



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – IG

Aplicação de Ferramentas de Geotecnologias para Análise Multitemporal do Risco de Acidentes Aeroviários por Colisão com Fauna em 4 Aeroportos Brasileiros.

FELIPE BARBOSA DE ALENCASTRO

Brasília - DF

Março de 2014

FELIPE BARBOSA DE ALENCASTRO

Aplicação de Ferramentas de Geotecnologias para Análise Multitemporal do Risco de Acidentes Aeroviários por Colisão com Fauna em 4 Aeroportos Brasileiros.

Dissertação de Mestrado apresentada à banca examinadora do Instituto de Geociências Aplicadas da Universidade de Brasília, como exigência para obtenção de título de mestre em Geociências.

Orientador: Prof. Dr. Edilson de Souza Bias

Brasília – DF

Março de 2014

FELIPE BARBOSA DE ALENCASTRO

Aplicação de Ferramentas de Geotecnologias para Análise Multitemporal do Risco de Acidentes Aeroviários por Colisão com Fauna em 4 Aeroportos Brasileiros.

Dissertação de Mestrado apresentada à banca examinadora do Instituto de Geociências Aplicadas da Universidade de Brasília, como exigência para obtenção de título de mestre em Geociências.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Edilson de Souza Bias

Presidente

Prof. Dr. Gustavo Macedo de Mello Baptista

Membro interno

Prof. Dr. Lindon Fonseca Matias

Membro externo

Brasília, 25 de março de 2014.

RESUMO

As colisões entre aves e aviões têm aumentado bastante nas últimas décadas em todo o mundo. É crescente a preocupação em reduzir a quantidade de colisões, bem como minimizar os danos causados por elas. Este estudo analisou as principais espécies envolvidas em incidentes aéreos e seus os focos atrativos, além do efeito da perda de vegetação na área de segurança dos aeroportos de Cuiabá, Manaus, Guarulhos e Porto Alegre. As espécies de risco foram identificadas a partir da análise dos registros de colisões entre 2001 e 2012. Os principais atrativos dessas espécies foram identificados e monitorados entre os anos de 2009 e 2013. A análise de perda de habitat natural foi feita a partir de imagens de sensoriamento remoto, por meio do índice de vegetação NDVI entre os anos de 2001 e 2011. Foi observado que os fatores que têm influência sobre esse aumento observado nos últimos anos, vão desde a presença de animais nas áreas operacionais dos aeroportos, à presença de diversos atrativos para a fauna no entorno dos aeroportos e também a perda de habitat natural nas áreas adjacentes. A espécie de maior risco para a aviação nos aeroportos estudados é o quero-quero, seguida do urubu e do carcará. Todos os atrativos de grande risco à aviação são de origem antrópica, relacionados, principalmente, a problemas como a destinação de resíduos sólidos orgânicos. Cuiabá foi o aeroporto com menor área de vegetação natural, enquanto Manaus teve a maior área de cobertura vegetal natural. O uso das geotecnologias como o sensoriamento remoto e o sistema de informações geográficas é fundamental para a aquisição, integração e análise dessas informações visando o manejo da fauna e a gestão de seu risco na aviação.

Palavras-chave: Colisão com aves. Sensoriamento remoto da vegetação. NDVI, Sistema de Informações Geográficas.

Abstract

The birdstrike on aviation is an increasing problem on the last decades around the world. It is critical decrease the number of collisions and the damages caused by them. This study analyzed the species involved and what is attracting this species and the effect of plant loss on the security area of Cuiabá, Manaus, Guarulhos and Porto Alegre International Airports. The analyses of the risk species was done from birdstrike CENIPA data between 2001 and 2012. The attractives focus were identify and monitoring between 2009 and 2013. The plant loss on the airport security area was analyzed using remote sensing NDVI data between 2001 and 2011. It was observed that presence of animals near the airport operational area, presence of food source for the risk species and the habitat loss are associated with the birdstrike issue. The most risk species were the lapwing, the vultures and the falcons. All the areas that are attracting those risk species are human related areas, with organic depositions. Cuiabá has the lowest vegetated area and Manaus has the biggest vegetated area. The geotechnology such as remote sensing and GIS are important to collect, analyze and integrate data to manage wildlife looking for a safe aviation environment.

Key words: birdstrike, remote sensing, NDVI, geographic information systems.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 JUSTIFICATIVA	15
1.2 HIPÓTESE	15
1.3 OBJETIVO GERAL	15
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 COLISÃO ENTRE AERONAVES E FAUNA	16
2.1.1 Histórico	16
2.2 DANOS E CUSTOS	17
2.3 ALTITUDE DE OCORRÊNCIA DE COLISÕES	18
2.4 ESPÉCIES DE FAUNA ENVOLVIDAS	19
2.5 CONTROLE DE FAUNA NOS AERÓDROMOS	21
3 FRAGMENTAÇÃO DE HABITAT	24
3.1 FAUNA EM AMBIENTES FRAGMENTADOS	24
3.2 AVES EM AMBIENTES DEGRADADOS E URBANOS	25
4 SENSORIAMENTO REMOTO DA VEGETAÇÃO	27
4.1 HISTÓRICO	27
4.2 PROGRAMA LANDSAT	28
4.3 ÍNDICES DE VEGETAÇÃO	30
4.4 NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI)	31
4.5 ANÁLISE MULTITEMPORAL DA VEGETAÇÃO	32
5 MATERIAL E MÉTODOS	34
5.1 ÁREA DE ESTUDO	34
5.1.1 Cuiabá	35
5.1.2 Manaus	36
5.1.3 Guarulhos	37
5.1.4 Porto Alegre	38
5.2 ANÁLISE DAS COLISÕES	39
5.3 ANÁLISE DOS ATRATIVOS	40
5.3.1 Área crítica	41

5.4 ANÁLISE DOS DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO DA VEGETAÇÃO	42
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
6.1 ANÁLISE DE COLISÕES	45
6.1.1 Cuiabá	46
6.1.2 Manaus	48
6.1.3 Guarulhos	52
6.1.4 Porto Alegre	55
6.1.5 Número de colisões nos aeroportos estudados	58
6.1.6 Principais espécies de risco nos aeroportos estudados	61
7 ATRATIVOS	66
7.1 CUIABÁ	66
7.2 MANAUS	74
7.3 GUARULHOS	81
7.4 PORTO ALEGRE	90
8 SENSORIAMENTO REMOTO DA VEGETAÇÃO	98
8.1 ANÁLISE DA QUALIDADE DO GEORREFERENCIAMENTO DAS IMAGENS	98
8.1.1 Cuiabá	98
8.1.2 Manaus	98
8.1.3 Guarulhos	99
8.1.4 Porto Alegre	99
8.2 CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS	100
8.2.1 Cuiabá	100
8.2.2 Manaus	103
8.2.3 Guarulhos	106
8.2.4 Porto Alegre	109
8.3 CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS NOS AEROPORTOS ANALISADOS	113
8.4 ANÁLISE DA VEGETAÇÃO	116
8.4.1 Análise da vegetação na Área de Segurança do Aeroporto Internacional de Cuiabá	116
8.4.2 Análise da vegetação na Área de Segurança do Aeroporto Internacional de Manaus	119
8.4.3 Análise da vegetação na Área de Segurança do Aeroporto Internacional de Guarulhos	122

8.4.4 Análise da vegetação na Área de Segurança do Aeroporto Internacional de Porto Alegre.....	125
8.5 ANÁLISE DA VEGETAÇÃO NOS AEROPORTOS ANALISADOS.....	128
8.6 ANÁLISE INTEGRADA.....	129
9 CONCLUSÕES.....	136
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	137
ANEXO A - MAPA DOS ATRATIVOS DE RISCO À AVIAÇÃO NA ÁREA DE SEGURANÇA AEROPORTUÁRIA DE CUIABÁ.....	142
ANEXO B - MAPA DOS ATRATIVOS DE RISCO À AVIAÇÃO NA ÁREA DE SEGURANÇA AEROPORTUÁRIA DE MANAUS.....	143
ANEXO C - MAPA DOS ATRATIVOS DE RISCO À AVIAÇÃO NA ÁREA DE SEGURANÇA AEROPORTUÁRIA DE GUARULHOS.....	144
ANEXO D - MAPA DOS ATRATIVOS DE RISCO À AVIAÇÃO NA ÁREA DE SEGURANÇA AEROPORTUÁRIA DE PORTO ALEGRE.....	145
ANEXO E - MAPA DE PERDA DE VEGETAÇÃO DA ÁREA DE SEGURANÇA DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE CUIABÁ.....	146
ANEXO F - MAPA DE PERDA DE VEGETAÇÃO DA ÁREA DE SEGURANÇA DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE MANAUS.....	147
ANEXO G - MAPA DE PERDA DE VEGETAÇÃO DA ÁREA DE SEGURANÇA DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE GUARULHOS.....	148
ANEXO H - MAPA DE PERDA DE VEGETAÇÃO DA ÁREA DE SEGURANÇA DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE PORTO ALEGRE.....	149

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Aeroportos analisados neste estudo	34
Figura 2 - Área patrimonial e de segurança do aeroporto Marechal Rondon	36
Figura 3 - Área patrimonial e de segurança do aeroporto Eduardo Gomes	37
Figura 4 - Área patrimonial e de segurança do aeroporto Franco Montoro	38
Figura 5 - Área patrimonial e de segurança do aeroporto Salgado Filho	39
Figura 6 - Matriz de ameaça operacional	41
Figura 7 - Fluxograma da classificação e análise da vegetação a partir das imagens Landsat	44
Figura 8 - Número de colisões (1996-2012)	45
Figura 9 - Colisões reportadas no Aeroporto Internacional Marechal Rondon - Cuiabá	46
Figura 10 - Índice de colisões no Aeroporto Internacional Marechal Rondon - Cuiabá	47
Figura 11 - Colisões por espécie no Aeroporto Internacional Marechal Rondon - Cuiabá	48
Figura 12 - Colisões reportadas no Aeroporto Internacional Eduardo Gomes - Manaus	49
Figura 13 - Índice de Colisões no Aeroporto Internacional Eduardo Gomes, Manaus	50
Figura 14 - Colisões reportadas por espécie no Aeroporto Internacional Eduardo Gomes - Manaus	51
Figura 15 - Colisões reportadas no Aeroporto Internacional Franco Montoro - Guarulhos	52
Figura 16 - Índice de colisões a cada 10.000 operações em Guarulhos	53
Figura 17 - Colisões por espécie no Aeroporto Internacional Franco Montoro - Guarulhos	54
Figura 18 - Número de colisões reportadas no Aeroporto Internacional Salgado Filho - Porto Alegre	55
Figura 19 - Índice de colisões do Aeroporto Internacional Salgado Filho, Porto Alegre	56
Figura 20 - Colisões por espécie no Aeroporto Internacional Salgado Filho - Porto Alegre	57
Figura 21 - Número de colisões reportadas por ano nos aeroportos estudados	59
Figura 22 - Índice de colisões reportadas por ano nos aeroportos estudados	59
Figura 23 - Quero-quero, espécie com maior número de registro nos aeroportos analisados	62
Figura 24 - Carcarás mortos por colisão no aeroporto de Cuiabá	64
Figura 25 - Aterro sanitário de Cuiabá - Mato Grosso	68
Figura 26 - Aterro sanitário de Várzea Grande - Mato Grosso	69
Figura 27 - Lagoa Unipark, localizada no bairro Unipark. Várzea Grande - Mato Grosso	70
Figura 28 - Lagoa de decantação - Várzea Grande - Mato Grosso	71
Figura 29 - Resíduos orgânicos acumulados em terreno baldio no bairro Ipase - Várzea Grande - Mato Grosso	72

Figura 30 - Tuiuiús (<i>Jabiru mycteria</i>) e garças (<i>Ardea alba</i>) livres no zoológico do campus da UFMT.....	73
Figura 31 - Acomodação e descarte de resíduos sólidos de forma inadequada nas proximidades do Aeroporto Internacional Eduardo Gomes - Manaus (AM)	74
Figura 32 - Vista do lixão da cidade de Manaus, localizado dentro da ASA	76
Figura 33 - Cone de urubus (<i>Coragyps atratus</i>) sobre o aterro sanitário da cidade de Manaus	76
Figura 34 - Porto da Manaus Moderna, Manaus (AM), com destaque para urubus utilizando restos de resíduos orgânicos para alimentar-se	77
Figura 35 - Lixeira tipo <i>container</i> sem tampa, na área da Feira Modelo da Compensa - Manaus	78
Figura 36 - Área externa da Feira Municipal do Coroadó, Manaus – AM.....	78
Figura 37 - Urubus alimentando-se na Feira do Panair.....	80
Figura 38 - Lixo e esgoto correndo a céu aberto na região do aeroporto.....	81
Figura 39 - Lixo e entulho depositados irregularmente na Vila Barros	83
Figura 40 - Área de reciclagem de lixo próxima ao aeroporto	84
Figura 41 - Parque urbano na Vila Barros dentro da ASA.....	85
Figura 42 - Feira de ambulantes próxima ao Aeroporto Internacional de São Paulo - Guarulhos.....	86
Figura 43 - Área com cultivo de hortas, próxima ao aeroporto.....	87
Figura 44 - Lagoa de chorume do aterro sanitário de Arujá, com presença de garças	87
Figura 45 - Área poluída do rio Tietê, no município de Guarulhos	89
Figura 46 - Depósito de lixo e barracos de catadores de papel próximos ao Aeroporto.....	92
Figura 47 - Criação de animais domésticos na região da ilha das Flores (ASA).....	92
Figura 48 - Área de deposição de entulho de lixo próxima ao aeroporto, dentro da ASA.....	93
Figura 49 - Área alagada com animais domésticos, próxima ao sítio aeroportuário e à Freeway - em Porto Alegre.....	94
Figura 50 - Aterro sanitário da região metropolitana de Porto Alegre	95
Figura 51 - Garças e animais domésticos na Fazenda Tubiano	95
Figura 52 - Vila Dique (junho de 2009).....	96
Figura 53 - Local da Vila Dique, sem a ocupação, em janeiro de 2013	96
Figura 54 - Histograma de distribuição dos valores de NDVI nas imagens de Cuiabá	101
Figura 55 - Fragmento de vegetação utilizado como parâmetro para a classificação das imagens do Aeroporto Internacional de Cuiabá.....	102
Figura 56 - Veado-catingueiro (<i>Mazama gouazoubira</i>) nas proximidades do fragmento usado como parâmetro para a classificação	102
Figura 57 - NDVI dos anos analisados, com classificação da ASA em vermelho - Cuiabá.....	103
Figura 58 - Histograma de distribuição dos valores de NDVI nas imagens de Manaus	104
Figura 59 - Floresta na área patrimonial do aeroporto usada como parâmetro para a classificação das imagens da ASA - Manaus.....	104
Figura 60 - NDVI, dos anos analisados, com classificação em vermelho, da ASA - Manaus	106

