra Posição	Observações
I01	American Airlines (AAL), Canadian (CDN),	747	
I03	Cubana (CUB), Lufthansa (DLH),	767	747/A340/A330 Bloqueia a posição I05
I05	Korean (KLM), Lan Chile (LAN),	767	
I07	South African (SAA), Swissair (SWR),	767	
I09	Transamerican Airline (TAI), TAM/LAPSA/Brasil Central Internacional (TAM/BLC), Delta (DAL), Pluna (PUA), Scandinavian Air (SAS)	767	

**Quadro 4.8 - Posição de Parada no Pátio 4 – Par (Remotas)**

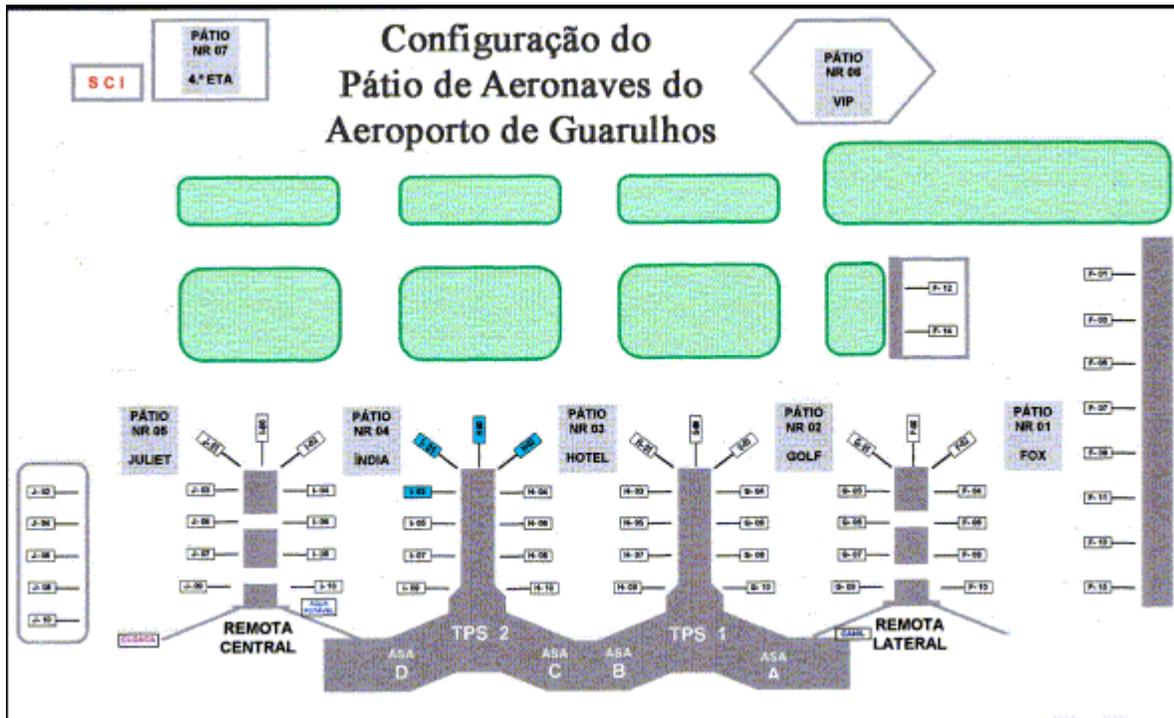
Posição de parada	Empresa Preferencial	Maior Aeronave s/ Bloquear outra Posição	Observações
I00	-	DC10	
I02	-	767	747/A340/A330 Bloqueia a posição I04
I04 I04A I04B	-	767/ 737	1 aeron. 767 ou 737
I06 I06A	-	767/ 737	1 aeron. 767 ou 737
I08 I08A		767/ 737	1 aeron. 767 ou 737
I10		767	1 aeron. 767 ou 737

**Obs: Cabem 4 767 ou 5 737 nos gates pares de I02 a I10.**

**Quadro 4.9 - Posição de Parada no Pátio 5 – Impar (Remotas)**

Posição de parada	Empresa Preferencial	Maior Aeronave s/ Bloquear outra Posição	Observações
J01	-	747	
J03 J03A	-	767/737	747/A340/A330 Bloqueia a posição I04.
J05 J05A	-	767/ 737	
J07 J07A	-	767/ 737	
J09		767/ 737	

**Obs: Cabem 4 B767 ou 5 B737 nas posições ímpares de J03 a J09.**



**Figura 4.7 - Representação Esquemática dos Pátios do Aeroporto de Guarulhos**

Fonte: INFRAERO – Guarulhos

As coordenadas geográficas de todas as posições de estacionamento de aeronaves estão no AIP e foram utilizadas para situar esses pontos no modelo.

#### 4.4.3.3 Procedimentos no Solo – Grupos de Aeronaves

Baseado na performance de seus motores e/ou peso de decolagem, foram classificados os tipos de aeronaves que operam no aeroporto SBGR de acordo com o Quadro 4.10.

**Quadro 4.10 - Grupos de Aeronaves para Efeito de Procedimentos no Solo**

<b>Grupo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Principais Equipamentos</b>
SMALL	Aeronaves que servem regionais	E145, ATR42, E120
LARGE	Aeronaves que servem ao transporte aéreo regular de passageiros com propulsão a jato, narrow body.	F100, B737-500 B737-300, A319
HEAVY	Aeronaves utilizadas predominantemente nas rotas internacionais, widebody	B767, MD11, B747

A partir da definição dos grupos, utilizando-se as medições em campo, os manuais das aeronaves, os dados de movimentação de aeródromo, foram estabelecidas as distribuições de probabilidade para os seguintes atributos: distância de rolamento no pouso, distância de rolamento de decolagem, tempo de push-back, tempo de serviço de embarque e desembarque. Essas distribuições foram inseridas no modelo.

#### **4.4.3.4 Modelagem do Espaço Aéreo**

O escopo do presente trabalho limita-se à análise do que ocorre no solo. Assim, em termos de espaço aéreo, são representados apenas os fixos mais próximos das cabeceiras 09 e 27, que são Tuca e Bonsucesso, respectivamente. O que ocorre além desses fixos, seja na chegada, seja na partida do voo, não é contemplado pelo modelo.

Para efeito de desempenho das aeronaves, o modelo permite que cada grupo (Heavy, Large e Small), detenha uma velocidade específica, definida como velocidade nominal para aquele tipo de equipamento. Assim, na aproximação final, as aeronaves Heavy mantêm em média 135kt, Large 120kt e Small 110kt. Cada uma dessas tem um valor máximo e mínimo, dentro do qual pode variar.

Na chegada, será considerado o procedimento de descida mais utilizado para pouso no aeroporto, o “Charlie 10”, cuja carta está apresentada na Figura 4.8. De acordo com o previsto, todos os

vãos passam pelo marcador externo em Tuca, a partir do qual seguem a descida orientada pelo ILS. Esse marcador encontra-se a 5Nm da cabeceira.

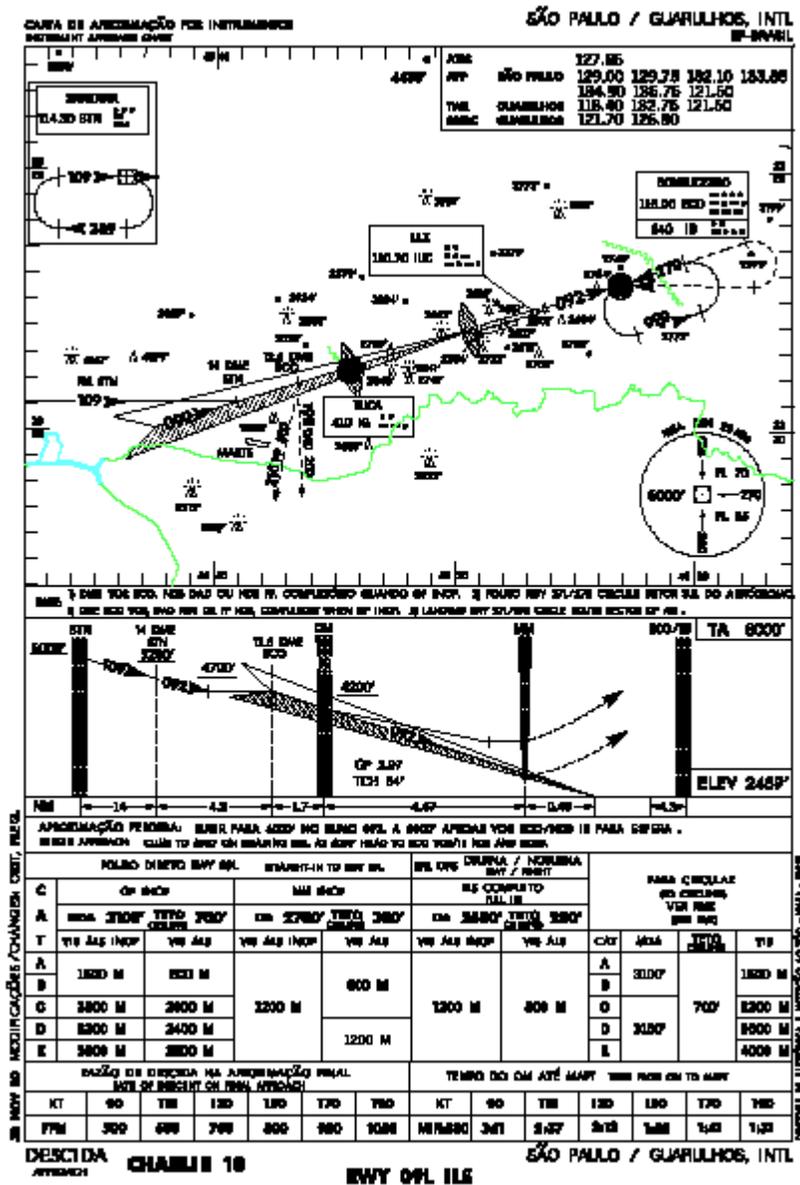


Figura 4.8 - Carta de Aproximação de Guarulhos – Descida Charlie 10

Fonte: AIP

Na partida, os vôos cumprem o procedimento baseado no fixo Bonsucesso, a partir do qual se distribuem as rotas de saída da área terminal de São Paulo.

Com a implantação da terceira pista, será necessário definir os correspondentes procedimentos de pouso e decolagem. Como não existe, até o presente momento, qualquer procedimento contemplando a nova pista, assumiu-se, para fins de modelagem, que existirá também a 5Nm da nova cabeceira 09, um marcador externo, semelhante ao TUCA. No modelo esse novo fixo está representado por FINALNEW. Da mesma forma, definiu-se um novo fixo, o FINALNEWOP, sobre o qual as aeronaves passarão após a decolagem.

#### **4.4.3.5 Procedimentos de Controle de Tráfego**

No âmbito do escopo abrangido pela modelagem, o controle de tráfego se restringe ao que é feito pela Torre de Controle de Guarulhos, uma vez que os tráfegos são recebidos do Controle São Paulo (APP-SP) antes de a aeronave passar pelo marcador externo (TUCA).

As separações mínimas entre as aeronaves, que foram estabelecidas de acordo com o que está previsto na IMA 100-12. Assim, ao passar pelo marcador externo para pouso na pista 09R, a aeronave bloqueia essa pista para qualquer procedimento de decolagem. No que se refere a duas aeronaves em seqüência para pouso mantém-se uma separação de 5Nm, a qual já garantida pelo APP, antes do controle ser transferido para a torre. Entre duas decolagens mantém-se uma separação que permita a primeira aeronave ter cruzado a cabeceira 27R para que a decolagem seguinte seja autorizada. O principal fator que interfere nessa separação.

As considerações anteriores são válidas para o cenário atual. No cenário futuro, com a adoção do CNS/ATM, entende-se que, pelo aumento da precisão e confiabilidade dos equipamentos de auxílio à navegação haverá um aumento substancial da segurança nas operações. Na prática, para efeito de modelagem, será implementada uma redução na separação entre aeronaves na área terminal para 2,5Nm. Essa mesma separação será mantida na aproximação final. Assim uma aeronave só bloqueia a pista quando estiver 2,5Nm da cabeceira. Entre duas decolagens, continua o critério da separação atual, uma vez que isso depende dos critérios de separação mínima devido à esteira de turbulência.