Figura 61 - Histograma de distribuição dos valores de NDVI nas imagens de Guarulhos.....	107
Figura 62 - Região de floresta usada como parâmetro para classificação da vegetação natural em Guarulhos	108
Figura 63 - NDVI dos anos analisados, com classificação em vermelho da ASA - Guarulhos.....	109
Figura 64 - Histograma de distribuição dos valores de NDVI nas imagens de Porto Alegre.....	110
Figura 65 - Remanescente natural no Morro do Osso	112
Figura 66 - NDVI dos anos analisados, com classificação em vermelho da ASA - Porto Alegre	1133
Figura 67 - Vegetação natural em área acidentada no Parque Estadual da Serra da Cantareira.....	114
Figura 68 - Classificação da vegetação em 2011, com falhas nas regiões sombreadas pela topografia, no Parque Estadual da Serra da Canareira.....	115
Figura 69 - Vegetação natural na ASA de Cuiabá.....	118
Figura 70 - Vegetação natural na ASA de Manaus nos anos analisados.....	121
Figura 71 - Vegetação natural na ASA de Guarulhos nos anos analisados.....	124
Figura 72 - Vegetação natural na ASA de Porto Alegre nos anos analisados	127
Figura 73 - Linha de tendência do índice de colisões no Aeroporto de Cuiabá	130
Figura 74 - Linha de tendência da cobertura de vegetação natural na ASA de Cuiabá	131
Figura 75 - Linha de tendência do Índice de colisões no Aeroporto de Manaus	131
Figura 76 - Linha de tendência da cobertura de vegetação natural na ASA de Manaus	132
Figura 77 - Linha de tendência do Índice de colisões no Aeroporto de Guarulhos ..	133
Figura 78 - Linha de tendência da cobertura de vegetação natural na ASA de Guarulhos.....	133
Figura 79 - Linha de tendência do índice de colisões no Aeroporto de Porto Alegre	134
Figura 80 - Linha de tendência da cobertura de vegetação natural na ASA de Porto Alegre	135

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Sensores e principais satélites Landsat	30
Tabela 2 - Operações/Índice de colisões no Aeroporto Internacional Marechal Rondon - Cuiabá	47
Tabela 3 - Operações/Índice de colisões no Aeroporto Internacional Eduardo Gomes	50
Tabela 4 - Índice/Operações no Aeroporto Internacional Franco Montoro - Guarulhos	53
Tabela 5 - Índice/Operações no Aeroporto Internacional Salgado Filho, Porto Alegre	56
Tabela 6 - Diagnóstico de atrativos do Aeroporto Internacional de Cuiabá.....	66
Tabela 7 - Atrativos de risco monitorados entre 2010 e 2013	67
Tabela 8 - Focos atrativos da área de segurança Aeroporto Internacional de Manaus	75
Tabela 9 - Atrativos da área de Segurança do Aeroporto Internacional de Guarulhos	82
Tabela 10 - Atrativos da área de segurança do Aeroporto Internacional de Porto Alegre	91
Tabela 11 - Valores de erro RMS do georreferenciamento das imagens ASA - Cuiabá.....	98
Tabela 12 - Valores de erro RMS do georreferenciamento das imagens ASA - Manaus	99
Tabela 13 - Valores de erro RMS do georreferenciamento das imagens ASA - Guarulhos.....	99
Tabela 14 - Valores de erro RMS do georreferenciamento das imagens ASA - Porto Alegre	100
Tabela 15 - Valores utilizados para a classificação ROI e número de pixels classificados.....	101
Tabela 16 - Valores utilizados para a classificação ROI e número de pixels classificados.....	105
Tabela 17 - Valores utilizados para a classificação ROI e número de pixels classificados em Guarulhos.....	107
Tabela 18 - Valores utilizados para a classificação ROI e o número de pixels classificados.....	111
Tabela 19 - Área dos fragmentos de vegetação, por ano, em Cuiabá	117
Tabela 20 - Área dos fragmentos de vegetação, por ano, em Manaus.....	120
Tabela 21 - Área dos fragmentos de vegetação, por ano, em Guarulhos	122
Tabela 22 - Área dos fragmentos de vegetação, por ano, em Porto Alegre.....	125
Tabela 23 - Número de colisões reportadas por ano nos aeroportos estudados	58
Tabela 24 - Índice de colisões reportadas por ano nos aeroportos estudados	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Data da campanha de campo para a realização do diagnóstico ambiental	40
--	----

1 INTRODUÇÃO

A ocorrência de colisões com animais está presente desde os primeiros dias da aviação. Desde então, essa problemática ceifou centenas de vidas e gera perda bilionária à aviação civil anualmente.

Nos últimos anos, percebeu-se grande aumento no número de incidentes envolvendo a fauna e as aeronaves, no mundo, gerando debates e preocupação em diversos países e aumento no aporte de recursos para pesquisas e ações visando minimizar os prejuízos econômicos e o risco de perdas de vidas (VILLARREAL, 2008, TRANSPORT CANADA, 2005).

O crescimento no número de colisões reportadas é explicado, em parte, pelo grande aumento na quantidade de operações de voo que vêm ocorrendo nos últimos anos. Entretanto, mesmo considerando-se este acréscimo, o aumento no número de colisões tem sido ainda mais expressivo.

O crescente número de colisões também está associado ao fato de os aeroportos serem locais naturalmente atrativos à fauna, sobretudo às aves, por serem grandes áreas abertas, protegidas de predadores e humanos, e por disporem de fontes de água e alimento para muitas espécies (TRANSPORT CANADA, 2005).

Outro fator que contribui para esse crescimento é a expansão da área urbana sobre ecossistemas naturais, gerando pressão das espécies selvagens sobre áreas com condições para que essas espécies estabeleçam-se, ou colonizando áreas onde antes não habitavam (BLACKWELL *et al.*, 2009).

No Brasil, a maior parte dos incidentes envolve espécies sinantrópicas, ou seja, espécies favorecidas pela atividade humana, como urubus, carcarás, quero-queros, pombos e garças (MORAIS, 2012).

Diversas atividades e empreendimentos devem ser evitados nas proximidades de aeroportos, tais como agricultura, pecuária, aterros sanitários, depósitos de lixo, abatedouros, indústrias de beneficiamento de peixes, estações de tratamento de esgoto e outros (TRANSPORT CANADA, 2005).

No Brasil, a Instrução Normativa nº 04/2004, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), trata da criação de Área de Segurança Aeroportuária (ASA) que engloba um raio de vinte quilômetros a partir do centro dos aeroportos que operam com o auxílio de instrumentos até os empreendimentos e atividades que podem estar localizados em seus limites. A ASA abrange área superior a 125.000

hectares e é situada, normalmente, em regiões metropolitanas das capitais brasileiras.

1.1 JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos, vem ocorrendo, no Brasil, um aumento importante no número de colisões envolvendo aves e outros tipos de animais e aeronaves. Desta forma, torna-se necessário o conhecimento dos processos associados a esta problemática, quantificando a importância dos principais fatores envolvidos e mapeando geograficamente os locais de maior gravidade, bem como os focos de vetores e suas proximidades com os sítios aeroportuários com vistas a minimizar o risco e a severidade de incidentes envolvendo a fauna e as aeronaves.

1.2 HIPÓTESE

A diminuição da área com vegetação natural no entorno de sítios aeroportuários tem influência no risco de incidentes envolvendo a fauna e as aeronaves, e os principais atrativos às espécies de risco a aviação dentro da área de segurança aeroportuária são de origem antrópica.

1.3 OBJETIVO GERAL

Identificar e analisar o risco de colisão entre aves e aeronaves nas áreas de segurança aeroportuária com o uso de ferramentas geotecnológicas.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) analisar a quantidade de área ocupada por vegetação natural, entre 2001 e 2011, na ASA dos aeroportos internacionais de Cuiabá, Manaus, Guarulhos e Porto Alegre;
- b) definir uma área crítica de risco para incidentes envolvendo fauna e aeronaves nos entornos dos aeroportos estudados;
- c) identificar as espécies de animais de maior risco para a aviação nos aeroportos analisados; e
- d) identificar os principais focos atrativos à fauna dentro da área de segurança aeroportuária dos aeroportos mencionados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 COLISÃO ENTRE AERONAVES E FAUNA

2.1.1 Histórico

Colisões entre aves e aeronaves ocorrem desde o início da aviação. O primeiro registro data de sete de setembro de 1905, quando Oliver Wright reportou, em seu diário, ter colidido sua aeronave com uma ave (THORPE, 2003; CLEARY e DOLBEER, 2005; DEFUSCO *et al.*, 2005).

A primeira morte registrada em função de colisão entre aves e aeronaves ocorreu em 1912, quando o avião pilotado por Calbraith Rogers colidiu com uma gaivota (*Larus sp.*) na costa da Califórnia, causando sua morte. Rogers foi o primeiro piloto a atravessar os Estados Unidos a bordo de uma aeronave (SODHI, 2002; THORPE, 2003; CLEARY e DOLBEER, 2005).

O problema, entretanto, começou a chamar a atenção das autoridades do setor a partir da segunda guerra mundial. Em 1960, o fato que marcou esse período foi a queda de um avião que decolava do Aeroporto Internacional Logan, em Boston, quando três de suas quatro turbinas tiveram perda total devido à ingestão de um bando de estorninhos (*Sturnus vulgaris*), matando 62 das 72 pessoas que estavam a bordo (SODHI, 2002).

Desde esse incidente, comunidades civis e militares em todo o mundo têm reconhecido que as colisões entre aves e aeronaves são uma questão que causa ameaça à vida de pessoas e esse risco vem aumentando com o passar dos anos (CLEARY e DOLBEER, 2006).

Hoje, o espaço aéreo está muito mais congestionado que há algumas décadas. As aeronaves são maiores, mais rápidas e mais silenciosas, o que gera um conflito cada vez maior nos ares (SODHI, 2002; THORPE, 2003; DEFUSCO *et al.*, 2005).

Em 1990, a *Federal Aviation Administration* (FAA), agência de regulação da aviação civil dos Estados Unidos, começou a administrar um banco de dados exclusivo para o reporte de colisões entre a fauna e as aeronaves, o que possibilitou uma melhor mensuração e análise do problema naquele país, incentivando iniciativas semelhantes em diversas partes do mundo (ALLAN, 2000; ZAKRAJESK e BISSONETTE, 2005; CLEARY e DOLBEER, 2006; BLACKWELL *et al.*, 2009). No

entanto, estima-se que apenas um quinto das colisões ocorridas naquele país seja reportado e faça parte desse banco de dados (ALLAN, 2000).

A quantidade de colisões registrada tem crescido de forma preocupante em todos os continentes. Dados da aviação civil dos Estados Unidos indicam que, para o período de 1990 a 2005, ocorreram 66.392 colisões reportadas, sendo 1.744 em 1990 e 7.136 em 2005, com números crescentes a cada ano (CLEARY e DOLBEER, 2006). Em 2007 foram 7.670 e o crescimento na quantidade de voos no período, 1990-2007, cresceu apenas 13% (DOLBEER, 2009). Na aviação militar americana, entre 1985 e 1998 houve mais de 25.000 reportes de colisão de aves e aeronaves (ZAKRAJSEK e BISSONETTE, 2005).

O número de vítimas fatais varia de acordo com os autores. BLACKWELL (2009) apresenta o registro de 219 mortes no período de 1988 a 2008 e a perda de mais de 200 aeronaves civis e militares. Sodhi (2002) estimou a perda de pelo menos 350 vidas em todo o mundo. Para Allan (2000), há 190 mortes apenas computando dados da aviação civil dos Estados Unidos. Na aviação militar americana, entre os anos de 1959 e 1999, houve 141 mortes causadas pela colisão com a fauna (DOLBEER, 2006).

Por esses motivos, entender o comportamento da fauna nos aeroportos e seus arredores é importante para a segurança da aviação, devendo ser pensado de forma integrada pelos gestores da aviação civil, militar e de estado, principalmente da área do meio ambiente, visando minimizar os riscos de colisões entre a fauna local e as aeronaves (BLACKWELL *et al*, 2009).

No Brasil há poucos trabalhos publicados sobre colisão entre fauna e aeronaves, sendo necessárias pesquisas para melhor caracterização do problema no país.

2.2 DANOS E CUSTOS

Entre 1990 e 2007, nos Estados Unidos, foram reportadas mais de 82.000 colisões entre animais e aeronaves; destas, cerca de 10.000 resultaram em danos para a aeronave e em 2.700 o dano foi severo, com custo de reparo superior a um milhão de dólares (DOLBEER e WRIGHT, 2009).

Apesar de a grande maioria das colisões não resultar em dano substancial, a Força Aérea Americana teve ao menos 333 aeronaves totalmente destruídas, em que a

causa confirmada do acidente foram as colisões com aves, entre os anos de 1960 e 2004 (CLEARY e DOLBEER, 2005).

As partes mais atingidas por colisão com animais são, pela ordem, o nariz da aeronave, o para-brisa, o motor, as asas e a fuselagem. O componente que mais frequentemente requer manutenção devido ao problema são os motores; 34% das colisões reportadas nos motores necessitam de algum tipo de reparo, sendo este o componente mais sensível e crítico em termos de segurança (CLEARY e DOLBEER, 2005). No Brasil, também a parte da aeronave mais frequentemente danificada é o motor (MORAIS, 2012).

O custo de reparo de uma aeronave que colide com animais pode variar. Normalmente, o conserto fica na faixa de 250 mil a 1 milhão de dólares, nos Estados Unidos. Há casos onde o custo de reparo é maior, superior a cinco milhões de dólares apenas para repor a perda de uma turbina, e quando há perda total da aeronave o prejuízo é muito maior (ALLAN e OROSZ, 2001; SODHI, 2002).

O custo anual com problemas relacionados à colisão entre aves e aviões é algo difícil de mensurar de forma acurada. Para Allan (2000), o custo anual de manutenção de aeronaves pela aviação civil dos Estados Unidos é de 500 milhões de dólares. Acrescentando os valores referentes a cancelamento e atraso de voos, o gasto anual das companhias aéreas foi de 1,28 bilhão de dólares (ALLAN e OROSZ, 2001). DeFusco (2005) estima que o custo anual total com problemas causados por colisões com a fauna é de cerca de 4,5 bilhões de dólares, apenas para a aviação civil dos Estados Unidos e Canadá. Em um período de 16 anos (1990-2005), aeronaves gastaram mais de 300 mil horas em solo devido a problemas gerados por colisões com aves (CLEARY e DOLBEER, 2006).

Na aviação militar americana, o gasto anual com perda e reparo de aeronaves, entre 1985 e 1998, foi de 35 milhões de dólares. Nesse período houve 22 incidentes graves, com danos superiores a um milhão de dólares (ZAKRAJSEK e BISSONETTE, 2005). O custo de reparo pela aviação militar do Reino Unido, nos anos 1990, foi de 23,3 milhões de dólares, excluindo os prejuízos causados com a perda de aeronaves (ALLAN e OROSZ, 2001).

2.3 ALTITUDE DE OCORRÊNCIA DE COLISÕES

A maior parte dos movimentos e atividades das aves ocorre abaixo dos 50 metros (DEVAULT *et al.*, 2005; LIECHTI e GASTEREN, 2010), e a maioria das espécies voa

apenas abaixo dos 600 metros de altura em relação ao nível do solo (ZAKRAJSEK e BISSONETTE, 2005). Isso significa que a grande maioria das colisões com aeronaves ocorre em baixas altitudes (SODHI, 2002; CLEARY e DOLBEER, 2005; BLACKWELL *et al*, 2009; MORAIS, 2012), entretanto, há registros de colisões em altitudes superiores a 10.000 pés, nos Estados Unidos, com ganso canadense (*Branta canadenses*), e na África com abutre (DOLBEER, 2006).

Cerca de três quartos das colisões nos Estados Unidos e Canadá ocorrem abaixo de 500 pés de altitude e 95% abaixo de 3.000 pés (aproximadamente 1.000 metros). Esses números coincidem com a realidade brasileira (CLEARY e DOLBEER, 2005; BLACKWELL *et al*, 2009; MORAIS, 2012). Apesar desse cenário, colisões em altas altitudes têm potencial de dano maior, devido à velocidade da aeronave ser superior em relação às baixas altitudes (DOLBEER, 2006).

O fato de a maior parte das colisões ocorrer em baixas altitudes torna a aviação militar mais suscetível, pois seus aviões voam em altitudes mais baixas em operações de treinamento, reconhecimento e atividades em geral (ALLAN e OROSZ, 2001; THORPE, 2003; ZAKRAJSEK e BISSONETTE, 2005).

2.4 ESPÉCIES DE FAUNA ENVOLVIDAS

A identificação da espécie animal envolvida em uma colisão com aeronave não é tarefa simples. Em muitos casos, o que resta do animal são apenas fragmentos de tecido e sangue, por isso, menos de 50% das colisões reportadas trazem informações sobre espécie ou grupo a que o animal pertencia (DOLBEER *et al.*, 2000; ZAKRAJSEK e BISSONETTE, 2005; MORAIS, 2012).

Sabe-se, no entanto, que nem todas as espécies de animais causam o mesmo perigo para a aviação. Diferentes espécies, ou grupos de espécies, representam diferentes níveis de risco à aviação civil e militar (DOLBEER *et al.*, 2000; ZAKRAJSEK e BISSONETTE, 2005; MORAIS, 2012). As aves são as maiores vítimas e causadoras de colisões, com 97% do total de registros, porém, não são as únicas responsáveis pelo problema, 2% das colisões ocorrem com mamíferos e do 1% remanescente, os répteis são a principal classe (DOLBEER e WRIGHT, 2009).

Na aviação civil dos Estados Unidos, o grupo que mais causa colisões é o das gaivotas, responsável por 25% dos acidentes em que foi possível fazer a identificação, seguido pelos gansos, com 14%, rapinantes com 12% e garças com 10% (DOLBEER *et al.*, 2000; CLEARY e DOLBEER, 2005). Na aviação militar

americana, entretanto, o grupo que aparece em primeiro lugar é o dos urubus, seguido pelos gansos e, em terceiro, o dos pelicanos. O grupo das gaivotas aparece apenas na oitava colocação entre as espécies que mais colidem. Isso é explicado pelo comportamento de voo das aeronaves militares que permanecem maior tempo em baixas altitudes em relação à aviação civil. Apesar dessas diferenças, entre as 10 espécies mais problemáticas para a aviação, sete são comuns aos segmentos civil e militar (ZAKRAJSEK e BISSONETTE, 2005).

Dolbeer (2006) analisou as espécies que causam maiores problemas à aviação em relação ao extrato de altitude onde ocorreram as colisões. Até 500 pés de altitude é mais comum a colisão com passeriformes, seguida por gaivotas e pombos. Acima de 500 pés, o grupo com maior número de colisões é o dos gansos, seguido pelo das gaivotas e rapinantes, onde predominam os urubus. O grupo dos gansos representa mais de 50% do total de colisões registradas em altitudes superiores a 3.500 pés.

Apesar de representar menos de 3% do total de incidentes reportados, a colisão com mamíferos causa grande preocupação à comunidade da aviação. (BARRAS e SEAMANS *et al.*, 2002; DOLBEER *et al.*, 2000; CLEARY e DOLBEER, 2005). Entre as espécies de mamíferos, o grupo que mais frequentemente provoca colisão com aeronaves, e que causa maiores prejuízos à aviação nos Estados Unidos e Canadá, é o dos cervídeos. Esses incidentes ocorrem principalmente em pequenos aeródromos ou pistas em localidades remotas (DOLBEER *et al.*, 2000).

Entre as colisões com mamíferos que resultaram em dano à aeronave, os cervos são responsáveis por 94% (CLEARY e DOLBEER, 2005). Isso os coloca entre os 10 grupos de maior risco para a aviação civil americana (DOLBEER *et al.*, 2000), diferentemente da aviação militar, em que esse grupo não integra os 20 de maior risco (ZAKRAJSEK e BISSONETTE, 2005). Em seguida, aparece o grupo dos carnívoros, sendo o coio o principal problema, responsável por cerca de 25% do total das colisões ocorridas com mamíferos (DOLBEER, 2005).

No Brasil, as espécies que mais frequentemente estão envolvidas em colisões com aeronaves e que oferecem maior risco à aviação civil são o quero-quero (*Vanellus chilensis*), o urubu (*Coragyps atratus*, *Cathartes sp.*) e o carcará (*Caracara caracara*) (MORAIS, 2012).

Nos países temperados há grande efeito da sazonalidade na quantidade de colisões reportadas (CLEARY e DOLBEER, 2005; DOLBEER, 2006). Isso ocorre devido a fatores relacionados a aspectos biológicos das espécies envolvidas em colisões,

como a reprodução e, principalmente, a migração (SODHI, 2002). Nos Estados Unidos, a ocorrência de colisões em altitudes abaixo de 500 pés é maior entre julho e outubro, sendo agosto, o auge do verão no hemisfério norte, o mês onde tradicionalmente há maior quantidade de colisões nessa faixa de altitude.

Colisões em altitudes superiores a 500 pés ocorrem com maior frequência nos meses de abril e maio, e setembro a novembro (primavera e outono), onde há grande fluxo migratório de aves na região (DOLBEER, 2006). Meses com maior temperatura média permitem a formação de colunas de convecção térmica na atmosfera, permitindo que algumas aves, como urubus e albatrozes, utilizem essas colunas de ar para voar em altitudes maiores (DEVAULT *et al.*, 2005). A maior parte das colisões com mamíferos ocorre entre agosto e novembro em zonas temperadas. Em regiões tropicais há maior incidência de colisões nos meses chuvosos (SODHI, 2002).

2.5 CONTROLE DE FAUNA NOS AERÓDROMOS

Historicamente, a principal cobertura vegetal em aeródromos são as gramíneas. Esse tipo de cobertura tem potencial para atrair grande quantidade e variedade de espécies da fauna que causam perigo à aviação (BLACKWELL *et al.*, 2009).

Aeródromos proveem fonte de alimentação, nidificação, repouso e, muitas vezes, locais de dessedentação para grande quantidade de aves, que, em muitos casos, podem causar risco às suas atividades (SODHI, 2002). Além disso, sítios aeroportuários oferecem baixo grau de distúrbio humano para algumas espécies de animais devido a questões de segurança, que não permitem a presença humana em grande parte de sua área e à diversidade de habitats (BLACKWELL *et al.*, 2009). Outra questão importante é que o controle e o manejo de aves é bastante difícil fora do ambiente aeroportuário devido a grandes conflitos de posse e jurisdição para que esse trabalho seja feito (DEFUSCO *et al.*, 2005).

Por tudo isso, a *International Civil Aviation Organization* (ICAO) recomenda que os aeródromos tenham planos de ação para o monitoramento e controle da fauna, visando minimizar os riscos de colisão (ALLAN e OROSZ, 2001; SODHI, 2002).

A premissa básica do manejo de fauna nos aeroportos é que, diminuindo a densidade de animais no aeródromo, minimiza-se o risco de colisão (CLEARY e DOLBEER, 2005; DEFUSCO *et al.*, 2005; DOLBEER, 2006). Entretanto, a relação

entre densidade de animais e número de colisões é complexa (ALLAN e OROSZ, 2001).

Espécies diferentes apresentam comportamentos distintos, o que gera riscos diversos, mesmo em concentrações parecidas. Espécimes juvenis tendem a se envolverem em colisões mais frequentemente que indivíduos adultos. A retirada sistemática de animais do sítio aeroportuário, sem a mudança de suas características ambientais, tende a gerar uma recolonização do ambiente com espécimes não habituadas com aeronaves, o que acaba por aumentar o risco de colisão (SODHI, 2002).

O manejo de fauna em aeroportos pode ser agrupado em ações de curto e de longo prazos. As ações de curto prazo referem-se a medidas de retirada dos animais do sítio aeroportuário. As ações de manejo de longo prazo estão relacionadas a medidas de manejo de habitat, que visam tornar o ambiente menos atrativo para a fauna (SODHI, 2002; DOLBEER, 2006).

O planejamento da cobertura vegetal e o manejo de habitat são métodos passivos de controle da população de espécies que causam risco à aviação em ambientes aeroportuários (DEFUSCO *et al.*, 2005).

Diante disso, diversos autores defendem que o método mais eficiente de controle do perigo de fauna é o manejo de habitat nos aeroportos. Algumas técnicas de manejo de habitat têm se mostrado eficiente para o controle das espécies da fauna que causam riscos à aviação em aeroportos em todo o mundo (ALLAN e OROSZ, 2001; SODHI, 2002; BARRAS e SEAMANS, 2002; WASHBURN e SEAMANS, 2004; DEFUSCO *et al.*, 2005; DOLBEER, 2006; SEAMANS *et al.*, 2007; BLACKWELL *et al.*, 2009).

O manejo da vegetação é parte fundamental para a diminuição do risco de colisões em ambientes aeroportuários. Há diversos estudos que relacionam a densidade de animais ao tipo e à altura da vegetação nas áreas operacionais dos aeroportos. A manutenção de vegetação com altura superior a 25 centímetros nas áreas de pistas diminui a concentração de diversas espécies que oferecem risco à aviação, como gaivotas e quero-queros (ALLAN e OROSZ, 2001; WASHBURN e SEAMANS, 2004; SEAMAN, 2007). Entretanto, isso pode ocasionar crescimento da população de invertebrados e pequenos mamíferos, o que pode acarretar aumento de espécies predadoras, que também causam riscos, como o grupo dos gaviões (BLACKWELL *et al.*, 2009).

Outra técnica de manejo de habitat que vem sendo utilizada com sucesso em aeroportos de todo o mundo é a introdução de predadores nos sítios aeroportuários. Diversos aeroportos utilizam cães da raça *border colie* treinados para afugentar as aves presentes nas áreas operacionais. Aves de rapina, como falcões, também são usadas para o afugentamento e a captura de indivíduos indesejáveis. Esse tipo de operação necessita de animais extremamente treinados e deve ser feita em conjunto com os operadores do tráfego aéreo no aeroporto, para que não haja aumento do risco no momento em que são desenvolvidas, pois, em muitos casos, não há como prever qual será o comportamento dos animais que estão sendo perseguidos pelo predador introduzido (ALLAN e OROSZ, 2001; SODHI, 2002; CLEARY e DOLBEER, 2005).

Fora do ambiente aeroportuário, a ICAO recomenda que em alturas inferiores a 10.000 pés, as aeronaves trafeguem em velocidades inferiores a 250 nós, ou 462 quilômetros por hora, o que aumenta a chance do animal evitar a colisão, e, caso isso não seja ocorra, diminui a severidade do dano causado pelo incidente. Para aeronaves militares, o aumento da altura em relação ao solo de voo de 1.500 para 3.500 pés diminui o risco de colisão em 54% (DOLBEER, 2006).

Nos Estados Unidos e em alguns países de zonas temperadas, pesquisadores têm desenvolvido modelos para indicar onde há maior risco para a aviação. São modelos elaborados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) que têm como dados de entrada as rotas migratórias utilizadas pelas aves e os censos sistemáticos realizados duas vezes ao ano em todo o país. Esses modelos são conhecidos como *Bird Avoidance Model* (BAM) (SODHI, 2002; ZAKRAJSEK E BISSONETTE, 2005), desenvolvidos em escala regional, com resolução espacial de 1 km e atualizados anualmente (SHAMOUN-BARANES *et al.*, 2008).

Mais recentemente, esses modelos têm sido usados como dados de entrada para uma modelagem mais dinâmica, a *Avian Hazard Advisory System* (AHAS), que utiliza dados de previsão de movimentação de aves em tempo real e de radares usados para identificar a movimentação de grandes grupos de aves (DEFUSCO *et al.*, 2005; LIECHTI, 2010). Esse sistema é capaz de atualizar a previsão de risco a cada 10 minutos, mas, devido a sua baixa resolução espacial, é eficiente apenas para o monitoramento do risco de colisão em períodos e regiões de grandes migrações de aves (ZAKRAJSEK e BISSONETTE, 2005).

3 FRAGMENTAÇÃO DE HABITAT

A perda e a fragmentação de habitats são a raiz de muitos problemas relacionados à conservação ambiental (DEBINSKI e HOLT, 2000), e seus efeitos são sentidos principalmente com a perda da biodiversidade (FAHRIG, 2003). A perda de habitat resulta na extinção de populações de organismos que dependem dele, e espécies diferentes desaparecem de forma gradativa em função de sua dependência e do grau de integridade do ambiente (FAHRIG, 2002).

A conversão de habitats naturais em ambientes antropizados é um processo crescente na história da humanidade, reduzindo ecossistemas naturais, tornando-os cada vez mais fragmentados e transformando-os em mosaicos com diferentes nichos. Isso influencia a distribuição das espécies de animais e plantas ao longo desse novo ambiente (DEBUSE *et al.*, 2007; GARAFFA *et al.*, 2009).

Além de modificar as populações de espécies da fauna e flora locais, a fragmentação do ambiente é capaz de modificar condições abióticas, alterando os serviços ambientais prestados, como a ciclagem de nutrientes e o regime hídrico da região que sofreu a modificação (DEBINSKI e HOLT, 2000).

3.1 FAUNA EM AMBIENTES FRAGMENTADOS

Fragmentação de habitat é, conceitualmente, definida como o processo em que há transformação de grande área natural em partes isoladas por uma matriz diferente da original, onde a área total dos fragmentos é menor que aquela ocupada inicialmente pelo habitat (FAHRIG, 2003), ou seja, além da perda ou diminuição do habitat original, há a criação e o aumento de novos (ANDRÉN, 1994). São fatores presentes no processo de fragmentação a redução da área total do habitat, o isolamento dos fragmentos e a conseqüente modificação na qualidade ecológica do ambiente (BERG, 1997).

Esse processo tem efeito deletério na biodiversidade local, causando o desaparecimento de muitas espécies e promovendo a colonização por organismos que não estavam presentes no ambiente antes da alteração (MARZLUFF e EWING, 2001; DEBUSE *et al.*, 2007).

De maneira geral, a riqueza de espécies de fauna presente em habitats fragmentados é função da qualidade, do tamanho e do isolamento dos fragmentos. Áreas pequenas e muito isoladas tendem a ter menos espécies do que fragmentos

maiores e com grau de isolamento menor, entretanto, em ambientes recém-alterados, a riqueza de espécies pode não diminuir imediatamente em períodos iniciais à perturbação. Pode, também, haver o aumento da riqueza devido à presença de espécies colonizadoras, invasoras e em trânsito (DEBINSKI e HOLT, 2000).