Com a introdução da terceira pista de pouso/decolagem (terceiro cenário analisado), o sistema de pista passa, em conformidade com as regras preconizadas pela ICAO, a permitir operações simultâneas de pouso e decolagem. Esse principal impacto em termos de controle de tráfego aéreo.

#### 4.4.3.6 Eventos

Os eventos, para o cenário atual, são basicamente todos os vôos de chegada e partida relacionados no arquivo fornecido pelo Hotran em vigor no dia 09 de fevereiro de 2002, o mais movimentado daquele mês.

Para cada vôo, define-se:

- Horário programado de entrada na final de Guarulhos (chegada) ou de surgimento no *gate* (partida);
- Tipo de procedimento (chegada ou partida)
- Companhia aérea e número do vôo;
- Equipamento
- Aeroporto de origem e destino
- Rota pela qual a aeronave efetuará a aproximação ou saída do aeródromo
- Horário de partida no caso da aeronave estar programada para decolar novamente (*continuing departure*) e respectiva rota de saída

A seguir, tem-se um fragmento da planilha com a base de dados utilizada para efeito de alimentação do modelo.

**Quadro 4.11 - Fragmento da Planilha com os Movimentos Ocorridos na Simulação**

Identificação	Tipo	Destino	Hora	Procedência	Hora	rwyt
VLO9120	B722	SBEG	1033			09L
TAM3193	AT42			SBKP	1036	09R
BAW247	B777	SBGL	1037			09L
LAP710	F100			SGAS	1039	09R
TAM8097	F100	SBGL	1040			09L
TAM3807	A320			SBCG	1041	09R
SWR144	MD11			LSZH	1044	09R
TAM3257	AT43			SBSJ	1048	09R
VRG8721	MD11	SBPA	1051			09L
DAL105	MD11			KATL	1054	09R
VRG8640	MD11	SAEZ	1058			09L
VRG2266	B734			SBFL	1101	09R
VRG9820	MD11	SBGL	1102			09L
VRG8632	B733			SBCF	1103	09R
VRG8753	B772	SBGL	1104			09L
VRG8642	B737			SBGL	1106	09R
VRG9040	B733	SBSV	1107			09L
VSP4200	B732			SBPA	1109	09R
VRG8695	B762	SBGL	1110			09L
BRB9537	B733			SBPL	1111	09R
VBR9012	B722	SBNT	1112			09L
VRG2370	B733			SBPA	1114	09R
TAM3189	AT43			SBBU	1115	09R
VRG2167	B733			SBFI	1116	09R

De acordo com as previsões, a implementação do CNS/ATM – fase final - estará concluída em 2010. Assim, para fins deste estudo, será estimada a demanda nesse ano. Considerando os valores da Tabela 4.1, relativos às previsões feitas para 2007 e 2017, e, assumindo ainda um

comportamento linear da evolução do tráfego de aeronaves neste aeroporto, tem-se que, por interpolação linear, estariam previstos 310.757 movimentos em 2010. Esse valor corresponde a um incremento de 70,3% em relação ao movimento registrado no ano de 2001. O Simmod, por meio de um recurso que insere automaticamente novos vôos, permite retratar esse incremento de tráfego sobre a atual programação de vôos. Como não se tem elementos para prever como ocorreria este incremento de 70,3% ao longo do dia, optou-se por distribuí-lo uniformemente no decorrer das 24 horas de operação simuladas.

Em relação ao terceiro cenário simulado, parte do tráfego que atualmente utiliza as pistas existentes, será deslocado para a nova pista. Na realidade, 80% do tráfego é constituído por aeronaves até o porte do B767. A composição da frota de aeronaves em termos percentuais está no quadro a seguir.

**Quadro 4.12 - Composição da Frota no Aeroporto de Guarulhos**

<b>Aeronave</b>	<b>Participação</b>
EMB-120, ERJ-145, ATR-42	7,3
F-100	10,4
B-737 (200, 300, 700, 800)	41,4
B-727 (100, 200)	1,6
B-767 (200, 300)	20,1
B-757/200, MD-80	1,4
IL-96/62, A(300, 320, 330, 340)	4,9
MD-11, B-777	9,6
DC-10, B-707	1,2
B-747 (200, 300, 400)	2,1

(Fonte: HOTRAN fevereiro de 2002)

As aeronaves de aviação geral, asa fixa, cuja participação no tráfego é de cerca de 1%, não foram consideradas no estudo.

#### **4.4.4 Verificação e Validação**

Uma etapa de crucial importância em qualquer projeto de simulação consiste da verificação e validação do modelo. Embora não exista uma terminologia padrão associada aos dois termos em

questão (Kleijnen, 1995), as definições encontradas na literatura estão centradas nos mesmos princípios básicos.

#### **4.4.4.1 Verificação**

Na verificação a idéia é checar se o programa feito em computador (modelo computacional) comporta-se conforme o esperado. Essa é uma etapa comum a qualquer atividade de programação, na qual o programador procura por erros de lógica que levem a resultados inconsistentes com o que se esperaria obter do programa.

Nesse contexto, a verificação do modelo foi feita pela observação da animação e análise dos arquivos gerados pelo Simmod correspondentes a um dia de operação do aeroporto.

Na ocupação dos *gates*, avaliou-se a coerência quanto ao tipo de equipamento, empresa e operação (regular/não regular). Além disso, foram também observados os percursos das aeronaves durante o taxiamento, a fim de verificar-se se há uma utilização correta das pistas de táxi.

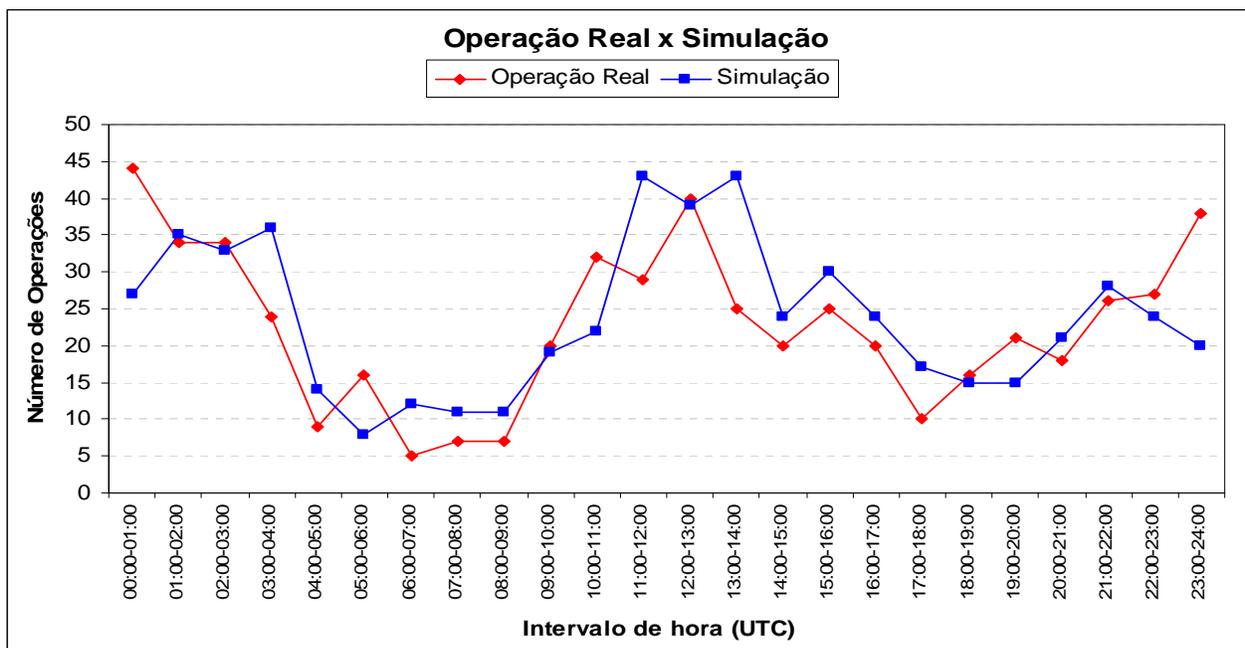
No que se refere aos procedimentos no espaço aéreo, a atenção voltou-se para a adoção da separação mínima entre as aeronaves, assim como para a ocorrência de espera em nós onde não poderia haver esse procedimento, como, por exemplo, no nó de aproximação final ou qualquer outro situado numa rota de saída.

#### **4.4.4.2 Validação**

A validação objetiva determinar se o modelo de simulação conceitual retrata com acurácia o sistema estudado. Não se almeja alcançar uma representação perfeita da realidade, já que o modelo perfeito seria o próprio sistema real (por definição, qualquer modelo é uma representação simplificada da realidade). O que se coloca em questão é a credibilidade dos resultados por ele gerado numa situação de aplicação prático.

A metodologia utilizada baseia-se na comparação dos resultados gerados pelo modelo com o que efetivamente ocorre no aeroporto. Isso exige conhecer o referido sistema e obter dados reais das operações, o que é feito mediante consultas às fichas de movimento diário e de visitas técnicas ao aeroporto.

Um dos parâmetros utilizados para efeito de comparação, foi o número de operações em cada intervalo de hora, ao longo de 24h. O fato de se considerar a dimensão tempo é importante, pois, para se obter conclusões mais relevantes acerca da operação desse sistema - já vislumbrando a aplicação do modelo quando pronto - faz-se necessário não apenas conhecer os valores de pico, mas também quando eles ocorrem. Para isso, foram plotados no mesmo par de eixos os pontos gerados pelo modelo e os provenientes de observações reais, sendo cada ponto definido pelo par ordenado número de entidades no componente e instante do tempo. Esses pontos foram interligados na seqüência crescente de tempo, definindo então as curvas, que foram comparadas fisicamente.

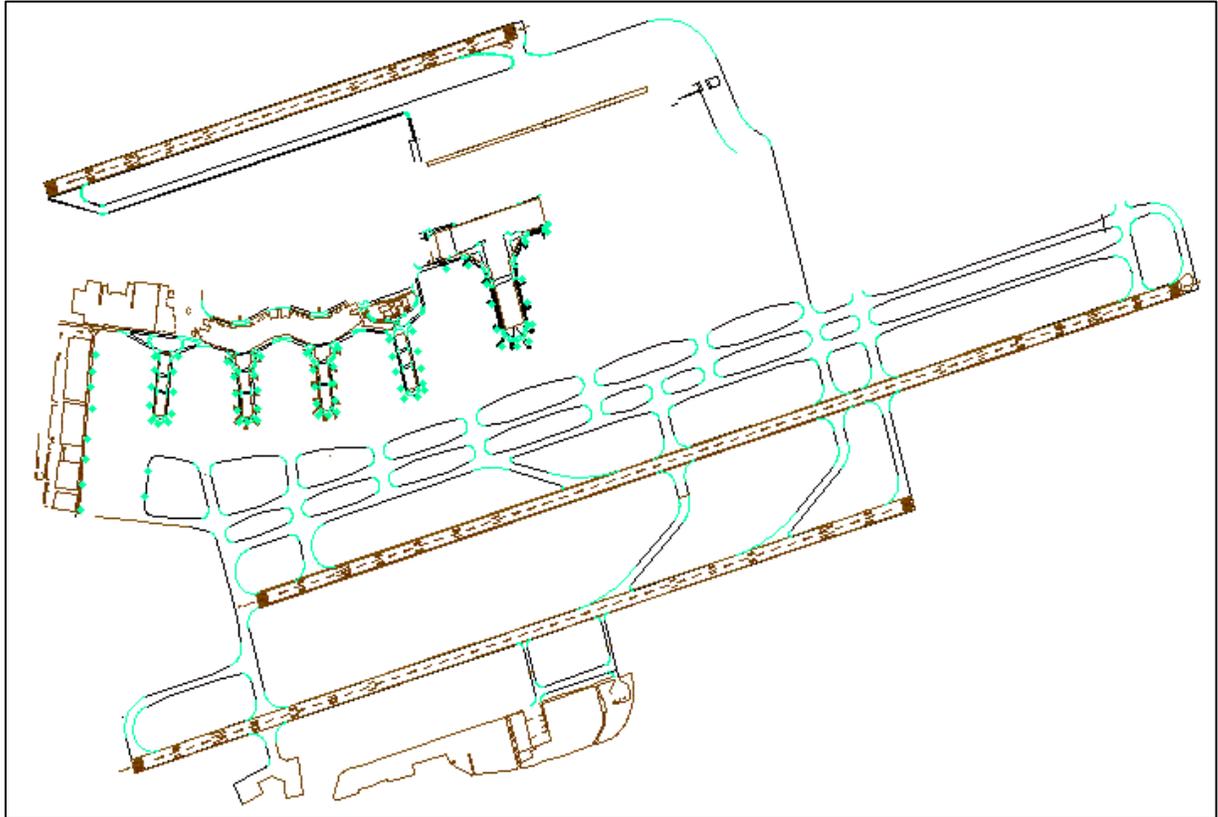


**Figura 4.9 - Comparação Entre os Resultados da Simulação e os Dados Reais da Operação Aeroportuária**

Os resultados mostram que os gráficos, apesar de não se superporem com exatidão, mostram valores de pico bem próximos, além de tendências similares em termos de crescimento e decrescimento do movimento ao longo do dia. Isso constitui um critério que valida o modelo (Feitosa, 2000). É importante ressaltar que buscar um resultado em que ocorre a superposição perfeita entre as curvas significa buscar o modelo perfeito, o que, conforme já comentado acima, não é objetivo de nenhum estudo que envolve modelagem. Além disso, alguns fatores explicam as discrepâncias existentes. Entre eles, o fato da simulação considerar os vôos programados (Hotran) ao passo que os dados reais são provenientes da Ficha 100-34 preenchida na torre de controle com as operações que efetivamente ocorreram. Vale lembrar que os vôos programados nem sempre são cumpridos, em virtude de cancelamentos, determinados pela própria empresa ou por outras razões, tais como problemas meteorológicos e mecânicos.

A comparação física entre curvas como critério de validação, ainda que traga consigo elementos de subjetividade encontra respaldo em diversas referências da literatura (Gulewicz, 1990; De Lorme, 1992; Parizi, 1995).

Outro aspecto observado durante as visitas refere-se à formação de filas no solo, principalmente no acesso à cabeceira para a decolagem e no pátio. Computou-se o número de aeronaves enfileiradas e os atrasos decorrentes desse processo. A partir daí concluiu-se que os resultados da simulação estiveram bem próximos à realidade. Na Figura 4.10, tem-se uma representação esquemática do aeroporto no Simmod.



**Figura 4.10 – Representação do Aeroporto no Simmod com a Terceira Pista**

Outro critério para a validação foi a duração dos intervalos de tempo entre os procedimentos de pouso e decolagem. Buscou-se calibrar o modelo de modo a torná-lo representativo da operação, conforme as separações praticadas pelos controladores de torre do aeródromo.

#### **4.5 RESULTADOS**

Os resultados foram obtidos para os cinco cenários analisados. Inicialmente eles serão apresentados separadamente e em seguida confrontados, de modo a se facilitar as análises comparativas efetuadas em seguida.

#### 4.5.1 Cenário 1: Configuração Física Atual

Na Figura 4.11 está o gráfico com os resultados gerados pela simulação representando um dia de operação no aeroporto. Foram realizadas 20 replicações da simulação. O gráfico traduz a média dessas reações.

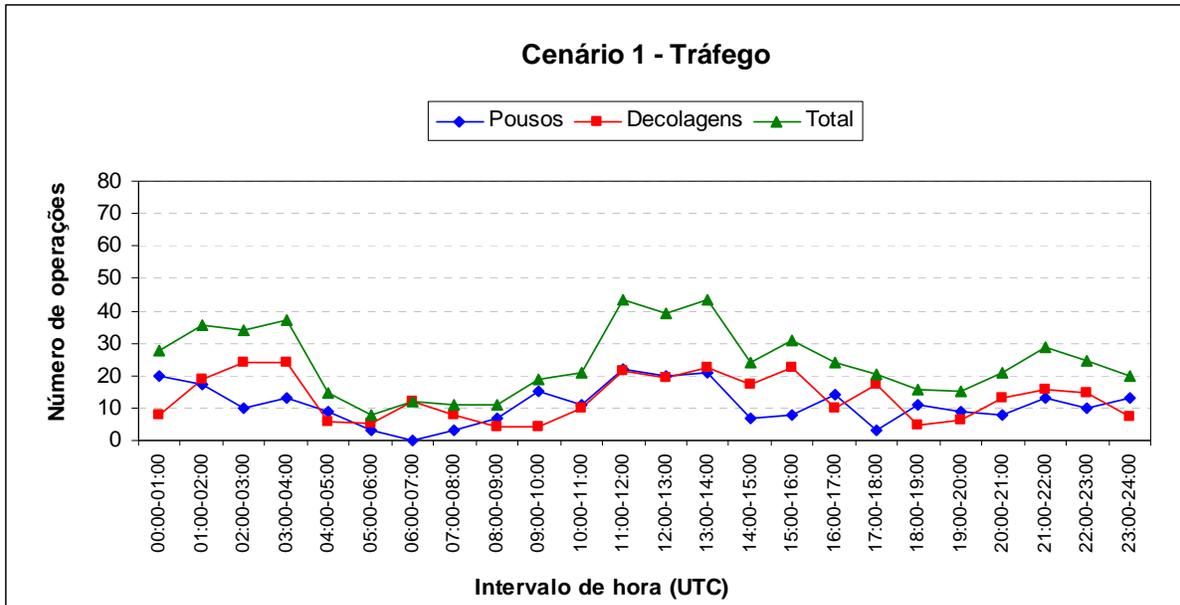
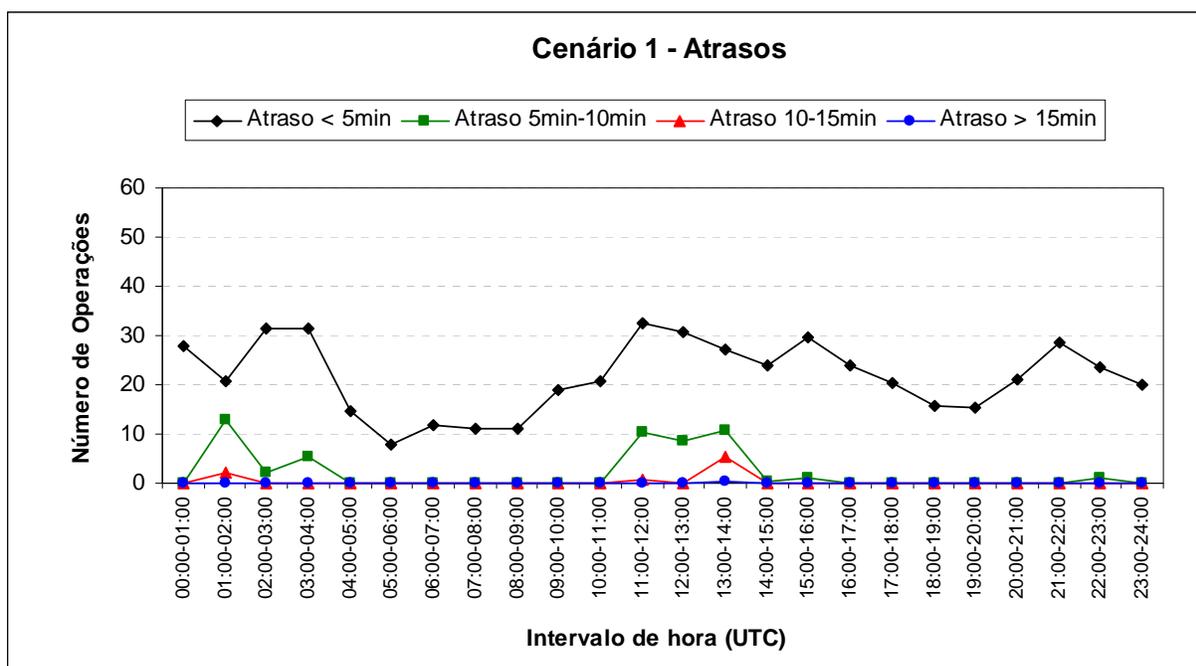


Figura 4.11 - Cenário 1 - Perfil do Tráfego Diário

Constata-se que, de fato, o gráfico espelha a programação de vôos de um dia típico do aeroporto, o qual apresenta um pico durante as primeiras horas do dia, outro à tarde e um pico menor à noite.

Um importante parâmetro utilizado para a avaliação da capacidade do aeroporto é o atraso ocorrido no solo, em decorrência da formação de filas para a decolagem. Na Figura 4.12, tem-se a distribuição horária das ocorrências de atraso, discriminadas por quatro categorias, conforme absoluto, em termos de tempo, registrado em cada ocorrência.

É importante deixar claro que, para efeito deste estudo, é computado apenas o atraso registrado durante as operações que ocorrem no âmbito do sistema modelado. Isso implica que, no procedimento de chegada, os atrasos começam a ser computados a partir da passagem da aeronave pelo marcador externo (Tuca). Logo, contempla-se apenas a aproximação final, pouso, saída da pista, taxiamento e entrada no gate. Da mesma forma, na partida, toma-se o atraso acumulado ao longo dos procedimentos de push-back, taxiamento, decolagem e subida, até a passagem pelo marcador externo (Bonsucesso). A título de exemplo, se um voo sai pontualmente de Fortaleza, acumula 10min de atraso na escala em Salvador e 5min de atraso entre a aproximação final e parada completa da aeronave no gate em Guarulhos, tem-se dois registros distintos de atraso. O atraso total do voo será de 15min, mas, dentro do sistema em estudo o atraso é de apenas 5min. É esse último valor que é apresentado nos resultados seguintes.



**Figura 4.12 - Cenário 1 - Distribuição dos Atrasos**

A grande parte dos atrasos se concentra entre 0 e 5min. Como era de se esperar, o número de atrasos reflete o movimento de aeronaves, apresentando picos no início do dia, à tarde e à noite. Considerando a capacidade horária da pista (Tabela 4.2) e os resultados apresentados na Figura 4.13 (hora pico registrando 44 movimentos), percebe-se que de fato não se justificaria grande número de atrasos com mais de 10min.

#### 4.5.2 Cenário 2: Configuração Física Atual com CNS/ATM

Os resultados gerados pela simulação mostram que a introdução do CNS/ATM, mantidas as demais condições de demanda, configuração física e operacional atuais, não acarretaria grande impacto no sistema. A distribuição do tráfego, conforme a Figura 4.13, praticamente não sofreu alterações perceptíveis.