O tamanho do fragmento remanescente afeta de maneira diferente as espécies que viviam originalmente no ambiente. Algumas espécies têm exigências de áreas de vida maiores que outras, tornando-as mais vulneráveis (FAHRIG, 2003). No grupo das aves em geral há diminuição da riqueza de espécies e aumento da densidade de indivíduos à medida que o tamanho do fragmento diminui (DONNELLY e MARZLUFF, 2004), o mesmo comportamento foi observado em populações de pequenos mamíferos e insetos (DEBINSKI e HOLT, 2000).

Em relação ao isolamento dos fragmentos, o que explica a dinâmica das populações nesses ambientes são as teorias da biogeografia de ilhas e de metapopulações (ANDRÉN, 1994). O isolamento cria uma barreira de dispersão das espécies fazendo com que algumas populações tornem-se inviáveis ao longo do tempo, causando a extinção de espécies no fragmento. Quanto maior for o isolamento do fragmento, maiores são os efeitos desse processo e menor a diversidade de espécies (FAHRIG, 2003).

Outro fator prejudicial à biodiversidade muito analisado no estudo de ambientes fragmentados e que diz respeito à qualidade do fragmento é o efeito de borda, que se caracteriza pela perturbação dos ambientes de habitat natural do fragmento causada pela área de transição entre a área não alterada e as alteradas. O efeito de borda é função da diferença entre o tamanho da área por seu perímetro (FERNÁNDEZ-JURICIC e JOKIMÄKI, 2001).

Algumas espécies são menos afetadas por esses efeitos e conseguem adaptar-se à nova condição, outras, porém, ficam com o habitat ainda mais restrito, podendo vir a desaparecer. Há, ainda, aquelas que são favorecidas pelo novo ambiente e passam a colonizar áreas onde antes não habitavam (DEBINSKI e HOLT, 2000; DEBUSE *et al.*, 2007).

3.2 AVES EM AMBIENTES DEGRADADOS E URBANOS

Enquanto em escala global a agricultura é a maior responsável pela perda e fragmentação de habitats naturais, de todas as modificações ambientais, a

urbanização é a que apresenta maior impacto local, devido a sua persistência e dissimilaridade com o ambiente original (MARZLUFF e EWING, 2001), sendo uma das principais causas da extinção de biodiversidade (MCKINNEY, 2006).

A urbanização tende a criar um ambiente complexo, onde a fragmentação de habitat é extrema, podendo coexistir ambientes totalmente modificados, naturais e ambientes com diferentes graus de degradação em uma área relativamente pequena (CROOKS *et al.*, 2004). Algumas características desses ambientes, como perturbações pontuais e fenômenos, tais como, as ilhas de calor, afetam os organismos presentes nesse mosaico, em todas as escalas espaciais (SAVARD *et al.*, 2000; FERNÁNDEZ-JURICIC e JOKIMÄKI, 2001). Isso gera a perda de algumas espécies nativas e o aparecimento de outras exóticas ou invasoras (MCKINNEY, 2006). Há espécies de aves que se adaptaram tão bem ao ambiente urbano que se tornaram cosmopolitas, estando presentes em grandes cidades, em todos os continentes, como é o caso do pombo doméstico (*Columba livia*) e do pardal (*Passer domesticus*) (SAVARD *et al.*, 2000).

Nas cidades, a riqueza de espécies de avifauna tende a ser maior em áreas com grande cobertura vegetal, diminuindo em direção ao centro, onde geralmente há maior grau de perturbação. Estudos mostram que a riqueza de espécies tende a diminuir perto de locais mais urbanizados e aumentar em direção às áreas fora da cidade e de ambientes naturais. Entretanto, os locais com maior riqueza são aqueles com certo grau de perturbação, devido à presença tanto de espécies de áreas naturais, quanto daquelas que se adaptam a qualquer ambiente (SAVARD *et al.*, 2000; CROOKS *et al.*, 2004; GARAFFA *et al.*, 2009).

As espécies mais prejudicadas pelo processo de urbanização são as especificistas, as quais dependem de recursos específicos, como as frugívoras, nectívoras e insetívoras, enquanto as espécies que se beneficiam do processo, em geral, são denominadas generalistas (ATHIE e DIAS, 2010).

Apesar de a diversidade de avifauna diminuir, a densidade e a biomassa total de aves aumentam em ambientes urbanos, isso porque a quantidade de recursos disponíveis para as espécies adaptadas é muito grande, devido às sobras e dejetos produzidos pela população humana. Dessa forma, o entendimento da estrutura e a função da teia alimentar das espécies é a chave para o seu manejo (FAETH *et al.*, 2005).

4 SENSORIAMENTO REMOTO DA VEGETAÇÃO

4.1 HISTÓRICO

A vegetação natural é o fator que influencia tanto a ecologia, como todos os fluxos da biosfera importantes para o funcionamento do planeta, tais como os fluxos do nitrogênio, da água, do carbono, além da vegetação ser o principal regulador do clima em escalas local, regional e global (ROGAN *et al.*, 2002; WANG e TENHUNEN, 2004; H. XU e ZHANG, 2013).

O mapeamento das mudanças na cobertura vegetal tem sido feito ao longo dos séculos para fins de análise de estoques de recursos naturais e de identificação de solos mais produtivos para agricultura, servindo de referência para a localização e para a análise dos recursos hídricos, entre outros. Esses mapeamentos foram realizados ao longo da história utilizando-se diversas metodologias em função do objetivo e da tecnologia disponível (WANG e TENHUNEN, 2004).

O sensoriamento remoto da vegetação surgiu com as primeiras câmeras a bordo de balões a gás, o que permitiu a análise da cobertura do solo sob nova perspectiva. O desenvolvimento da aviação, no século XX, possibilitou maior produção de dados de sensoriamento remoto em grandes áreas, e as metodologias para a coleta desses dados começaram a ser desenvolvidas em diversas partes do mundo.

O sensoriamento remoto orbital teve início nas primeiras expedições tripuladas ao espaço, na década de 1960. Nos anos 1970 já havia satélites para o monitoramento da cobertura da Terra, o que possibilitou o estudo e o monitoramento da vegetação em nível global (ROGAN *et al.*, 2002).

Desde então, com a diminuição dos custos de aquisição de dados e o desenvolvimento de tecnologias de processamento destes, o sensoriamento remoto orbital da vegetação tornou-se mais acessível e possibilitou uma infinidade de usos, que vai desde a identificação de áreas que sofreram subtração da vegetação até a identificação de diferentes nichos de habitats em um ecossistema (TIRPAK e GIULANO, 2010).

O desenvolvimento do sensoriamento remoto orbital deu-se tanto com o aumento da resolução espacial, espectral e radiométrica dos sensores, como com o desenvolvimento de filtros e processamentos que permitem a análise de misturas espectrais, sendo possível analisar os componentes de pixels impuros e possibilitando análise em escala maior que a do dado original (ASNER *et al.*, 2000).

O aumento da resolução espacial possibilitou análise mais detalhada da vegetação, permitindo a identificação de detalhes não perceptíveis a sensores sem essa característica. Em dados de sensores submétricos é possível, em ambientes urbanos, a diferenciação e o monitoramento do crescimento de cada árvore presente na área de interesse (ARDILA *et al.*, 2012).

O uso de sensores ativos, como o radar, tem sido de grande importância para o estudo e para a análise da cobertura vegetal. No Brasil, o primeiro grande levantamento sistemático da cobertura vegetal, no início da década de 1970, foi realizado pelo Projeto Radam, utilizando radar aerotransportado de visada lateral (FERREIRA *et al.*, 2008). Hoje, esse tipo de sensor é utilizado para fazer estimativas de biomassa acima do solo, estocada pela cobertura vegetal. Esses sensores são capazes de coletar dados mesmo em regiões com nebulosidade e chuva, sendo de grande utilidade em ambientes tropicais úmidos (CLARK *et al.*, 2011).

Mais recentemente, sensores ativos a *laser*, LIDAR, estão sendo usados para coletas de dados relativos à volumetria da biomassa vegetal de forma bastante precisa (LEFSKY *et al.*, LIECHTI e GASTEREN, 2010, 2002; CLARK *et al.*, 2011). O uso dessa tecnologia também se mostrou eficiente para a caracterização de processos sucessionais em florestas tropicais (CASTILLO-NUÑEZ *et al.*, 2011).

Estudos como os de Clark (2011) já utilizam a integração de dados de sensores hiperespectrais e LIDAR para a análise de aspectos de volumetria de biomassa acima da superfície, da composição florística e dos processos de sucessão com resultados semelhantes aos coletados em campo em escala grande de detalhe.

4.2 PROGRAMA LANDSAT

O programa Landsat tem a maior série temporal de dados de sensoriamento remoto orbital de recobrimento da Terra. O programa existe desde 1970, tendo o seu primeiro satélite em atividade em 1972, com o nome de *Earth Resources Technology Satellite* (ERTS). Posteriormente rebatizado de Landsat 1, foi o primeiro satélite orbital no mundo lançado com o objetivo de estudar e monitorar a cobertura terrestre; seu principal objetivo era o monitoramento do clima. O satélite transportava dois sensores, o *Return Beam Vidicon* (RBV) e o *Multispectral Scanner* (MSS). O MSS mostrou-se mais eficiente na coleta e transmissão de dados e tinha 4 bandas espectrais. Uma banda na região espectral do verde, uma na região espectral do

vermelho e duas na região do infravermelho. Os dados eram coletados com resolução espacial de 68 por 83 metros.

Em 1982, um novo sensor foi lançado a bordo do satélite Landsat 4, o *Thematic Mapper* (TM), com seis bandas espectrais na região espectral do visível e do infravermelho, e resolução espacial de 30 metros, além de uma banda termal com resolução espacial de 120 metros. O tempo de recobrimento da superfície da Terra para esse sensor era de 16 dias. Em 1999 foi lançado, a bordo do satélite Landsat 7, o sensor *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM), com as mesmas bandas do sensor TM e mais uma pancromática com resolução espacial de 15 metros. Esse sensor ficou em operação até o ano de 2012.

No momento, o programa Landsat está trabalhando com seu satélite de oitava geração, Landsat 8, que foi lançado em fevereiro de 2013. Os sensores presentes nesse satélite são o *Operational Land Imager* (OLI) e o *Thermal Infrared Sensor* (TIRS), possuindo um total de 11 bandas espectrais nas regiões do visível, infravermelho próximo e infravermelho termal, tendo resolução espacial de 30 metros para as bandas espectrais na região do visível e infravermelho, 100 metros para as bandas espectrais na região do infravermelho termal e de 15 para a banda pancromática (Tabela 1).

Tabela 1 - Sensores e principais satélites Landsat

Satélite	Ano	Sensor	Bandas	Intervalo Espectral (μm)	Resolução espacial (metros)		
Landsat 1	1972	Multispectral Scannes System	4	0,52 - 0,6	60		
				0,63 - 0,69	60		
				0,76 - 0,9	60		
				0,8 - 1,1	60		
Landsat 5	1984	MSS	5		60		
			7	0,45 - 0,52	30		
		Thematic Mapper		0,52 - 0,6	30		
				0,63 - 0,69	30		
				0,76 - 0,90	30		
				1,55 - 1,75	30		
Landsat 7	1999	Enhanced Thematic Mapper Plus	8	10,4 - 12,5	120		
				2,08 - 2,35	30		
				0,45 - 0,515	30		
				0,525 - 0,605	30		
				0,63 - 0,69	30		
				0,75 - 0,9	30		
				1,55 - 1,75	30		
				10,4 - 12,5	60		
				2,09 - 2,35	30		
				0,52 - 0,9	15		
Landsat 8	2013	Operational Land Imager	9	0,433 - 0,453	30		
				0,45 - 0,515	30		
				0,525 - 0,6	30		
				0,63 - 0,68	30		
				0,845 - 0,885	30		
				1,56 - 1,66	30		
				2,1 - 2,3	30		
				0,5 - 0,68	15		
				1,36 - 1,39	30		
				Thermal Infrared Sensor	2	10,6 - 11,2	100
						11,5 - 12,5	100

Fonte: NASA, 2013

4.3 ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

Os índices de vegetação são a maneira mais simples e eficiente de realçar a radiação refletida pelos tecidos vegetais, ao mesmo tempo em que minimizam efeitos da reflectância de outros alvos que estejam presentes no ambiente, como o solo. A maior parte desses índices são operações entre bandas espectrais na região do vermelho e do infravermelho próximo, isso porque esses comprimentos de onda estão diretamente relacionados à atividade fotossintética (FERREIRA *et al.*, 2008). Entretanto, há uma gama de operações entre bandas espectrais e processamentos que propiciam a análise de vigor da vegetação, componentes de tecidos vegetais, área foliar, entre outros (ASNER *et al.*, 2000; HABOUDANE *et al.*, 2004; TIRPAK e GIULANO, 2010; SONNENSCHNEIN *et al.*, 2011).

O primeiro índice de vegetação foi desenvolvido quando Rouse (1973) propôs uma operação entre as bandas espectrais 5 e 7, correspondentes aos comprimentos de

onda das regiões do vermelho e do infravermelho do sensor MSS, a bordo do satélite ERTS, que depois ficou conhecido como Landsat 1. Esse índice mostrou-se eficiente para a análise da biomassa vegetal acima da superfície e o teor de umidade da vegetação. A equação proposta por Rouse (1973) consistiu na divisão da diferença dos valores de radiância das bandas espectrais do vermelho e do infravermelho pela soma dos valores dessas mesmas bandas. O procedimento foi chamado de *Transformed Vegetation Index* (TVI), mas ficou mundialmente conhecido como *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI).

Desde então, diversos índices de vegetação foram desenvolvidos para diferentes análises da cobertura vegetal. Em áreas agrícolas, o *Leaf Area Index* (LAI) é utilizado para análise de produtividade das plantações, possibilitando o prognóstico de safras (HABOUDANE *et al.*, 2004). Em áreas onde há grande influência da reflectância do solo dificultando a análise de dados da vegetação, o *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI) reduz essa influência indesejada, possibilitando um estudo mais refinado da cobertura vegetal (SONNENSCHNEIN *et al.*, 2011). Existem, na literatura, muitos outros índices de vegetação que permitem a análise de diversos aspectos da cobertura vegetal.

4.4 NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI)

O NDVI é reconhecido na literatura científica como sendo um bom método de representação do crescimento da vegetação e do vigor da cobertura vegetal (BUDDE *et al.*, 2004). Ele tem sido utilizado ao longo dos anos para análise de ecossistemas a partir dos mais variados sensores espectrais disponíveis em diversos biomas (WEISS *et al.*, 2004; OZYAVUS, 2010; H. XU e ZHANG, 2013).

O NDVI permite a análise de fatores biofísicos da vegetação relacionados a elementos fotossintetizantes como a clorofila das folhas da cobertura vegetal, indicando a produtividade e vigor da vegetação, mas não indica diretamente qual o tipo de cobertura do solo (WANG e TENHUNEN, 2004). Entretanto, em alguns casos, é possível diferenciar as fitofisionomias de um ecossistema utilizando dados de NDVI a partir do intervalo de valores que cada classe vegetal apresenta (STEYER *et al.*, 2013).