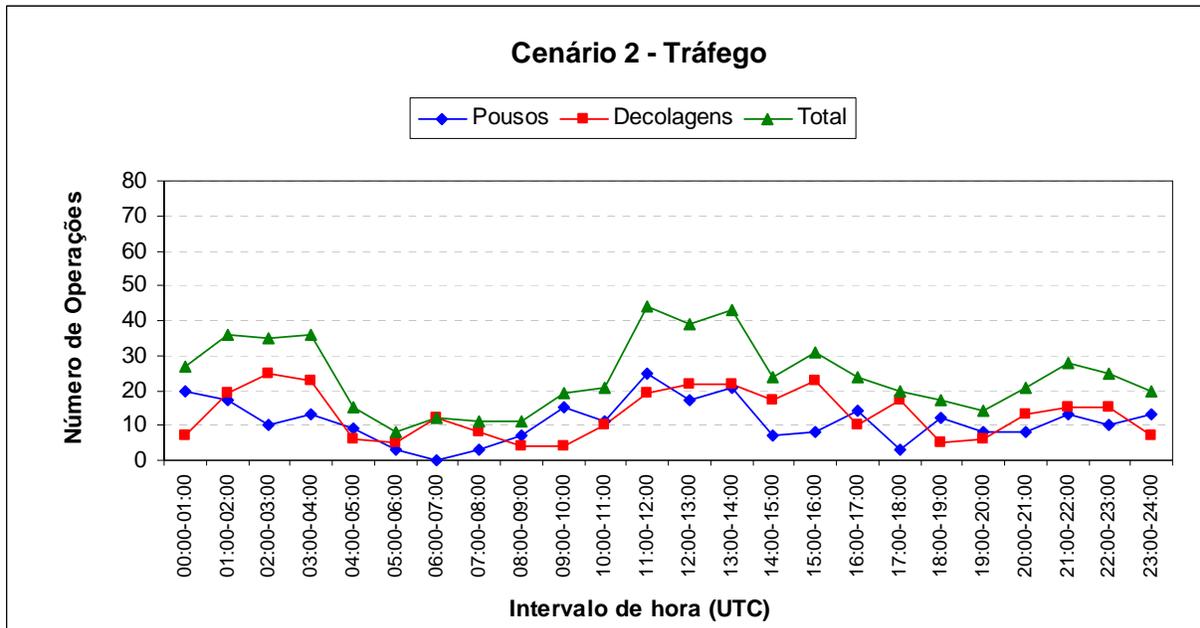
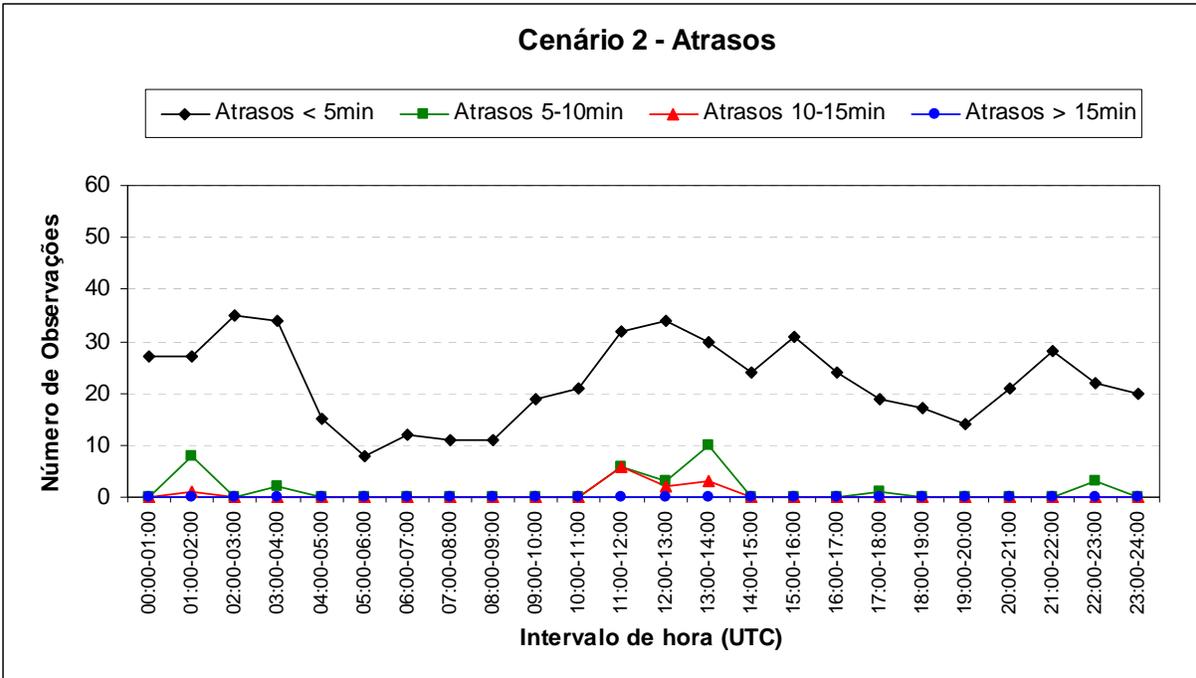


Figura 4.13 - Cenário 2 - Perfil do Tráfego Diário

Essa quase identidade entre os Cenários 1 e 2, no que se refere ao tráfego, pode ser explicada à luz dos atrasos. O CNS/ATM, nas atuais circunstâncias, não produziria resultado significativo no valor dos atrasos, como pode ser constatado ao se comparar os gráficos das Figuras 4.11 e 4.13. Logo, tendo-se por base a mesma grade horária de vôos, os deslocamentos de tráfego de um intervalo de hora para outro podem até ocorrer, mas são observações isoladas.

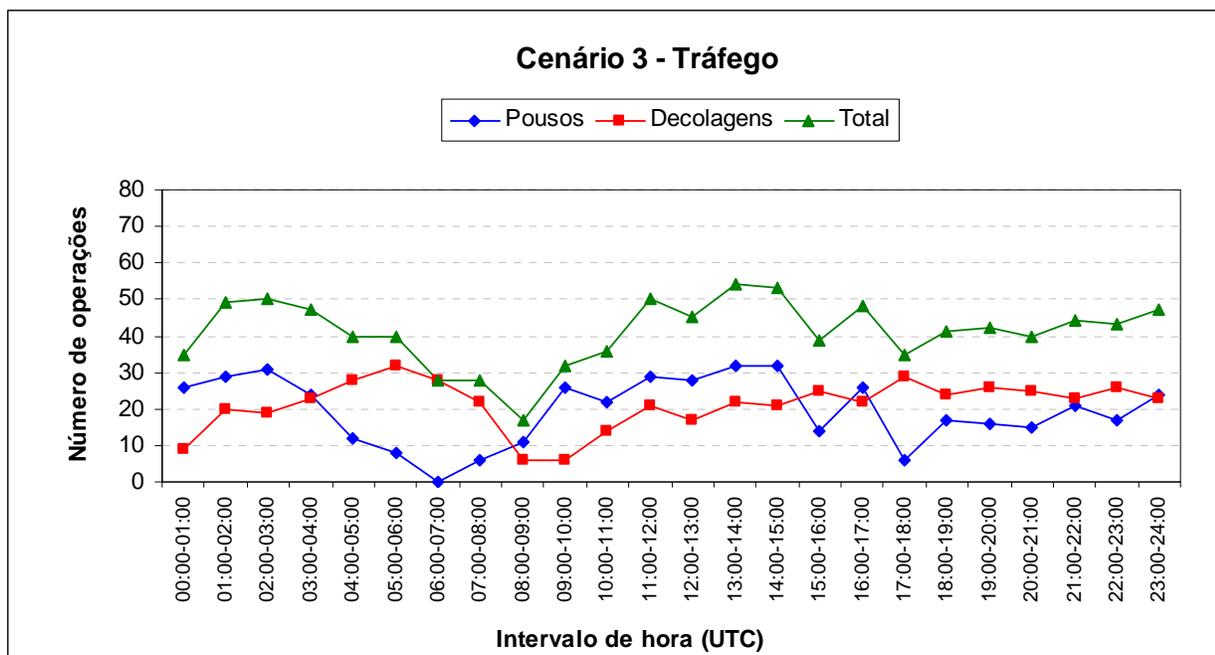


**Figura 4.14 - Cenário 2 - Distribuição Horária dos Atrasos**

Observando-se a Figura 4.14, percebe-se que em alguns intervalos de hora, houve ligeiras reduções em certas faixas de atraso. Ao que tudo indica, a relação demanda – capacidade atual ainda está num nível que não justificaria as modificações operacionais inerentes ao CNS/ATM, para uma melhor fluidez do tráfego.

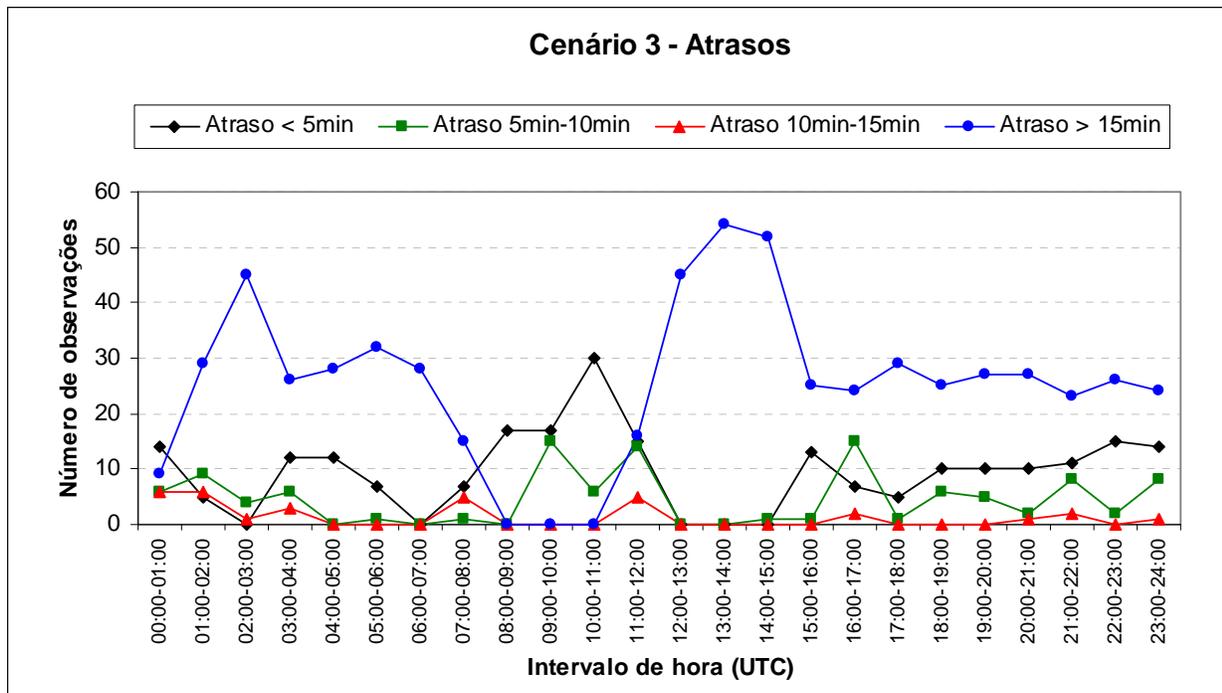
#### **4.5.3 Cenário 3: Configuração Física Atual com Acréscimo de Demanda para 2010**

Conforme já mencionado, este cenário considera a demanda prevista para o ano de 2010, o que representa um acréscimo de cerca de 70% sobre o número de tráfegos atual.



**Figura 4.15 - Cenário 3 - Perfil do Tráfego Diário**

Isso fez com que a hora de maior movimento atingisse 54 operações (Figura 4.15), ultrapassando a capacidade da pista, que comportaria no máximo 49 operações (Tabela 4.2). Embora esse número (54 operações) não pareça tão expressivo, frente à capacidade da pista, deve-se levar em consideração o nível de atraso. Pela Figura 4.15, percebe-se uma elevada incidência de operações com atrasos superiores a 15min. Entre 13:00 e 14:00, por exemplo, houve 54 observações com esse nível de atraso, mostrando que o sistema já não comporta maior número de operações horárias, independentemente do tráfego que seja adicionado. Chega um ponto em que, qualquer tráfego adicional, implica em maior índice de atraso para as aeronaves.

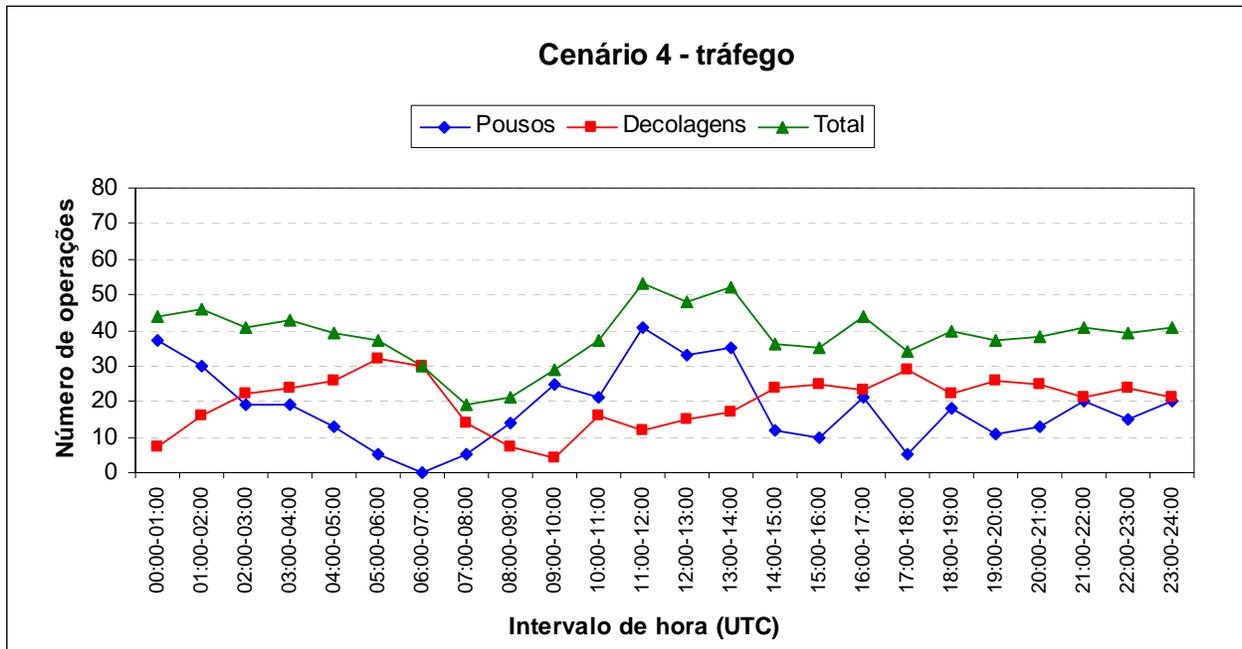


**Figura 4.16 - Cenário 3 - Distribuição dos Atrasos**

Portanto, a principal conclusão que se tem a partir da figura anterior, é que, para que se tornasse viável a operação com o volume de tráfego previsto, o sistema teria que passar por modificações físicas, que levassem um acréscimo de sua capacidade, ou modificações operacionais, que permitissem a adequação da demanda à capacidade existente. Tais conceitos poderão ser analisados nos cenários seguintes.