Por tratar-se de equação normalizada (Equação I), os valores de NDVI podem variar entre um e menos um. Valores superiores a zero indicam a presença de vegetação na área analisada, enquanto os menores que zero indicam regiões com ausência de

vegetação, como solo exposto, água e neve. Alguns corpos d'água podem apresentar valores positivos devido à presença de organismos fotossintetizantes, como as algas. Valores elevados indicam maior vigor da vegetação (WEISS *et al.*, 2004).

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED}) \quad (\text{I})$$

Onde:

NIR = Valor da banda do infravermelho próximo, e;

RED = Valor da banda do vermelho.

Apesar de estar relacionado à produtividade primária, o NDVI não está associado à biomassa total acumulada pela vegetação. Dessa forma, é possível que áreas de agricultura intensa tenham valores de NDVI maiores que áreas de floresta densa, mesmo que a biomassa total da área agrícola seja apenas uma pequena fração da biomassa presente na floresta (SHOSHANY, 2000). Diferenças entre valores de NDVI em uma mesma área, com vegetação natural, estão associadas a mudanças fenológicas da vegetação (WEISS *et al.*, 2004).

As limitações do índice estão relacionadas principalmente aos efeitos atmosféricos e à influência da radiância do solo, especialmente onde a cobertura vegetal é pouco densa (HABOUDANE *et al.*, 2004; SONNENSCHNEIN *et al.*, 2011), e, por isso, em certos casos é necessário algum tipo de correção radiométrica dos dados (H. XU e ZHANG, 2013). Isso também depende da resolução do sensor, pois no uso de dados com resolução espacial submétrica em ambientes urbanos, o NDVI mostrou-se capaz de permitir a diferenciação de indivíduos na população arbórea (ARDILA *et al.*, 2012).

4.5 ANÁLISE MULTITEMPORAL DA VEGETAÇÃO

Séries temporais de imagens têm sido usadas ao longo das últimas décadas para a análise de mudanças na cobertura vegetal causadas por desflorestamento, mudanças de estágio sucessional, mudanças sazonais, entre outros (COLSTOUN *et al.*, 2003; WANG e TENHUNEN, 2004).

Análise de séries anuais longas permite o entendimento de quais processos apresentam maior importância na dinâmica de mudanças na cobertura do solo, enquanto séries curtas, com imagens ao longo de um único ano, permitem a análise

de mudanças sazonais e de fenologia da vegetação ao longo das estações climáticas (TIRPAK e GIULANO, 2010; SONNENSCHNEIN *et al.*, 2011).

Grande parte dos estudos multitemporais da vegetação com dados de sensoriamento remoto foram feitos com a utilização de índices de vegetação. Desses, o NDVI mostrou-se eficiente tanto para análises da dinâmica da cobertura do solo em séries longas (SHOSHANY, 2000), como para análise de aspectos fenológicos sazonais, que ocorrem ao longo do ano devido às mudanças nas estações climáticas, bem como para a identificação de áreas com crescimento anômalo da vegetação (BUDDE *et al.*, 2004).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 ÁREA DE ESTUDO

A ASA foi criada a partir da Instrução Normativa nº 4, do CONAMA, de 1995, com o objetivo de impedir o funcionamento de empreendimentos e atividades com potencial atração à avifauna que pudessem causar risco à aviação civil no entorno dos aeródromos que operam no país. Entre os empreendimentos proibidos nessas áreas estão matadouros, lixões, aterros sanitários, culturas agrícolas com potencial de atratibilidade para grandes grupos de ave, entre outros. Em outubro de 2012, foi sancionada pela Presidência da República, a Lei nº 12.725, de forma a criar um instrumento mais efetivo para a implementação da ASA no país. A ASA engloba a área de 20 quilômetros de raio em relação ao centro do aeródromo.

O presente estudo analisou a diminuição de áreas naturais na ASA de 4 aeroportos em diferentes regiões brasileiras: Cuiabá (centro-oeste), Porto Alegre (sul), Manaus (norte) e Guarulhos (sudeste) (Figura 1).

Figura 1 - Aeroportos analisados neste estudo



Buscou-se utilizar ao menos um aeroporto da região nordeste, mas em nenhum dos aeroportos que fazem parte do Projeto Manejo de Fauna nos Aeroportos Brasileiros da região foi possível encontrar imagens de satélite sem recobrimento de nuvens capazes de compor uma série satisfatória, principalmente por falta de imagens disponíveis para os últimos anos da série.

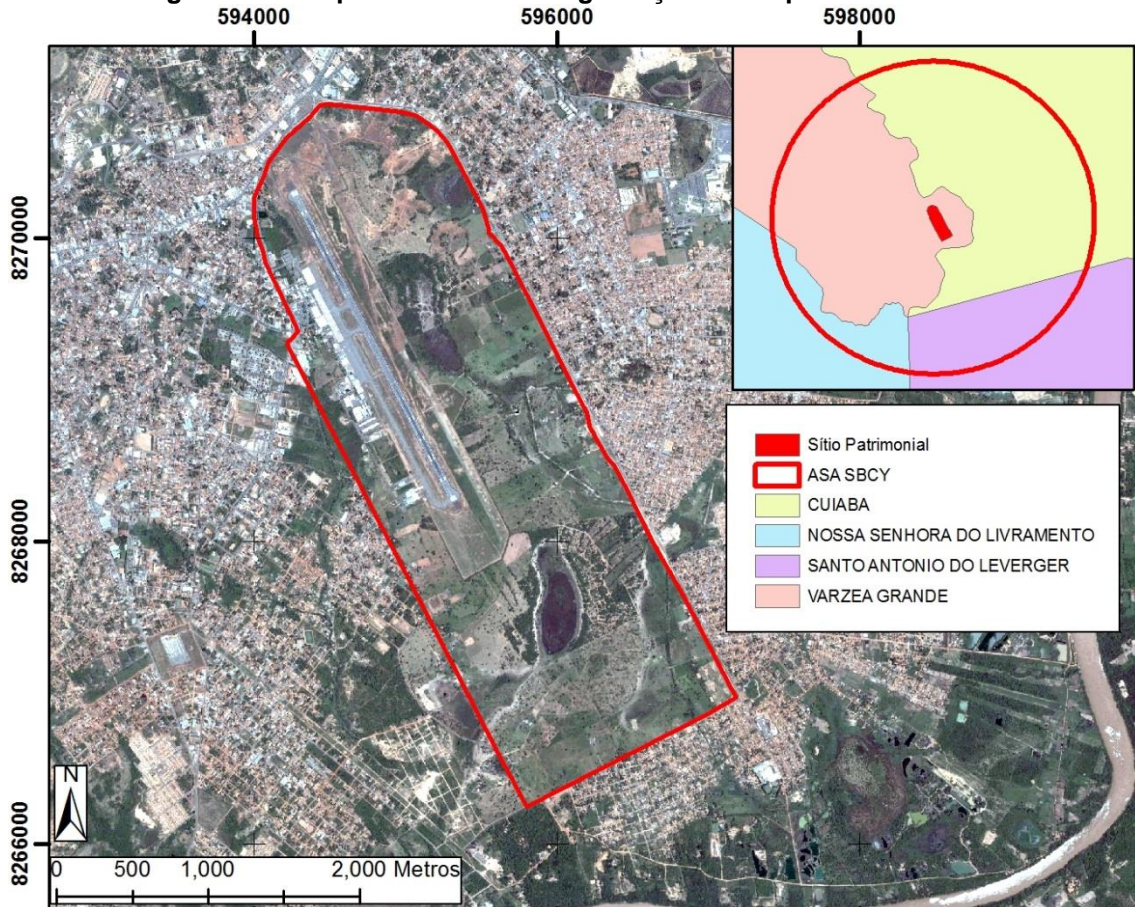
O projeto Manejo de Fauna nos Aeroportos Brasileiros faz parte de um convênio entre a Infraero e a Universidade de Brasília, por meio do Centro de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CDT), que desenvolve trabalho de pesquisa e manejo de fauna nos aeroportos brasileiros desde junho de 2009. O projeto é formado por uma coordenação nacional, composta por especialistas nas áreas de manejo de fauna, ornitologia, geoprocessamento e medicina veterinária. Além disso, em cada um dos aeroportos que fazem parte do convênio há uma equipe formada por um biólogo, um médico veterinário e ao menos quatro auxiliares de pesquisa graduandos na área de meio ambiente.

A definição das áreas nos aeroportos escolhidos para o presente estudo deu-se a partir da geração de um *buffer* de 20 quilômetros do centro da pista do aeródromo, conforme a Instrução normativa nº 4, do CONAMA. No aeroporto de Guarulhos, que opera com duas pistas, o *buffer* foi gerado a partir do centro geométrico da área operacional.

5.1.1 Cuiabá

A ASA do Aeroporto Internacional Marechal Rondon (SBCY) é formada pelos municípios de Cuiabá, Nossa Senhora do Livramento, Santo Antônio do Leverger e Várzea Grande (Figura 2).

Figura 2 - Área patrimonial e de segurança do aeroporto Marechal Rondon



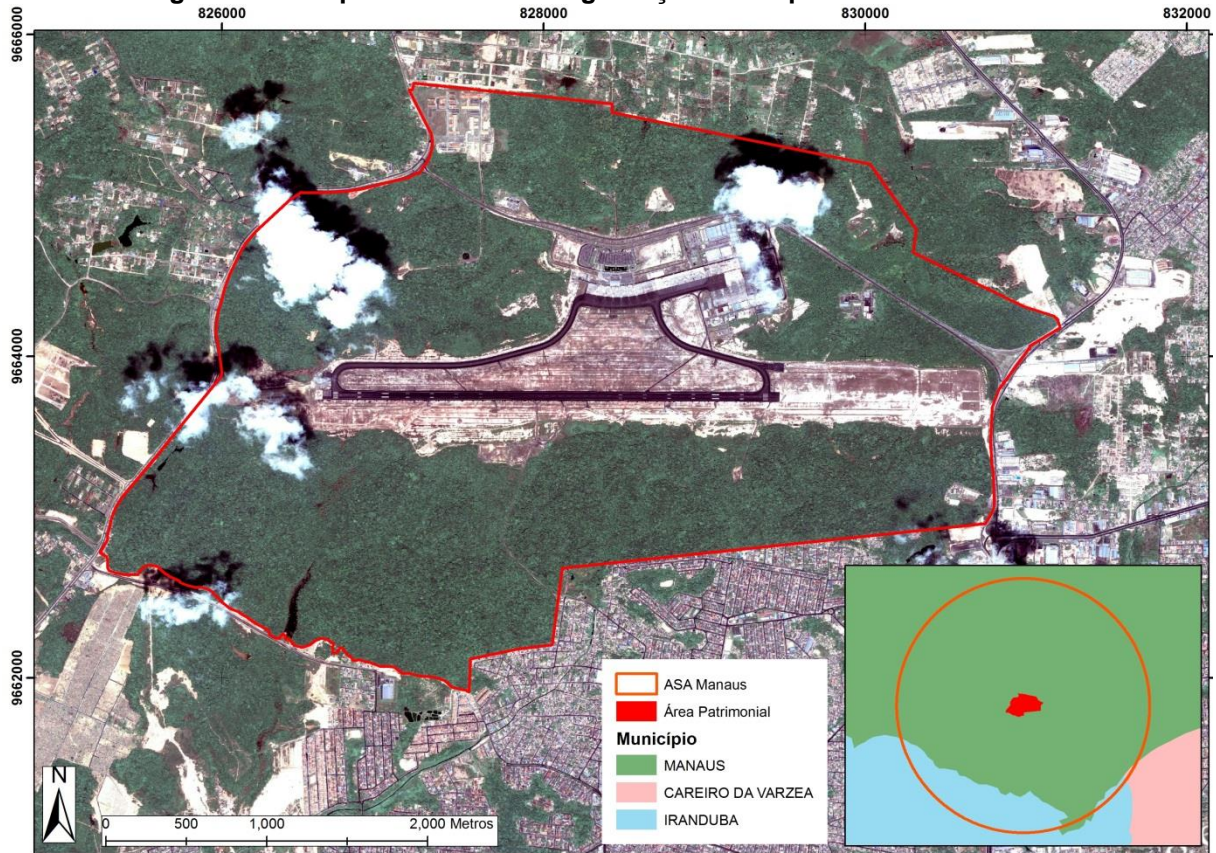
A vegetação da região de Cuiabá foi originalmente formada por florestas devido à grande quantidade de cursos d'água presentes no local. Sua composição florística apresenta espécies características de cerrado e floresta amazônica.

Fundada em 1719, pelo bandeirante Pascoal Moreira, a principal atividade econômica de Cuiabá, nos séculos XVIII e XIX, foi o garimpo de ouro. Hoje a economia da cidade está concentrada no comércio e indústria ligados ao agronegócio. Dados do IBGE (2013) indicam que a população da região metropolitana de Cuiabá, que compreende Cuiabá e Várzea Grande, é de 863.509 habitantes.

5.1.2 Manaus

A ASA do Aeroporto Internacional Eduardo Gomes (SBEG) é formada pelos municípios de Manaus, Iranduba e Careiro da Várzea. A área abrangida pela ASA é superior a 125.000 hectares ou 1.250 km² (Figura 3).

Figura 3 - Área patrimonial e de segurança do aeroporto Eduardo Gomes



Localizada no centro do estado do Amazonas, a vegetação original de Manaus é a floresta amazônica de terra firme. A ocupação europeia na região teve início no final do século XVI e a cidade foi fundada em 1669, com a construção do Forte de São José da Barra do Rio Negro, pelos colonizadores portugueses.