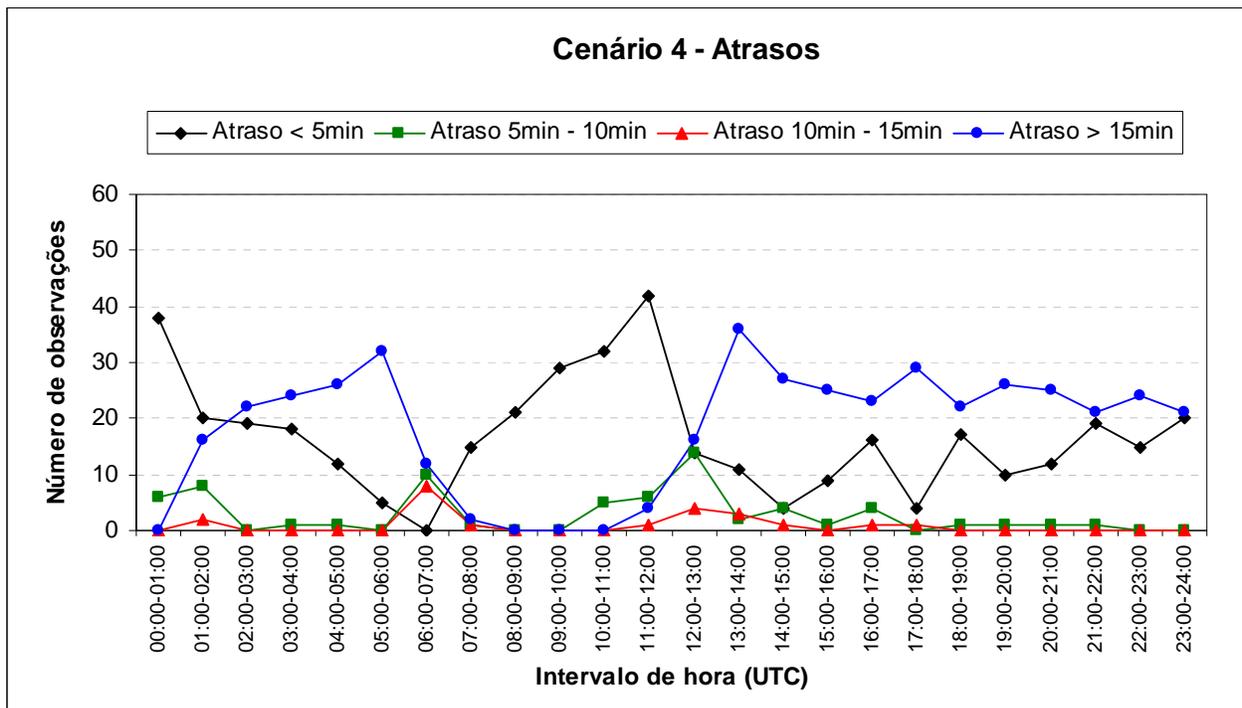
#### **4.5.4 Cenário 4: Configuração Física Atual com Acréscimo de Demanda e CNS/ATM**

A introdução de um novo conceito, o qual permite reduzir a separação entre as aeronaves, sem prejuízo para a segurança das operações, não levou a um aumento do número movimentos de pouso e decolagem. Isso decorre do fato de que a infra-estrutura continua submetida a um número de operações superior à sua capacidade.



**Figura 4.17 - Cenário 4 - Perfil do Tráfego Diário**

No que se refere aos atrasos superiores a 15min, houve redução significativa no número de observações, que, entre 13:00 e 14:00, caiu de 54 para 36. Tal redução foi observada também na maioria dos intervalos. Em parte, isso se deve ao fato de que, com a redução das separações, é possível agilizar o fluxo de aeronaves e com isso reduzir alguns intervalos de tempo entre procedimentos. Desse modo, uma aeronave que antes bloqueava a pista para a próxima decolagem quando estava a 5Nm da cabeceira, agora só bloqueia a partir de 2,5Nm, o que aumenta a chance de ocorrer a decolagem antes do pouso, reduzindo a espera em solo.

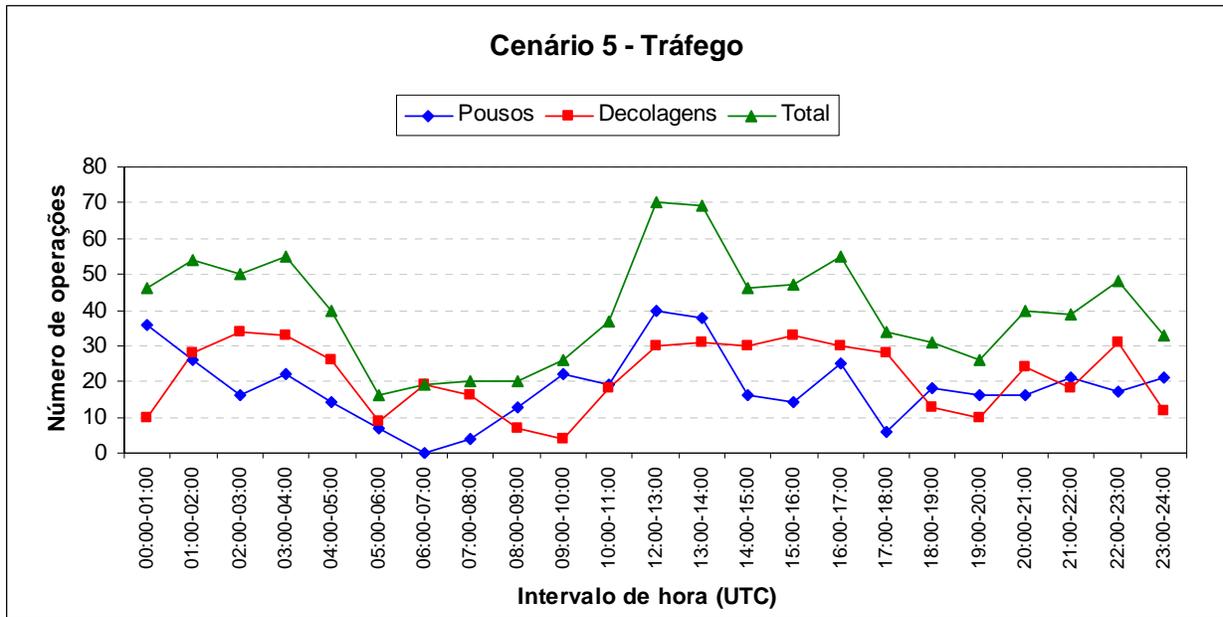


**Figura 4.18 - Cenário 4 - Distribuição dos Atrasos**

Por outro lado aumentou o número de observações entre 0 e 5min, muitas das quais eram superiores a 15min no cenário 2, o que também é um efeito da redução dos atrasos.

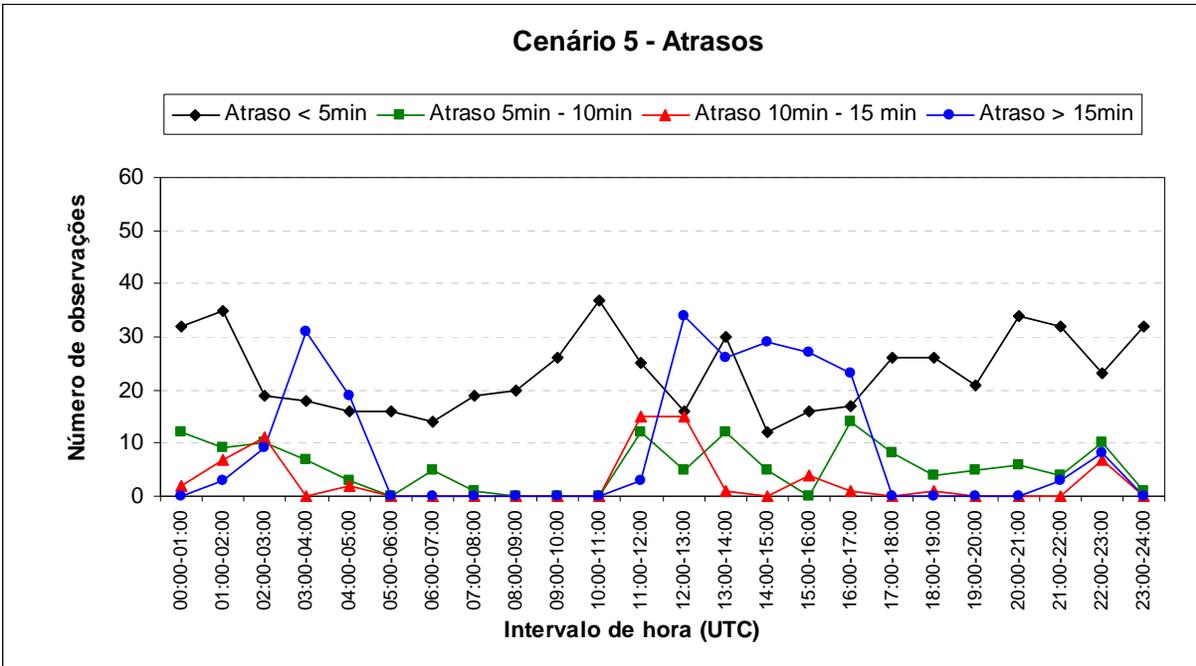
#### 4.5.5 Cenário 5: Nova Configuração Física (Terceira Pista) com Acréscimo de Demanda e CNS/ATM

No último cenário o primeiro aspecto a se destacar é o maior número de operações horárias, em resposta ao aumento de capacidade do sistema com a terceira pista. O pico chegou a 70 movimentos.



**Figura 4.19 - Cenário 5 - Perfil do Tráfego Diário**

Em relação aos atrasos, os índices diminuíram em certos intervalos, se comparados ao cenário anterior. Todavia, eles continuam significativos no intervalo de 12:00 à 17:00, quando são altos os números de observações superiores a 15min. Em parte, tais atrasos são reflexo de algumas dificuldades relativas ao fluxo de aeronaves no pátio e pistas de táxi, após o início das operações na terceira pista. Com essa nova pista, aumentam os conflitos durante os procedimentos de táxi. O sistema de pistas previsto, conta com apenas duas pistas de táxi paralelas para processar o tráfego de partida e chegada em ambas às pistas de pouso (09R-27L e 09nova-27nova) e decolagem (09L-27R e 09nova-27nova).