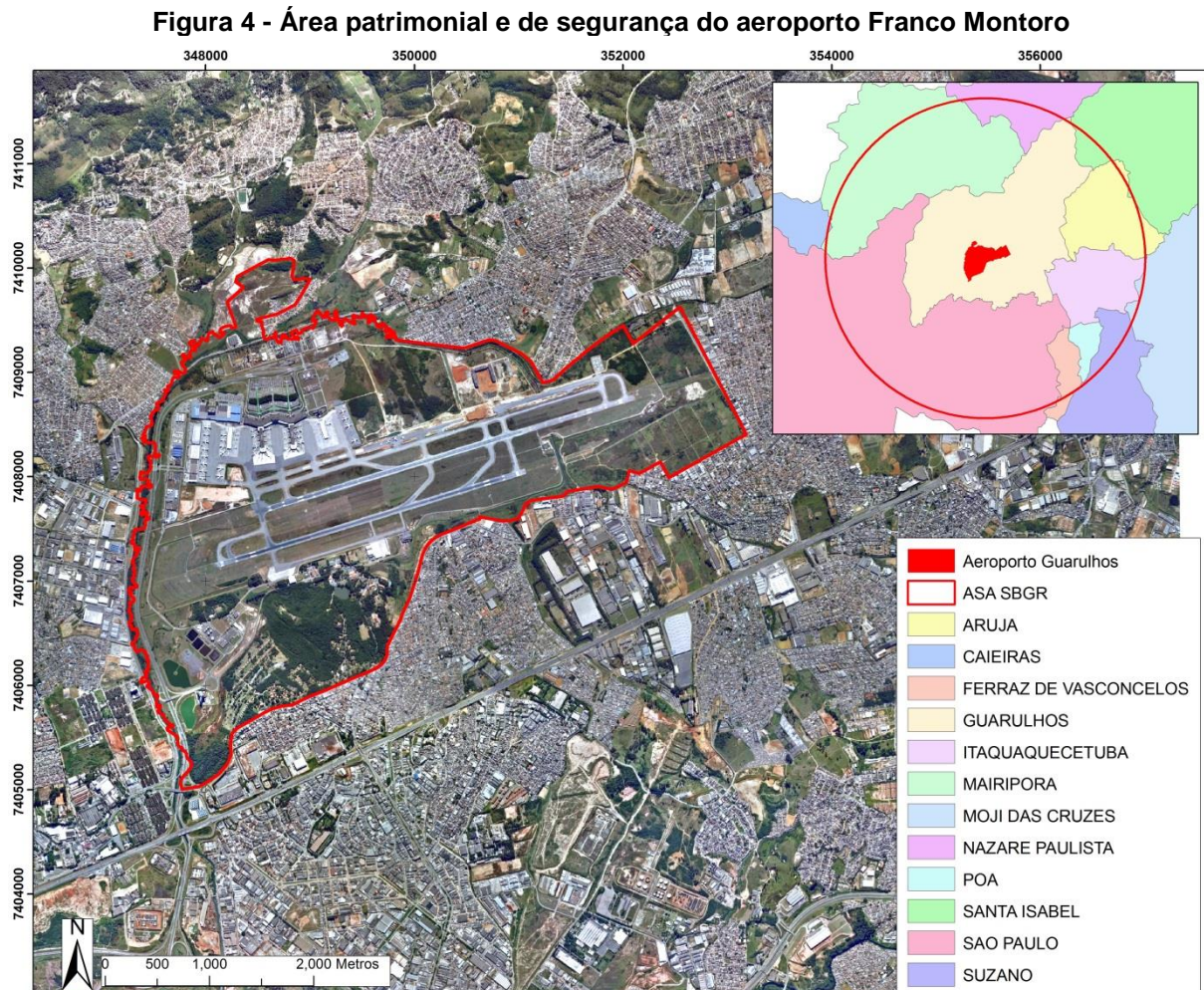
No século XIX, Manaus teve seu apogeu econômico com o ciclo da borracha, que perdurou até o início do século XX, quando a crise desse ciclo levou a região a um declínio econômico do qual só saiu nos anos 1960, com a criação da Zona Franca de Manaus e com a chegada de diversas indústrias, principal atividade econômica da cidade até os dias de hoje.

Dados do IBGE (2013) indicam que a região metropolitana de Manaus tem uma população de 1.982.177 habitantes, colocando a cidade entre as 30 mais populosas das Américas.

5.1.3 Guarulhos

A ASA do Aeroporto Internacional de Guarulhos (SBGR) é formada pelos municípios de Arujá, Caieiras, Ferraz de Vasconcelos, Guarulhos, Itaquaquecetuba, Mairiporã,

Moji das Cruzes, Nazaré Paulista, Poá, Santa Isabel, São Paulo e Suzano (Figura 4).



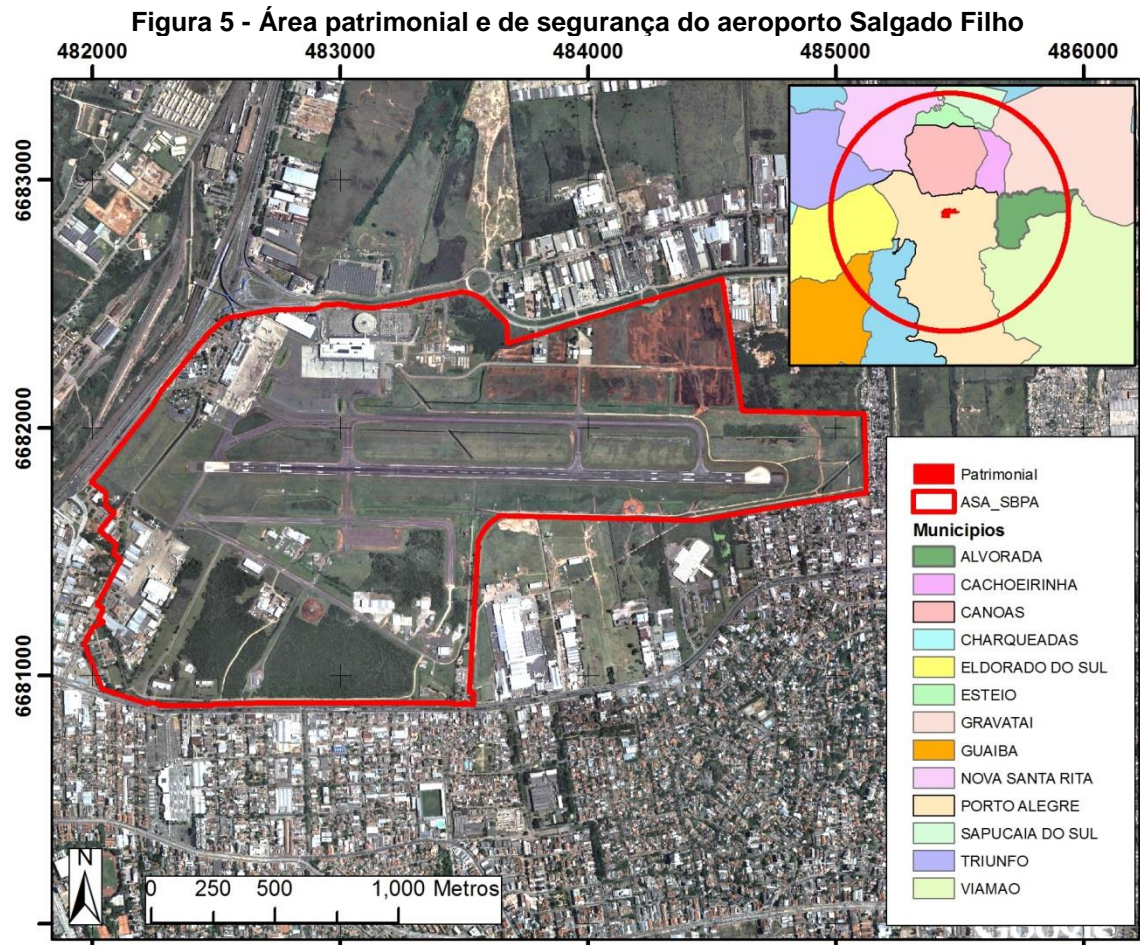
Guarulhos foi fundada em 1560, pelo padre jesuíta Manuel de Paiva, com o nome de Nossa Senhora da Conceição, com o objetivo de, com outros cinco povoados, proteger São Paulo do ataque de indígenas da etnia dos Tamoios. Hoje a cidade faz parte da região metropolitana de São Paulo e sua população é de 1.299.249 habitantes (IBGE, 2013).

A vegetação original da região é a mata atlântica, que ainda conta com um grande remanescente no Parque Estadual da Serra da Cantareira.

5.1.4 Porto Alegre

A ASA do Aeroporto Internacional Salgado Filho (SBPA) é formada pelos municípios de Porto Alegre, Guaíba, Eldorado do Sul, Triunfo, Nova Santa Rita, Sapucaia do

Sul, Esteio, Canoas, Cachoeirinha, Gravataí, Alvorada e Viamão. A área abrangida pela ASA é superior a 125.000 hectares ou 1.250 km² (Figura 5).



A vegetação original da região é composta de campos e charcos nas áreas baixas e alagáveis da cidade e de florestas nas regiões mais altas.

A população da região metropolitana de Porto Alegre é superior a 2 milhões de habitantes, sendo que apenas no município de Porto Alegre há cerca de 1.5 milhão de habitantes (IBGE, 2013).

5.2 ANÁLISE DAS COLISÕES

Para este estudo foram analisadas todas as colisões entre fauna e aeronave reportadas ao Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) em cada um dos quatro aeroportos, entre os anos de 2001 e 2012.

Para a análise do crescimento no número de incidentes envolvendo aeronaves e fauna não será utilizado o número absoluto de incidentes registrados. Para melhor comparação entre os aeroportos em diferentes anos, para cada um deles será

calculado o índice de colisões anual, conforme orientação da *International Civil Aviation Organization* (ICAO) e da literatura, obtido pela seguinte equação (Equação II):

$$I = (N/O) \times 10.000 \quad (II)$$

Onde:

I é o índice de colisões do aeródromo anual;

N é o número total de colisões registrado no aeródromo durante o ano;

O é o número de operações de pouso e decolagem realizadas no aeroporto durante o ano.

A aplicação do índice é feita para haver a normalização dos dados, permitindo a comparação entre aeroportos com movimentação distintas de aeronaves.

5.3 ANÁLISE DOS ATRATIVOS

A identificação dos principais focos atrativos dentro da ASA dos quatro aeroportos estudados foi feita em vistorias de campo na fase de diagnóstico ambiental realizadas em cada um dos aeroportos entre o segundo semestre de 2009 e o primeiro semestre de 2010. As vistorias foram realizadas pela equipe de coordenadores nacionais do projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros e fizeram parte dos Diagnósticos Ambientais produzidos para cada um dos aeroportos participantes do projeto.

Essas vistorias foram realizadas nas datas apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Data da campanha de campo para a realização do diagnóstico ambiental

Aeroporto	Data Campo Diagnóstico Ambiental
Aeroporto Internacional Marechal Rondon	12 a 21 de agosto de 2009
Aeroporto Internacional Eduardo Gomes	16 a 25 de novembro de 2009
Aeroporto Internacional Franco Montoro	15 a 24 de março de 2010
Aeroporto Internacional Salgado Filho	02 a 11 de dezembro de 2009

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os atrativos da ASA dos quatro aeroportos foram georreferenciados utilizando equipamento de localização por satélite, Garmin GPSMAP 60S, com projeção *Universal Transversa de Mercator* (UTM) e *South American Datum* 1969 (datum

SAD 69). Todos os atrativos foram classificados em função do risco, de acordo com a matriz de Vilarreal (2006).

Após essa avaliação inicial dos atrativos em cada aeroporto, houve o treinamento da equipe multidisciplinar, composta de biólogo, veterinário e assistentes de pesquisa, para identificação de novos atrativos e monitoramento dos que foram previamente identificados. Esse monitoramento é parte das funções das equipes locais dos aeroportos no âmbito do projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

Ocorreram vistorias mensais nesses pontos atrativos, verificação do *status* do atrativo, visando analisar se há variação sazonal ou mudança de classe, e esses dados eram enviados pela equipe e analisados em relatórios mensais. Esses dados, então, eram inseridos no banco de dados do projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

A gradação de risco de cada atrativo é feita em função da matriz de risco elaborada por Vilarreal (2006), que leva em consideração a quantidade e as características das espécies de aves encontradas no local (Figura 6).

Figura 6 - Matriz de ameaça operacional
MATRIZ DE AMEAÇA OPERACIONAL POR PRESENÇA DE AVES

MATRIZ DE RISCO OPERACIONAL		TAMANHO →	PEQUENAS (> 0,5 kg)			MÉDIAS (0,5 a 1,25 kg)			GRANDES (> 1,25 kg)		
			1			2			3		
		ABUNDÂNCIA →	BAIXA (0-10 ind)	MÉDIA (11-24 ind)	ALTA (>25 ind)	BAIXA (0-10 ind)	MÉDIA (11-24 ind)	ALTA (>25 ind)	BAIXA (0-10 ind)	MÉDIA (11-24 ind)	ALTA (>25 ind)
COMPORTAMENTO PREDOMINANTE ↓	ALTURA ↓		1	2	3	1	2	3	1	2	3
EMPOLEIRADO	1	0 - 50 m	4	5	6	5	6	7	6	7	8
		50 - 150 m	5	6	7	6	7	8	7	8	9
		> 150 m	6	7	8	7	8	9	8	9	10
VOO CURTO E UNIDIRECIONAL	2	0 - 50 m	5	6	7	6	7	8	7	8	9
		50 - 150 m	6	7	8	7	8	9	8	9	10
		> 150 m	7	8	9	8	9	10	9	10	11
VOO CIRCULAR OU MULTIDIRECIONAL	3	0 - 50 m	6	7	8	7	8	9	8	9	10
		50 - 150 m	7	8	9	8	9	10	9	10	11
		> 150 m	8	9	10	9	10	11	10	11	12

LEGENDA:	ALTO RISCO	11	12
	MÉDIO RISCO	9	10
	BAIXO RISCO	7	8
	RISCO NULO	4	5

Fonte: Adaptação de Vilarreal (2006).

5.3.1 Área crítica

Estudos indicam que a grande maioria das colisões envolvendo fauna e aeronave ocorre em baixas altitudes.

A partir da análise das rotas e das operações realizadas dentro das ASAs que fazem parte desse estudo, definiu-se uma área crítica que compreende as fases finais das operações de aterrissagem em ambas as cabeceiras da pista.

Essa área crítica abrange um raio de 2 km entre os pontos de navegação aérea das cabeceiras da pista, que distam cerca de 5 milhas náuticas de cada cabeceira. Dentro dessa área, as aeronaves encontram-se abaixo de 2.000 pés, região onde ocorre mais de 90% dos incidentes. Quando os aviões encontram-se fora da área crítica, significa que eles sempre estão acima de 2.000 pés de altitude e, por isso, menos suscetíveis à ocorrência de colisões.

As cartas de navegação aérea que foram usadas nas análises das rotas e na definição da área crítica foram as cartas SID e IAC de cada aeródromo estudado. Essas cartas estão disponíveis no *site* do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA).

Os atrativos localizados dentro da área crítica apresentam maior risco de colisão e, por isso, foram destacados visando facilitar ações de monitoramento.

5.4 ANÁLISE DOS DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO DA VEGETAÇÃO

A análise multitemporal da vegetação natural foi feita a partir de dados de sensoriamento remoto coletados pelo sensor TM, a bordo do satélite Landsat 5.

Analisaram-se imagens, coletadas pelo sensor, das áreas de estudo, nos períodos entre 2001 e 2011. Sempre que possível tentou-se utilizar imagens obtidas na mesma época do ano, a fim de eliminar efeitos sazonais na vegetação ocasionados pelas estações do ano que pudessem prejudicar a análise, devido à presença de áreas com alto valor de NDVI gerado por efeitos naturais ou antrópicos.

As imagens foram adquiridas por meio do catálogo de imagens de sensoriamento remoto disponível no *site* do INPE. O *download* das imagens é feito para cada banda da imagem individualmente. Em seguida os arquivos foram processados no *software* ENVI 4.8.

Inicialmente, houve a fusão dos arquivos das bandas individuais de cada imagem em um arquivo único, contendo todas as imagens.

Em seguida houve o georreferenciamento das imagens. Durante esse processo, houve a transformação da projeção para *Universal Transversa de Mercator* (UTM), e *South American Datum 1969* (*Datum SAD 69*). O georreferenciamento foi feito buscando-se atingir o menor erro médio quadrático, (*Root Mean Square – RMS*).

O erro médio quadrático é uma medida de desvio dos valores calculados em relação aos valores originais. O erro RMS é estimado tomando-se uma amostra dos valores calculados e comparando-a a seus valores reais, sendo o erro RMS diretamente comparável ao conceito de desvio-padrão. Ele representa o valor em relação ao tamanho do pixel da imagem.

Durante o processo de georrefenciamento das imagens, procurou-se colocar os *Ground Control Points* (GCP) em áreas localizadas nos cantos da imagem e também na área próxima ao aeroporto, para que a imagem fosse referenciada de forma uniforme, mas com cuidado especial na região da área de estudo. Foram utilizados ao menos oito pontos de controle GCP em cada uma das imagens.

Durante o georrefenciamento foram utilizadas como imagem base, imagens do programa *Global Land Cover*, adquiridas no *site* do serviço geológico americano *U.S. Geological Survey* (USGS).

A etapa seguinte consistiu na geração de imagem com dados realçados da vegetação. Para tanto utilizou-se o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), que, de acordo com Rouse (1973).

Para a classificação das imagens NDVI, inicialmente foi identificada na imagem uma área natural conhecida dentro da área de estudo, então, os valores de NDVI encontrados nessa área foram usados como parâmetro para a classificação da vegetação natural dentro de toda a ASA.

A classificação foi feita gerando uma região de interesse (ROI), que se considerou como vegetação natural, com valores de NDVI iguais ou superiores aos medidos na área utilizada como parâmetro.

Depois de gerado o NDVI para cada ano analisado, localizou-se na imagem uma área que se sabe tratar-se de área natural com pouca degradação e definiu-se no *software* ENVI 4.8 uma região de interesse (ROI) com valores iguais ou superiores aos encontrados na área natural conhecida. Em todas as imagens do mesmo aeródromo usou-se a mesma área natural como parâmetro, onde o seu valor de NDVI foi usado para a definição da região de interesse, que se considerou como sendo de área natural.

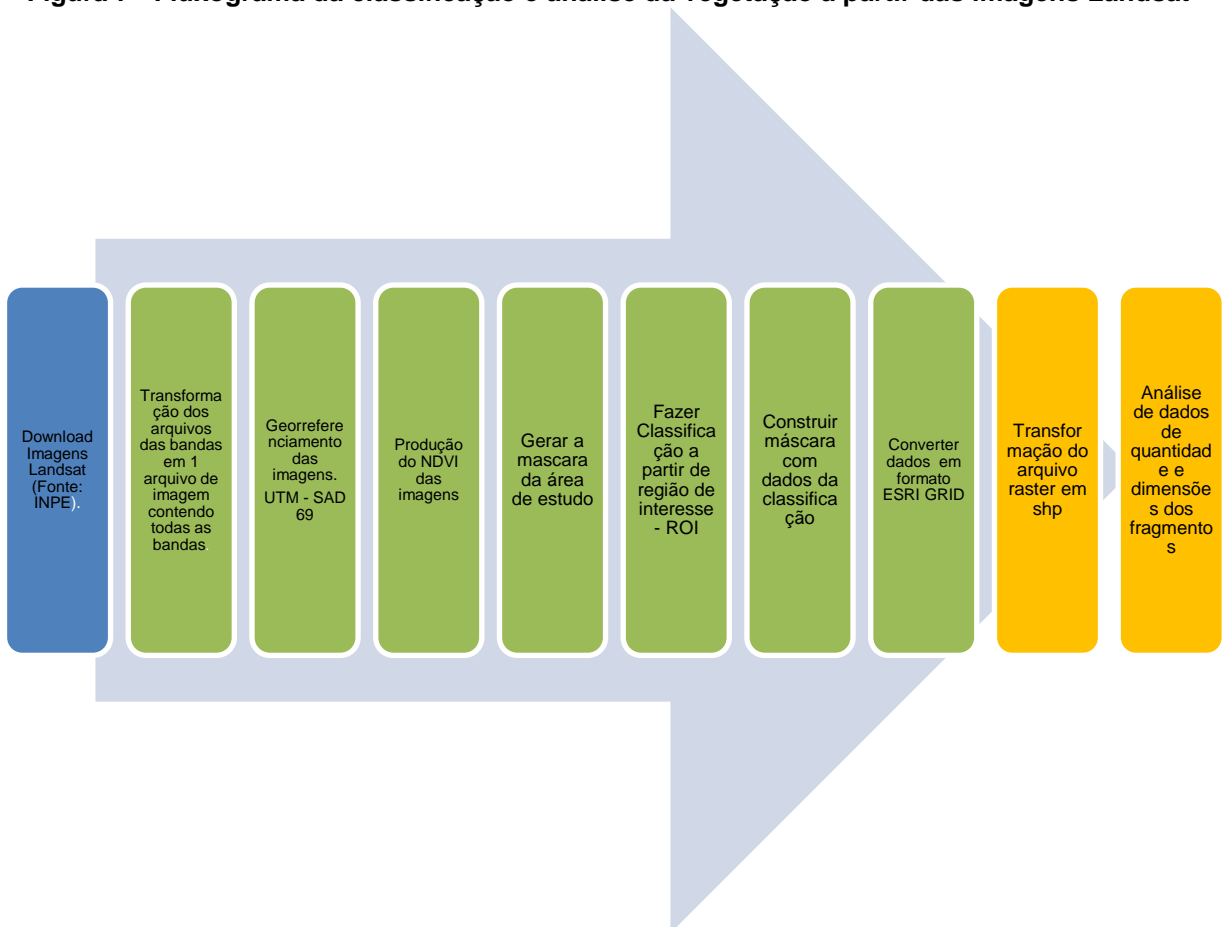
O passo seguinte foi a criação de uma máscara com as informações geradas pelo ROI, em arquivo *raster*, tipo ESRI GRID, para análise no *software* ArcGis 9.3.

O *raster* contendo a máscara com os dados da classificação foi então transformado em arquivo vetorial, extensão *.shp*, *shapefile*, com o qual se analisou informações como quantidade e área dos fragmentos de vegetação.

Posteriormente, analisou-se o comportamento da vegetação natural na série histórica de cada aeroporto, agrupando os fragmentos de vegetação natural em classes, de acordo com o tamanho dos fragmentos. Foram definidas 4 classes: fragmentos menores que um hectare, fragmentos entre um e 10 hectares, fragmentos entre 10 e 100 hectares e fragmentos maiores que 100 hectares, com o objetivo de analisar os grupos de fragmentos em função de sua qualidade ecológica, visto que o tamanho do fragmento é um dos fatores principais para a análise de qualidade de habitat.

Na Figura 7 é possível visualizar os procedimentos de classificação e análise da vegetação. A área em verde mostra os procedimentos feitos no *software* ENVI 4.8 e em amarelo os procedimentos feitos no ArcGis 9.3.

Figura 7 - Fluxograma da classificação e análise da vegetação a partir das imagens Landsat



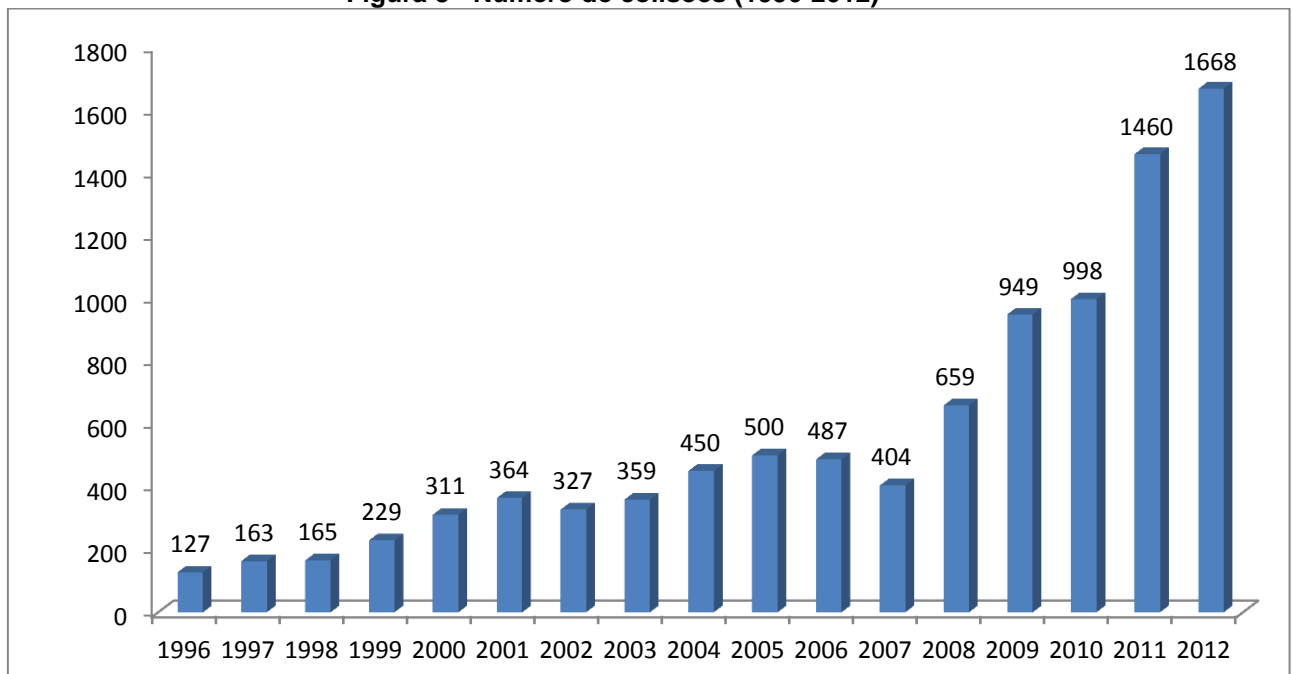
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 ANÁLISE DE COLISÕES

O CENIPA mantém banco de dados com os reportes de colisão entre a fauna e as aeronaves desde 1996. Antes disso, o reporte de colisões era controlado individualmente em cada aeródromo, de forma não padronizada, e quem detinha a informação, de maneira dispersa, eram as empresas aéreas, que, por questões financeiras, controlavam os gastos com reparos das aeronaves que sofreram danos nas colisões. O advento da *Internet* permitiu a democratização do reporte, que antes era feito apenas por fiscais de pátio e hoje pode ser feito por toda a comunidade da aviação, desde o pessoal interno dos aeroportos até a tripulação e passageiros das aeronaves.

Desde o início da série histórica do CENIPA, o número de colisões, no Brasil, cresceu mais de 1.000%, em 17 anos (Figura 8) Isso deveu-se tanto ao aumento no número de operações aéreas realizadas no país, como ao aumento no índice de colisões por operações realizadas.

Figura 8 - Número de colisões (1996-2012)

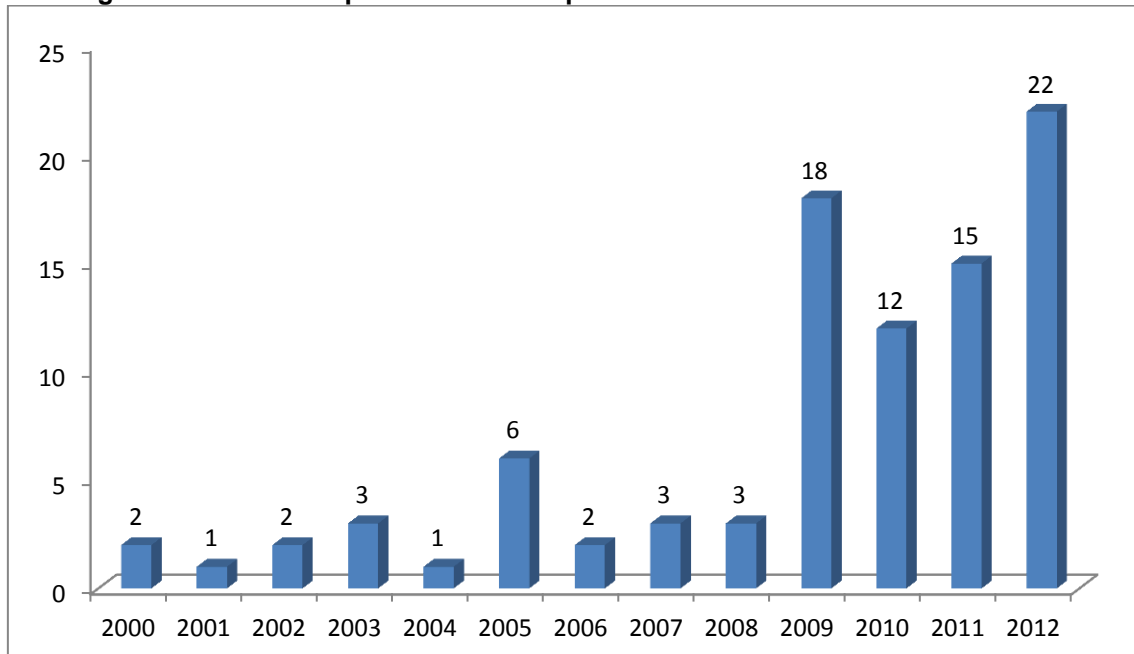


Fonte: CENIPA.

6.1.1 Cuiabá

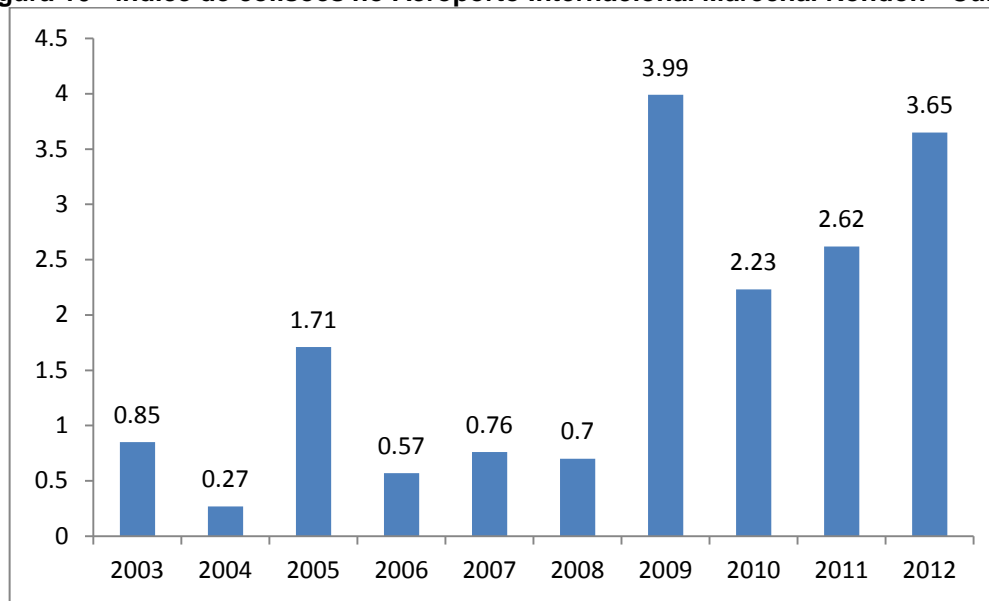
O número de colisões reportadas no aeroporto Marechal Rondon, em Cuiabá, teve um grande aumento a partir do ano de 2009. Antes disso, havia uma média de três colisões reportadas anualmente ocorridas no local. Após 2009, os reportes aumentaram mais de cinco vezes, em média, tendo em 2012, um total de 22 colisões reportadas (Figura 9).

Figura 9 - Colisões reportadas no Aeroporto Internacional Marechal Rondon - Cuiabá



Fonte: CENIPA.