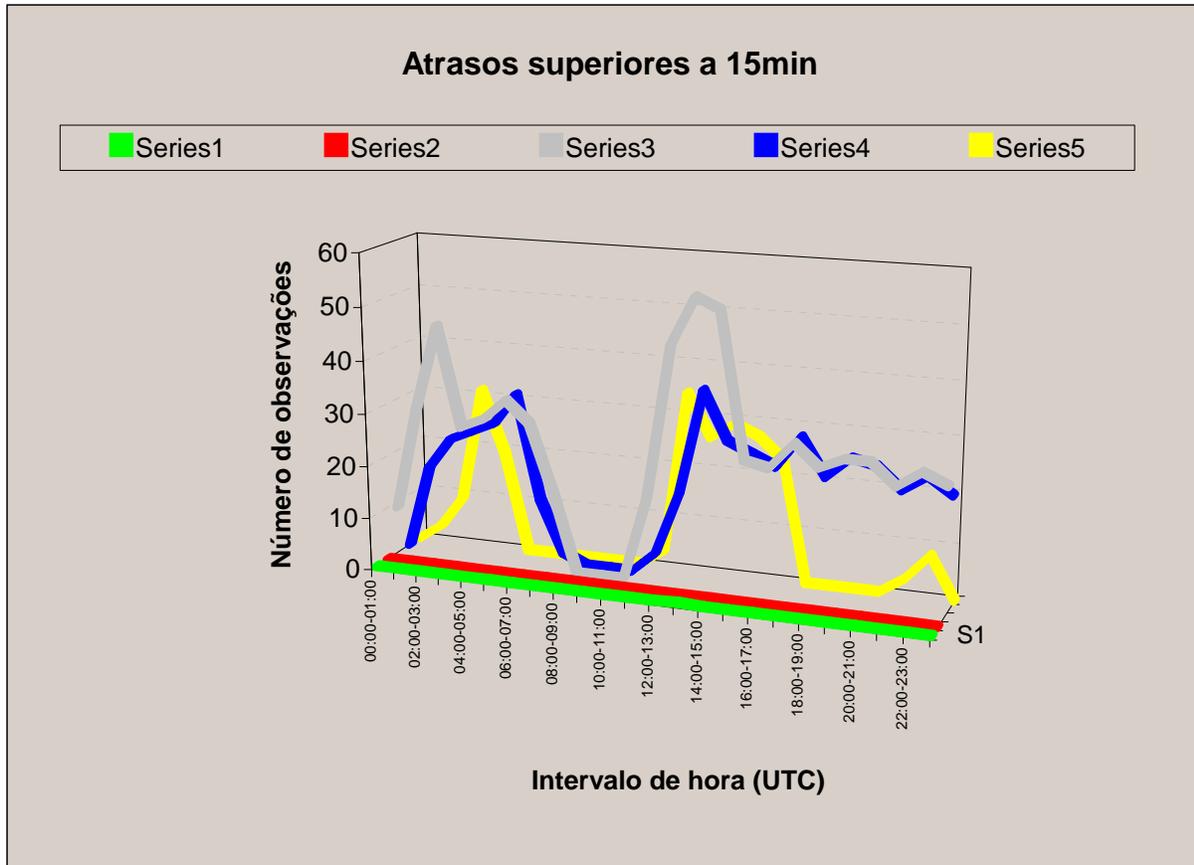
**Figura 4.20 - Cenário 5 – Distribuição dos Atrasos**

Uma alternativa para aliviar o sistema de pistas de táxi nos horários de maior movimento seria a utilização das linhas de táxi previstas nos pátios relativos aos terminais de passageiros 3 e 4, que também estão presentes no Plano Diretor do Aeroporto. Tal configuração não foi objeto do presente estudo.

#### 4.5.6 Resultados Consolidados

No gráfico da Figura 4.21, tem-se a distribuição horária dos atrasos superiores a 15min para os 5 Cenários. Desse modo, torna-se mais perceptível os efeitos que cada modificação, em termos de demanda, CNS/ATM e terceira pista acarreta, para a operação, tendo o atraso como indicador do estado da operação em cada Cenário.

Os atrasos superiores a 15min, ainda não se fazem perceber diante da atual demanda (Cenários 1 e 2). Todavia o movimento na hora-pico desses dois Cenários se aproxima da capacidade horária de pista na atual configuração, o que sinaliza para uma saturação eminente. Essa saturação pode ser facilmente percebida quando se compara os atrasos dos Cenários 1 e 2 aos apresentados nos Cenários seguintes.



**Figura 4.21 - Resultados Consolidados**

Do Cenário 3 ao Cenário 5, o que se tem é uma redução gradativa desses atrasos, em função da implementação de novas medidas que reduzem a separação entre demanda e capacidade. Com a introdução do CNS/ATM (Cenário 4), o que se altera é o perfil da demanda, que, com o aumento do fluxo de aeronaves, reduz o gargalo imposto pela infra-estrutura. Embora se verifique aí uma redução significativa nos atrasos, notadamente entre 11:00 e 16:00, percebe-se que a partir desse horário, até o final do dia, as curvas dos Cenários 3 e 4, continuam ainda bastante próximas, o que aponta para um potencial de redução de atrasos nesses horários. Por fim, com a introdução da terceira pista (Cenário 5), tem-se uma melhor adequação da capacidade à demanda. Têm-se ainda intervalos, como entre 12:00 e 17:00, onde o volume de atrasos é elevado.

## **5 CONCLUSÕES**

### **5.1 INTRODUÇÃO**

O presente trabalho buscou analisar quais os impactos que a nova concepção operacional e tecnologias associadas aos sistemas CNS acarretariam na área de movimento de um aeroporto, tomando por base o Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos, escolhido para o estudo de caso.

Inicialmente foram oferecidas algumas informações básicas relativas a espaço aéreo e sua utilização na área de jurisdição brasileira, do sistema de navegação atual e suas limitações.

Em seguida foi explicado o sistema CNS/ATM em seu estado atual e seus benefícios para a Aviação Civil, e informando sobre o que as autoridades têm feito para acompanhar esse processo de implantação gradativa.

Finalmente, a parte do trabalho, que tratou do estudo de caso propriamente dito, baseado em modelagem de simulação computacional, utilizando-se do Simmod, onde foi possível obter resultados operacionais em 5 cenários distintos, 3 dos quais considerando a aplicação dos sistemas CNS/ATM.

Esse estudo permitiu mensurar os efeitos do simples incremento de tráfego sobre a demanda presente. Nesse contexto, percebe-se a importância do CNS/ATM, representado pela redução das separações, como forma de adequar a demanda à capacidade da infra-estrutura existente. Também foi observado o fato de que, apenas as modificações operacionais não são o suficiente para reduzir os atrasos e custos inerentes à saturação da capacidade aeroportuária, como foi verificado na quinta variação de cenário onde foi possível perceber e apresentar os ganhos trazidos pelos investimentos compatíveis em infra-estrutura.

## **5.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O TRABALHO**

Os resultados do Cenário 5 mostraram que, mesmo introduzindo o CNS/ATM e a terceira pista, é necessário se incorporar outras estratégias para se reduzir os atrasos em certos intervalos de hora ao longo do dia. Nesse aspecto, é importante avaliar com mais profundidade a natureza desses atrasos para a partir daí se determinar que medidas teriam um resultado mais efetivo ao serem aplicadas. Assim, por exemplo, se grande parte dos atrasos ocorre no pátio, poder-se-ia estudar novas circulações ou técnicas de gerenciamento de solo. Caso se percebam problemas associados ao tempo de ocupação de pista no pouso e taxiamento, poder-se-ia estudar a implantação de novas saídas de pista e pistas de táxi adicionais.

A função ATM também poderá contar com medidas restritivas de controle de fluxo em terra (slots) ou em voo (de fixo), facilitando esse equilíbrio entre as demandas e capacidades quando outras medidas deixem de ser eficazes.

É preciso se pensar ainda em outros aspectos, que podem se tornar relevantes com o aumento do tráfego. Um deles é a segurança, dentro da área de movimento do aeródromo. Quando se têm atos de interferência ilícita, como bombas ou seqüestros, em que a aeronave tem que se deslocar para uma área isolada, destinada exclusivamente a este fim.

## **5.3 SUGESTÕES PARA FUTURAS EXTENSÕES**

Um possível desdobramento do presente estudo seria incluir na modelagem por simulação, aspectos da operação do CNS/ATM, mas ainda não aplicados. Isso iria requerer definições de parâmetros que ainda não foram analisados por parte das autoridades incumbidas da implantação do novo sistema no Brasil. Atrelado aos aspectos do tráfego, também é importante que se estude formas de gerenciamento mais eficaz das operações de solo, sobretudo para reduzir os conflitos entre aeronaves no táxi, que se manifestaram na forma de atrasos.

Outra extensão ao trabalho seria a proposta de modificações de infra-estrutura adicionais às existentes no atual plano diretor do aeródromo, passando por novas simulações para testar os

impactos, como saídas de pistas ou pistas de táxi adicionais ao sistema. Isso permitiria inclusive uma análise de custo-benefício e a escolha das alternativas mais adequadas, do ponto de vista do retorno dos investimentos realizados.

Enfim, decisões com base em estudos e simulações, com a aplicação de novas tecnologias serão sempre mais racionais e desejáveis num país de recursos tão escassos para aplicação em infraestrutura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aeroespaço Magazine, Ano VII – N° 8, DEPV, 1997.

Aeroespaço, Edição Especial – CNS/ATM, DEPV, Rio de Janeiro, 2000.

Air Traffic Technology International, UK & International Press, 2002.

Barros, A. G. Análise de Capacidade do Lado Aéreo do Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos, Dissertação de Mestrado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 1994.

COMAER, Anuário Estatístico de Tráfego Aéreo - Departamento de Controle do Espaço Aéreo, Rio de Janeiro, 2001.

COMAER, IMA 100-12 - Regras do Ar e serviços de Tráfego Aéreo, Departamento de Controle do Espaço Aéreo, Rio de Janeiro, 1987.

COMAER, AIP - Aeronautical Information Publication, Departamento de Controle do Espaço Aéreo, Rio de Janeiro, 1987.

COMAER, Parecer Técnico – Instituto de Aviação Civil, Rio de Janeiro, 1993.

COMAER, *Demanda Detalhada dos Aeroportos Brasileiros* – Instituto de Aviação Civil, Rio de Janeiro, 1998.

Da Silva, A., *Aeroportos e Desenvolvimento*, Incaer, Rio de Janeiro, 1991.

Feitosa, M. V. M., Um Modelo de Simulação para Terminais de Passageiros em Aeroportos Regionais Brasileiros. Dissertação de Mestrado, ITA, 2000.

Gulewicz, V., Browne, J., Designing an Improved International Passenger Processing Facility: A Computer Simulation Analysis Approach. *Transportation Research Record* 1273, TRB, National Research Council, Washington, D. C., 1990.

ICAO, Eighth Global TRAINAIR Conference and Training Symposium, Madri, 2000.

ICAO, Global Air Navigation Plan for CNS/ATM Systems, Montreal, 1998.

INFRAERO, Boletim de Informações Gerenciais, Diretoria de Operações, Brasília, 2000.

Kleijnen, J. P. C., Verification and Validation of Simulation Models, *European Journal of Operation Research* 82, pp 145-162, 1995.

De Lorme, P. *et al.*, Simulation of a Combination Carrier Air Cargo Hub. Proceedings of the 1992 Winter Simulation Conference, 1992, p. 1325-1331.

- Mitre, System Planing for São Paulo Terminal Area Region, McLean, 2001.
- Moraes, A. R. P., Simulação em TPS. Trabalho de Graduação, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 1993.
- Parizi, M. S., Braaksma, J. P., An Optimum Resource Utilization Plan for Airport Passanger Terminal Buildings. *Transportation Research Record* 1506, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1995.
- Pidd, M., Computer Simulation in Management Science. John Willey & Sons, Chichester, 1994.
- Reis, N. R., Tarifas Aeroportuárias: *Uma Contribuição ao Sistema Brasileiro de Tarifação Aeroportuária*. Dissertação de Mestrado, COPPE – UFRJ, 1991.
- Santana, E. S. M., Análise de Cenários Operacionais para o Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos. Dissertação de Mestrado, ITA, 2002.
- TransSolutions, The Airport and Aispace Simulation Model, Basic Simmod Training Rio de Janeiro, 2000.
- Uekane, K. et al., Sistema de Proteção ao Vôo, Situação Atual, Futura e Transitória. Trabalho Final de Curso, MBA, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro.

## APÊNDICE - A

**Quadro 2.1 - Limitações dos Sistemas Convencionais**

SISTEMAS CONVENCIONAIS	LIMITAÇÕES				
	PRÉ-PARTIDA, TAXIAMENTO & DECOLAGEM	TRANSIÇÃO ENTRE SUBIDA E PARTIDA	NAVEGAÇÃO EM ROTA	TRANSIÇÃO ENTRE DESCIDA E CHEGADA	APROXIMAÇÃO, POUSO & TAXIAMENTO
<b>COMUNICAÇÕES</b>					
<b>Sistemas Convencionais</b>					
Piloto-AOC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VHF voz</li> <li>• VHF cadeia de dados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VHF voz</li> <li>• VHF cadeia de dados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VHF voz</li> <li>• VHF cadeia de dados</li> <li>• HF voz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VHF voz</li> <li>• VHF cadeia de dados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VHF voz</li> <li>• VHF cadeia de dados</li> </ul>
Piloto-Controlador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VHF voz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VHF voz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VHF voz</li> <li>• HF voz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VHF voz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VHF voz</li> </ul>
Controlador-Controlador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teletipo (AFTN)</li> <li>• Linha terrestre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teletipo (AFTN)</li> <li>• Linha terrestre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teletipo (AFTN)</li> <li>• Linha terrestre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teletipo (AFTN)</li> <li>• Linha terrestre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teletipo (AFTN)</li> <li>• Linha terrestre</li> </ul>
<b>Limitações dos Sistemas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VHF voz</li> <li>• VHF cadeia de dados</li> <li>• HF voz</li> </ul>				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lacunas de cobertura em áreas remotas (montanhas, selvas), infra-estrutura defasada, congestionamento de frequências em grandes aeroportos</li> <li>• ACARS não amplamente disponível</li> <li>• Susceptível à interferência, operação/serviço não-confiável</li> </ul>				

- Teletipo (AFTN)
- Infra-estrutura defasada, ineficiente, não-confiável

**NAVEGAÇÃO**

<b>Sistemas Convencionais</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• VOR, DME, NDB, INS, IRS, OMEGA, FMS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VOR, DME, NDB, INS, IRS, OMEGA, FMS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VOR, DME, NDB, INS, IRS, OMEGA, FMS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VOR, DME, NDB, INS, IRS, OMEGA, FMS</li> </ul>
-------------------------------	--	---	---	---	---

<b>Limitações dos Sistemas</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidade e/ confiabilidade VOR, DME, NDB</li> <li>• Precisão - VOR, DME, NDB, INS, IRS, OMEGA</li> <li>• Limitações de RNAV</li> <li>• Desativação de OMEGA</li> <li>• Limitação de localização das instalações</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilida de/ confiabilidade VOR, DME, NDB</li> <li>• Precisão - VOR, DME, NDB, INS, IRS, OMEGA</li> <li>• Limitações de RNAV</li> <li>• Desativação de OMEGA</li> <li>• Limitação de localização das instalações</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilida de/ confiabilidade VOR, DME, NDB</li> <li>• Precisão - VOR, DME, NDB, INS, IRS, OMEGA</li> <li>• Limitações de RNAV</li> <li>• Desativação de OMEGA</li> <li>• Limitação de localização das instalações</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilid e/ confiabilidade VOR DME NDB</li> <li>• Precisão - VOR, DME, NDB</li> <li>• Alto custo - ILS</li> <li>• Limitação do sistema - ILS</li> <li>• Limitação de localização das instalações</li> </ul>
--------------------------------	--	--	---	---	--

**QUADRO 2.1 - Limitações dos Sistemas Convencionais (Continuação)**

SISTEMAS CONVENCIONAIS	LIMITAÇÕES				
	PRÉ-PARTIDA, TAXIAMENTO & DECOLAGEM	TRANSIÇÃO ENTRE SUBIDA E PARTIDA	NAVEGAÇÃO EM ROTA	TRANSIÇÃO ENTRE DESCIDA E CHEGADA	APROXIMAÇÃO, POUSO & TAXIAMENTO
<b>VIGILÂNCIA</b>					
Sistemas Convencionais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radar primário</li> <li>• Radar secundário</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radar primário</li> <li>• Radar secundário</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radar primário</li> <li>• Radar secundário</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radar primário</li> <li>• Radar secundário</li> <li>• Visual</li> </ul>
Limitações do sistema					
Visual	Alcance, linha de visão				
Radar primário	Disponibilidade, confiabilidade, alcance, custo				
Radar secundário	Disponibilidade, confiabilidade, alcance, custo				
<b>CONTROLE DE TRÁFEGO AÉREO</b>					
Procedimentos convencionais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SARPS da ICAO</li> <li>• Separação radar e de procedimentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SARPS da ICAO</li> <li>• Separação radar e de procedimentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SARPS da ICAO</li> <li>• Separação radar e de procedimentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SARPS da ICAO</li> <li>• Separação radar e de procedimentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SARPS da ICAO</li> <li>• Separação radar e de procedimentos</li> </ul>
Limitações de Controle de Tráfego		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incapacidade para manter rotas eficientes</li> <li>• Problemas de linguagem /comunicação</li> <li>• Reativo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incapacidade para manter rotas eficientes</li> <li>• Problemas de linguagem / comunicação</li> <li>• Reativo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incapacidade para manter rotas eficientes</li> <li>• Problemas de linguagem / comunicação</li> <li>• Reativo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incapacidade para manter rotas eficientes</li> <li>• Problemas de linguagem / comunicação</li> <li>• Reativo</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisão</li> <li>• Capacidade de Tráfego</li> <li>• Dependência de comunicação</li> <li>• Perda de eficiência</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisão</li> <li>• Capacidade de Tráfego</li> <li>• Dependência de comunicação</li> <li>• Perda de eficiência</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisão</li> <li>• Capacidade de Tráfego</li> <li>• Dependência de comunicação</li> <li>• Perda de eficiência</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisão</li> <li>• Capacidade de Tráfego</li> <li>• Dependência de comunicação</li> <li>• Perda de eficiência</li> </ul>
--	--	--	--	--

Fonte: Uekane, 1998

## APÊNDICE - B

### Quadro 3.1 - CNS/ATM – Componentes e Limitações

CNS/ATM COMPONENTES	LIMITAÇÕES				
	PRÉ- PARTIDA, TAXIAMENT O & DECOLAGEM	TRANSIÇÃO ENTRE SUBIDA E PARTIDA	EM ROTA	TRANSIÇÃO ENTRE DESCIDA E CHEGADA	APROXIMAÇÃ O, POUSO & TAXIAMENTO
<b>COMUNICAÇÕES</b>					
<b>PILOTO-AOC</b>					
VHF voz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Backup para rede de dados</li> </ul>				
HF voz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Backup para rede de dados</li> </ul>				
SATCOM voz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Backup para rede de dados</li> </ul>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadeia de dados VHF</li> <li>- Utilizado pela aeronave para comunicação de:</li> <li>- Utilizado pelo AOC para comunicar:</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suspensão de operações e períodos fora de operação</li> <li>• Dados sobre peso e balanceament</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dados dos motores</li> <li>• Atualização de planos de vôo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dados dos motores, ETA</li> <li>• Relatórios de manutenção</li> <li>• Posição, relatórios WX</li> <li>• Atualização de planos de vôo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dados dos motores</li> <li>• Relatórios de manutenção</li> <li>• Solicitação de "gates"</li> <li>• Provisio- namento</li> <li>• Condições meteorológic as/NOTAMS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Horário previsto e horário exato</li> <li>• Informação sobre combustível</li> <li>• Informação sobre tripulação</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>o, plano de vôo, dados de performance da aeronave</li> <li>Condições meteorológicas/NOTAMS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Condições meteorológicas / NOTAMS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Condições meteorológicas / NOTAMS</li> <li>Autorização do Controle de Tráfego para vôos sobre oceanos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Designação de "gate"</li> <li>"Gates" de conexão</li> <li>ATIS</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Cadeia de dados HF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizado para as mesmas mensagens acima, em áreas remotas/oceânicas</li> </ul>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Cadeia de dados SATCOM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizado para as mesmas mensagens acima, em áreas remotas/oceânicas</li> </ul>				

**QUADRO 3.1 -CNS/ATM Componentes e Limitações (Continuação)**

CNS/ATM COMPONENTES	LIMITAÇÕES				
	PRÉ-PARTIDA, TAXIAMENTO & DECOLAGEM	TRANSIÇÃO ENTRE SUBIDA E PARTIDA	NAVEGAÇÃO EM ROTA	TRANSIÇÃO ENTRE DESCIDA E CHEGADA	APROXIMAÇÃO, POUSO & TAXIAMENTO
<b>CONTROLADOR -PILOTO</b>					
• VHF voz	Utilizado para comunicação de instantes críticos (p.ex., autorização para decolagem)				
• HF voz			• Utilizado em áreas remotas/oceânicas		
• SATCOM voz			• Utilizado em áreas remotas/oceânicas		
• Cadeia de dados (CPDL) - Utilizado pela aeronave para:	• Obter ATIS/NOTAMS, solicitação de partida do motor, "push back", liberação para taxiamento	• Solicitar/enviar relatórios de condições meteorológicas • Solicitar alteração de rotas	• Solicitar/enviar relatórios de condições meteorológicas • Solicitar alteração de rotas	• Obter ATIS/NOTAMS • Solicitar/enviar relatórios de condições meteorológicas • Solicitação para alteração de rotas	
- Utilizado pela	• Emitir	• Solicitar/enviar	• Solicitar/enviar	• Solicitação/	

ATC para:	autorizações para rotas de saída, partida do motor, "push back" e taxiamento	r relatórios de condições meteorológicas	r relatórios de condições meteorológicas	relatórios de condições atmosféricas	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expedir NOTAMS</li> <li>• Emitir alteração de rotas</li> <li>• Divulgar dados de altímetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expedir NOTAMS</li> <li>• Emitir alteração de rotas</li> <li>• Divulgar dados de altímetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expedir NOTAMS</li> <li>• Emitir alteração de rotas</li> <li>• Divulgar dados de altímetro</li> <li>• Designação da pista a ser utilizada</li> </ul>	

**CONTROLADOR-CONTROLADOR**

• Cadeia de dados (CCDL)	• Utilizado para comunicar atividades de vôo e resolver conflitos/alertas	• Utilizado para comunicar atividades de vôo e resolver conflitos/alertas	• Utilizado para comunicar atividades de vôo e resolver conflitos/alertas	• Utilizado para comunicar atividades de vôo e resolver conflitos/alertas	• Utilizado para comunicar atividades de vôo e resolver conflitos/alertas
--------------------------	---	---	---	---	---

**Fonte: Uekane, 1998**

## APÊNDICE - C

### Quadro 3.2 - CNS/ATM – Componentes e Aplicações

CNS/ATM COMPONENTES	CNS/ATM-APLICAÇÕES				
	PRÉ-PARTIDA, TAXIAMENTO & DECOLAGEM	TRANSIÇÃO ENTRE SUBIDA E PARTIDA	NAVEGAÇÃO EM ROTA	TRANSIÇÃO ENTRE DESCIDA E CHEGADA	APROXIMAÇÃO, POUSO & TAXIAMENTO
<b>NAVEGAÇÃO</b>					
<b>SEGMENTO AÉREO (ESPACIAL)</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Satélites GPS (24)</li> <li>- Pode ser usado para navegação complementar em todo lugar</li>   <li>- Pode ser utilizado para navegação primária em áreas remotas/oceânicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pode ser utilizado para direção a decolagem</li>   <li>• Pode ser utilizado para direção após seguindo-se a decolagem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deve manter capacidade de navegação convencional (INS/IRS/OMEGA ou permanecer dentro do volume de serviço coberto pelo VOR/DME/ND B)</li> <li>• Não é necessário exibir/monitorar direção convencional desde que haja RAM</li>   <li>• Não é necessário manter capacidade de navegação convencional. São necessárias instalações duplas (binárias) exceto em áreas designadas como receptoras de navegação de longo alcance simples</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deve manter capacidade de navegação convencional (INS/IRS/OMEGA ou permanecer dentro do volume de serviço coberto pelo VOR/DME/ND B)</li> <li>• Não é necessário mostrar/monitorar direção convencional desde que haja RAM</li>   <li>• Não é necessário manter capacidade de navegação convencional. São necessárias instalações duplas (binárias) exceto em áreas designadas como receptoras de navegação de longo alcance simples</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deve manter capacidade de navegação convencional (INS/IRS/OMEGA ou permanecer dentro do volume de serviço coberto pelo VOR/DME/ND B)</li> <li>• Não é necessário mostrar/monitorar direção convencional desde que haja RAM</li>   <li>• Não é necessário manter capacidade de navegação convencional. São necessárias instalações duplas (binárias) exceto em áreas designadas como receptoras de navegação de longo alcance simples</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ao executar aproximação com cobertura GNSS Classe III, não é necessário mostrar ou monitorar o auxílio à navegação subjacente, o qual pode estar inoperante</li> <li>• Ao executar aproximação GNSS, não é necessário haver nenhum outro tipo de procedimento de aproximação<sup>1</sup></li>   <li>• Idem acima</li> </ul>

Satélites WAAS	Possibilitará navegação com meios primários em áreas oceânicas / não-remotas e aproximações de precisão CAT I (ou quase CAT I) em área coberta
Satélites GLONASS	Fornecerá compatibilidade e funcionalidade similar a satélites GPS

**Quadro 3.2 - CNS/ATM – Componentes e Aplicações (Continuação)**

CNS/ATM COMPONENTES	CNS/ATM- APLICAÇÕES				
	PRÉ-PARTIDA, TAXIAMENTO & DECOLAGEM	TRANSIÇÃO ENTRE SUBIDA E PARTIDA	NAVEGAÇÃO EM ROTA	TRANSIÇÃO ENTRE DESCIDA E CHEGADA	APROXIMAÇÃO, POUSO & TAXIAMENTO
<b>SEGMENTO TERRESTRE</b>					
• Rede de estações terrestre GPS	• Controla satélites GPS				
• Rede de estações terrestres WAAS	• Determina erro de posição regional e retransmite-o para a aeronave via satélite geo-estacionários WASS				
• Rede de estações terrestres GLONASS	• Controla satélites GLONASS				
• Estações terrestres diferenciais SCAT I <sup>2</sup>					• Proporciona capacidade para aproximação de precisão; inicialmente CAT I, posteriormente CAT II e CAT III
• Levantamentos topográficos WGS-84	• Haja vista que o GNSS está baseado no sistema de coordenadas WGS-84, os aeroportos e seus respectivos obstáculos devem ser expressos em coordenadas WGS-84. Para tanto, na maioria dos casos, haverá necessidade de novos levantamentos topográficos.				
<b>SEGMENTO AÉREO (EQUIPAMENTOS A BORDO DA AERONAVE)</b>					
• Receptor GNSS - RAIM  - FDE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esta função monitora a integridade dos sinais de satélite recebidos e alerta os pilotos caso: a) o sinal de um satélite com problemas está sendo recebido; ou b) seja perdida a habilidade para monitorar a integridade dos sinais (i.e. dispõe-se de um número insuficiente de satélites)</li> <li>• Esta função detecta um satélite defeituoso e o exclui do processo de determinação de posições</li> </ul>				
• Receptor diferencial de área local					• Utilizado para receber sinais de correção de estações terrestres diferenciais de área local

<sup>2</sup> Acontecimentos recentes indicam que a tecnologia SCAT I tomar-se-á o padrão de estação terrestre diferencial e não apenas uma etapa provisória na direção do LAAS

**Quadro 3.2 - CNS/ATM – Componentes e Aplicações (Continuação)**

CNS/ATM COMPONENTES	CNS/ATM- APLICAÇÕES		
<b>VIGILÂNCIA</b>			
ADS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporciona vigilância e monitoramento de tráfego de superfície</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporciona vigilância em áreas continentais, remotas e oceânicas</li> <li>• Proporciona busca e resolução de conflitos</li> <li>• Substitui o radar ATC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporciona vigilância e monitoramento de tráfego de superfície</li> </ul>
ADS-B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporciona vigilância e monitoramento de tráfego de superfície</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporciona vigilância em áreas continentais e não- remotas</li> <li>• Proporciona busca e resolução de conflitos</li> <li>• Substitui o radar ATC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporciona vigilância e monitoramento de tráfego de superfície</li> </ul>
<b>GERENCIAMENTO DE TRÁFEGO AÉREO</b>			
RNP		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aos usuários de determinados espaços aéreos de alta densidade será exigida manutenção de uma precisão específica com relação a separações horizontais</li> </ul>	
RVSM		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Separações verticais, acima de um determinado nível de vôo, será reduzida de 2.000 pés para 1.000 pés, para aeronaves aprovadas</li> </ul>	
RTA		Em certos espaços aéreos, para aeronaves adequadamente equipadas, serão divulgados os tempos de cruzamento de determinados fixos, além de autorizações ("clearances") relativas a rotas, altitudes e velocidades	
Gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gerenciamento de tráfego automatizado</li> <li>• Resolução tática e estratégica de conflitos</li> <li>• Gerenciamento de capacidade</li> </ul>		

Fonte: Uekane, 1998

## APÊNDICE – D

### Quadro 3.3 - CNS/ATM – Benefícios

CNS/ATM COMPONENTES	CNS/ATM-BENEFÍCIOS				
	PRÉ-PARTIDA, TAXIAMENTO & DECOLAGEM	TRANSIÇÃO ENTRE SUBIDA E PARTIDA	NAVEGAÇÃO EM ROTA	TRANSIÇÃO ENTRE DESCIDA E CHEGADA	APROXIMAÇÃO, POUSO & TAXIAMENTO
<b>COMUNICAÇÃO</b>					
<b>PILOTO-ACC</b>					
VHF voz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporciona meios para informação de períodos críticos (p.ex. desvios ou emergência)</li> <li>• Proporciona “back up” da cadeia de dados</li> </ul>				
HF voz		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporciona “back up” da cadeia de dados</li> </ul>			
SATCOM voz		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporciona “back up” da cadeia de dados</li> </ul>			
Cadeia de dados VHF	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maximiza a eficiência e confiabilidade de comunicações de rotina tais como períodos OOOI. Diminui ocorrência de comunicações ineficientes.</li> </ul>				
Cadeia de dados HF		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporciona condições para comunicações eficientes, confiáveis e sem falhas. Diminui ocorrência de comunicações ineficientes.</li> </ul>			
Cadeia de dados SATCOM		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporciona condições para comunicações eficientes, confiáveis e sem falhas. Diminui ocorrência de comunicações ineficientes.</li> </ul>			
<b>CONTROLADOR-PILOTO</b>					
VHF voz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporciona meios para informação de períodos críticos (p.ex. autorizações para decolagem) Provê “back up” para cadeia de dados.</li> </ul>				
HF voz		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporciona condições para informação de instantes críticos tais como vetores de impedimento de tráfego. Provê "back up" para cadeia de dados.</li> </ul>			
SATCOM voz		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporciona condições para informação de instantes críticos tais como vetores de impedimento de tráfego. Provê "back up" para cadeia de dados.</li> </ul>			
Cadeia de dados VHF (CPDL)	Maximiza eficiência e confiabilidade de comunicações que não correspondem a instantes críticos. Reduz ocorrência de comunicações ineficientes.				
Cadeia de dados HF (CPDL)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporciona ambiente para comunicação confiável, eficiente e sem falhas, de informações que não correspondem a momentos críticos ou decisivos. Reduz ocorrência de comunicações ineficientes.</li> </ul>			
Cadeia de dados SATCOM (CPDL)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporciona ambiente para comunicação confiável, eficiente e sem falhas, de informações que não correspondem a momentos críticos ou decisivos. Reduz ocorrência de comunicações ineficientes.</li> </ul>			
<b>CONTROLADOR-CONTROLADOR</b>					
CCDL	Maximiza precisão, eficiência e confiabilidade				
<b>AR-TERRA E TERRA-TERRA</b>					
ATN	Maximiza precisão, eficiência, confiabilidade e conectividade				

**Quadro 3.3 - CNS/ATM – Benefícios (Continuação)**

CNS/ATM COMPONENTES	CNS/ATM-BENEFÍCIOS				
	PRÉ-PARTIDA, TAXIAMENTO & DECOLAGEM	TRANSIÇÃO ENTRE SUBIDA E PARTIDA	NAVEGAÇÃO EM ROTA	TRANSIÇÃO ENTRE DESCIDA E CHEGADA	APROXIMAÇÃO, POUSO & TAXIAMENTO
<b>NAVEGAÇÃO</b>					
<b>SEGURANÇA</b> Todas as fases do voo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Percepção de posição e relatórios melhorados</li> <li>• Redução da carga de trabalho dos pilotos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exibição de mapa de taxiamento de aeronaves</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisão de navegação realçada vs INS, IRS, OMEGA, VOR, NDB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisão de navegação realçada vs INS, IRS, OMEGA, VOR, NDB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisão de navegação realçada vs INS, IRS, OMEGA, VOR, NDB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisão de navegação realçada vs VOR, NDB</li> <li>• Aproximação de não-precisão pode ser realizada como de precisão com pseudos "glideslope" e localizer. Alguns equipamentos permitem união das fases horizontal e vertical de piloto automático.</li> </ul>
<b>EFICIÊNCIA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotas GNSS mais curtas proporcionarão menor quantidade de combustível e maior carga paga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Otimização na definição de rotas</li> <li>• Direção de curso correta resultará em gradiente de "climb" menor e maior carga paga, nos casos em que o terreno é fator restritivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Otimização na definição de rotas</li> <li>• Maior precisão de navegação permite redução nos padrões de separações horizontais e verticais e maior capacidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidade de navegação em 4D conduzirá a rotas de chegada mais eficientes e aumento de capacidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aproximações de não-precisão (posteriormente de precisão) podem ser desenvolvidas para todas as pistas adequadas</li> <li>• Mudanças de procedimentos podem ser eliminadas</li> <li>• O ponto de designação de aproximação perdida pode ser localizado de modo a não interferir com outras aeronaves na aproximação</li> </ul>
<b>CONFIABILIDADE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificação de disponibilidade de satélite na pré-partida garante adequada cobertura satélite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FDE assegura precisão da orientação via satélite</li> <li>• Confiabilidade dos sinais elimina atrasos e cancelamentos em virtude de auxílios terrestres inoperantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FDE assegura precisão da orientação via satélite</li> <li>• Confiabilidade dos sinais elimina atrasos e cancelamentos em virtude de auxílios terrestres inoperantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FDE assegura precisão da orientação via satélite</li> <li>• Confiabilidade dos sinais elimina atrasos e cancelamentos em virtude de auxílios terrestres inoperantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FDE assegura precisão da orientação via satélite</li> <li>• Confiabilidade dos sinais elimina atrasos e cancelamentos em virtude de auxílios terrestres inoperantes</li> </ul>

**Quadro 3.3 - CNS/ATM – Benefícios (Continuação)**

CNS/ATM COMPONENTES	CNS/ATM-BENEFÍCIOS				
	PRÉ-PARTIDA, TAXIAMENTO & DECOLAGEM	TRANSIÇÃO ENTRE SUBIDA E PARTIDA	NAVEGAÇÃO EM ROTA	TRANSIÇÃO ENTRE DESCIDA E CHEGADA	APROXIMAÇÃO, POUSO & TAXIAMENTO
<b>VIGILÂNCIA</b>					
ADS e ADS-B	Possibilitará aplicação de tecnologia ATN				
<b>GERENCIAMENTO DE TRÁFEGO AÉREO</b>					
RNP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduz os gabaritos para livramento de obstáculos e terrenos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduz os gabaritos para livramento de obstáculos e terrenos</li> <li>• Reduz os critérios de separação horizontal entre aeronaves</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduz os gabaritos para livramento de obstáculos e terrenos</li> </ul>
RVSM		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumenta a capacidade do sistema / separações verticais reduzidas</li> </ul>			
RTA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumenta a capacidade do sistema / separações verticais reduzidas</li> </ul>				
Gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento da capacidade do espaço aéreo</li> <li>• Utilização mais eficiente do espaço aéreo</li> <li>• Redução da carga de trabalho dos controladores</li> <li>• Aumento da segurança</li> <li>• Perfis de vôo mais eficientes</li> </ul> <p>Melhoria no alerta e resolução de conflitos</p>				

Fonte: Uekane, 1998