O Aeroporto Internacional Marechal Rondon teve um crescimento grande no número de operações realizadas entre os anos de 2003 e 2012. Em 2003 foram pouco mais de 35.000 operações, enquanto em 2012 foram realizadas mais de 60.000, quase o dobro de operações em um período de 10 anos. Com o grande aumento nas operações, o índice de colisões também teve crescimento, tendo chegado a um valor próximo a quatro colisões a cada 10.000 operações, em 2009. Em 2012, apesar do número de colisões ter aumentado em relação a 2009, o índice de colisões foi menor, o que significa que houve um crescimento mais expressivo no número de operações do que o crescimento registrado no número de reportes de colisão (Figura 10 e Tabela 2).

Figura 10 - Índice de colisões no Aeroporto Internacional Marechal Rondon - Cuiabá**Tabela 2 - Operações/Índice de colisões no Aeroporto Internacional Marechal Rondon - Cuiabá**

Ano	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
N	3	1	6	2	3	3	18	12	15	22
Op	35065	35784	34940	34793	39443	42942	45045	53805	57101	60138
I	0,855553971	0,279454505	1,717229536	0,57482827	0,760591233	0,698616739	3,996003996	2,230275997	2,626924222	3,658252685

Fonte: Elaborado pelo autor.

N – Número de colisões de animais e aeronaves reportadas no aeródromo;

Op – Número de operações realizadas no aeródromo;

I – Índice de colisões.

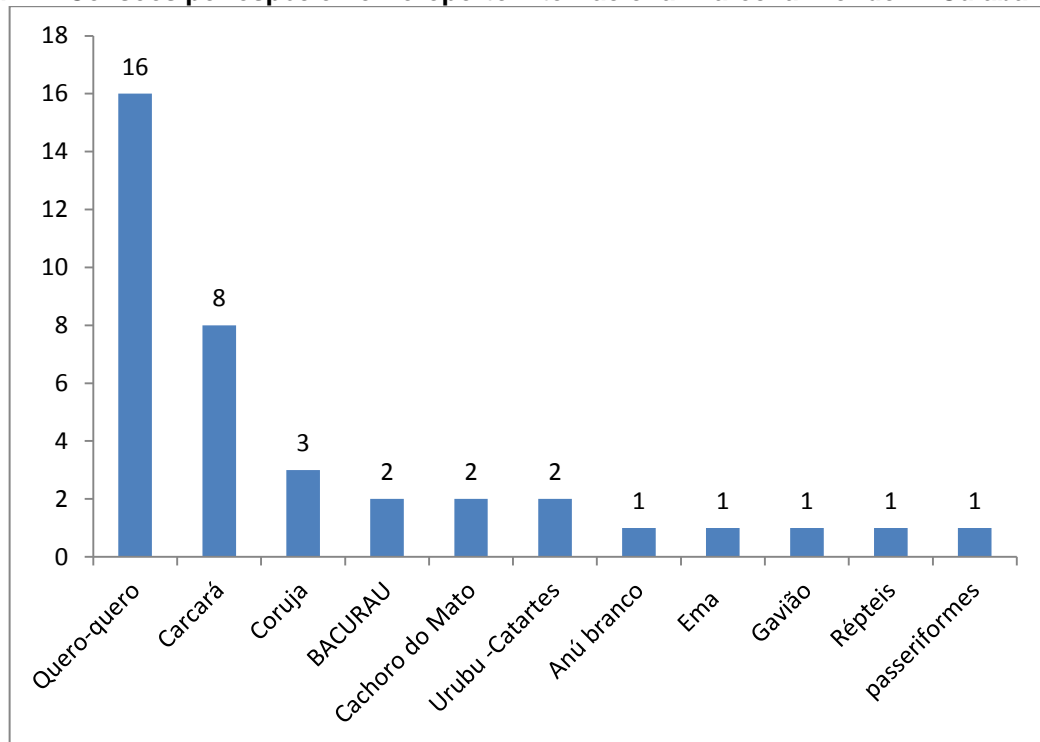
Em relação às espécies que mais frequentemente colidem com aeronaves em Cuiabá, das 88 colisões reportadas no período de 2001 a 2012, 38 apresentam informações sobre a espécie ou grupo a que o animal envolvido pertence, representando 43% das colisões.

A espécie de maior risco operacional em Cuiabá é o quero-quero (*Vanellus chilensis*), com 16 colisões, ou 42% das colisões em que foi possível identificar a espécie. Em segundo lugar ficou o carcará (*Caracara plancus*), com oito reportes, o que significa pouco mais de 20% dos reportes em que a espécie foi identificada. Em seguida vêm as corujas, com três reportes, o bacural (*Podager nacunda*), os urubus e um mamífero silvestre muito comum em ambientes aeroportuários, o cachorro do mato (*Cerdocyon thous*), todos com dois reportes de colisão.

Outros animais identificados em colisões com aeronaves no aeroporto de Cuiabá foram o anú branco (*Guira guira*), a ema (*Rhea americana*), o gavião de espécie não identificada, o réptil teiú (*Tupinambis sp*) e um passeriforme não identificado. Cada

uma dessas espécies foi responsável por um reporte de colisão no período entre 2001 e 2012 (Figura 11). Essas ocorrências deve-se à presença eventual dessas espécies no sítio aeroportuário.

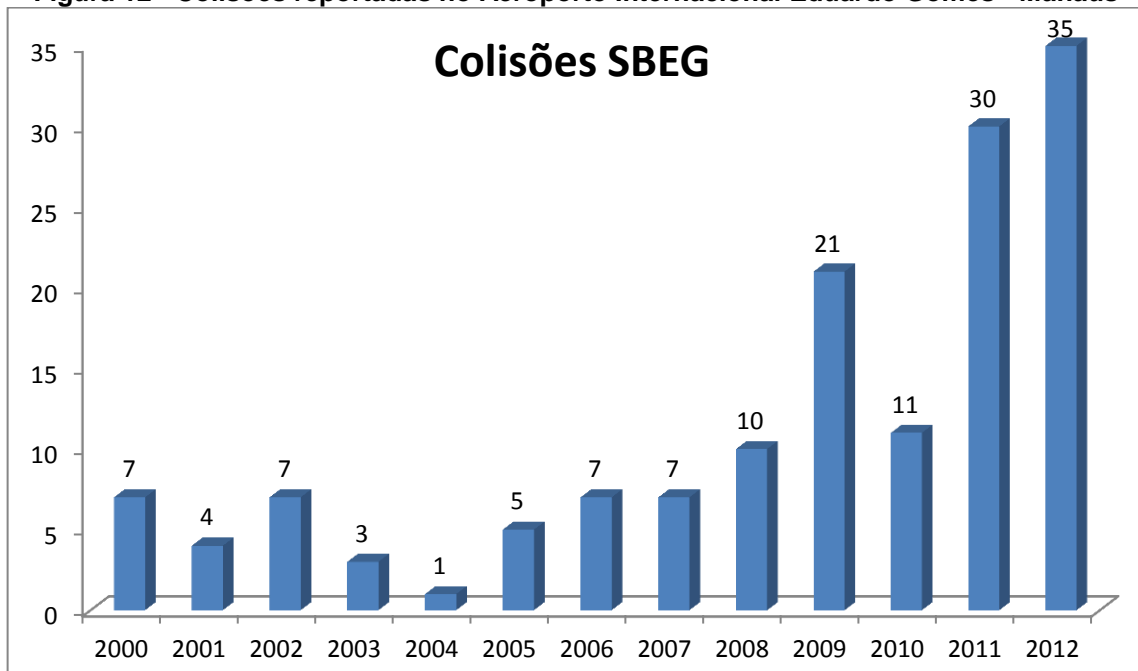
Figura 11 - Colisões por espécie no Aeroporto Internacional Marechal Rondon - Cuiabá



6.1.2 Manaus

O Aeroporto Internacional Eduardo Gomes, em Manaus, apresentou grande crescimento no número de colisões entre as aeronaves e a fauna. Em 2001 foram reportadas quatro colisões, enquanto no ano de 2012 foram 35 colisões, o que representa um aumento de cerca de 900% em um período de 12 anos (Figura 12). É interessante salientar que até o ano de 2007 nunca houve mais que sete colisões anuais reportadas no aeródromo, enquanto a partir de 2008 não houve menos que 10 colisões reportadas anualmente.

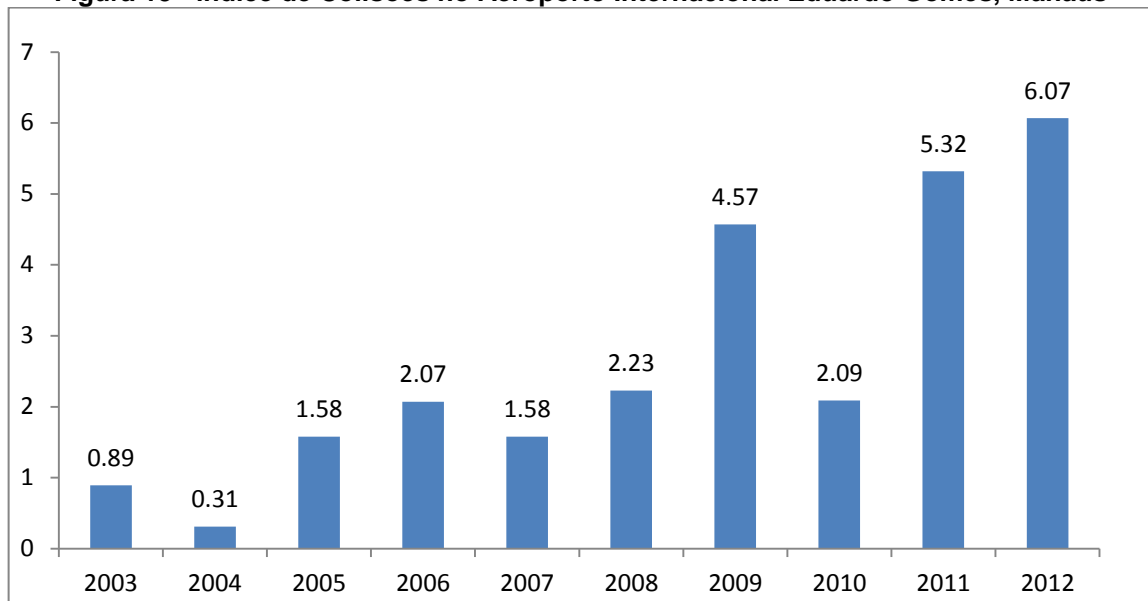
Figura 12 - Colisões reportadas no Aeroporto Internacional Eduardo Gomes - Manaus



Fonte: CENIPA.

Assim como toda a rede de aeroportos operada pela Infraero, o Aeroporto Internacional Eduardo Gomes teve grande crescimento no número de operações registradas nos últimos anos. Em 2003, o aeroporto teve 33.427 operações de pouso e decolagem, já em 2012, foram 57.575 operações, o que representa um aumento na movimentação do aeroporto superior a 70%.

Apesar desse grande crescimento no número de operações, o crescimento no número de colisões foi proporcionalmente muito maior, como é possível verificar mediante o crescimento no índice de colisões do aeroporto, isso é explicado em parte pelo treinamento e conscientização dos funcionários que trabalham na área operacional, responsáveis pelo reporte de carcaças encontradas na pista. Em 2003, o índice era inferior a uma colisão a cada 10.000 operações, enquanto em 2012 esse número foi superior a seis colisões reportadas a cada 10.000 (Figura 13 e Tabela 3).

Figura 13 - Índice de Colisões no Aeroporto Internacional Eduardo Gomes, Manaus**Tabela 3 - Operações/Índice de colisões no Aeroporto Internacional Eduardo Gomes**

Ano	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
N	3	1	5	7	7	10	21	11	30	35
Op	33427	31273	31470	33785	44303	44823	45852	52505	56298	57575
I	0,897478087	0,319764653	1,588814744	2,071925411	1,580028441	2,230997479	4,579952892	2,095038568	5,328786103	6,079027356

Fonte: Elaborado pelo autor.

N – Número de colisões de animais e aeronaves reportadas no aeródromo;

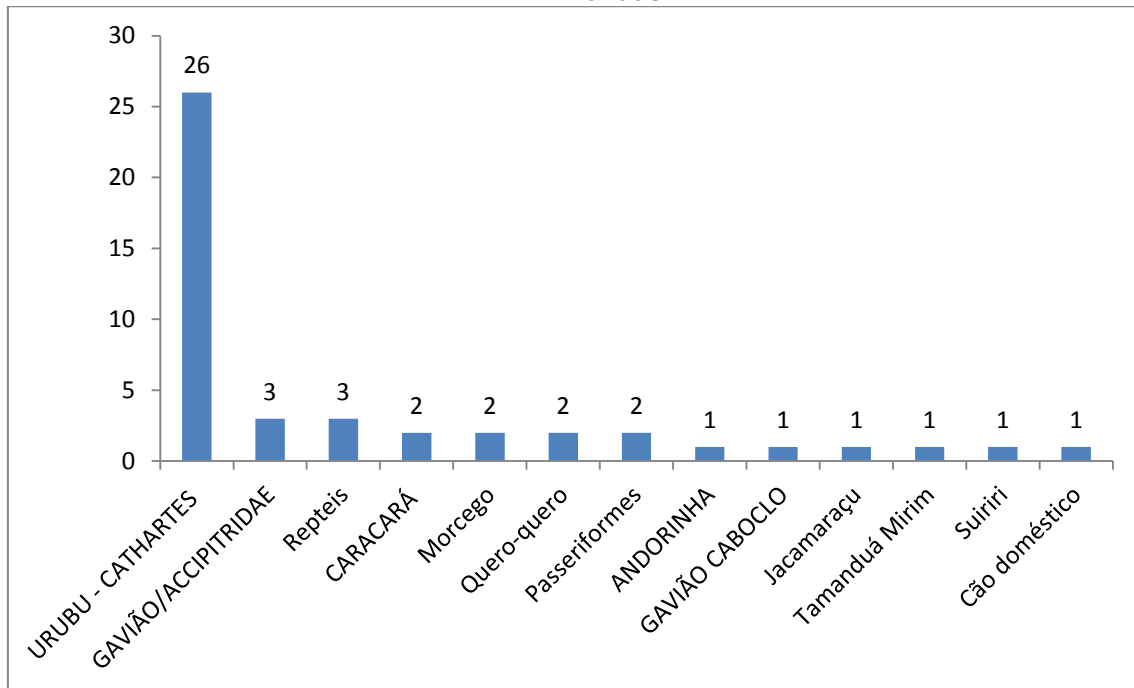
Op – Número de operações realizadas no aeródromo;

I – Índice de colisões.

Em relação às espécies que mais frequentemente colidem com aeronaves no Aeroporto Internacional Eduardo Gomes, das 141 colisões reportadas entre os anos de 2001 e 2012, apenas 46 trouxeram informações sobre a espécie ou grupo a que o animal envolvido pertencia, isso representa um terço, ou 32% do total de colisões reportadas para o período.

Em Manaus, o grupo de animais de maior risco operacional para o aeroporto são os urubus, espécie abundante na cidade, sendo responsáveis por mais de 50% das colisões em que há informações sobre as espécies, em um total de 26 ocorrências no período de 12 anos (Figura 14).

Figura 14 - Colisões reportadas por espécie no Aeroporto Internacional Eduardo Gomes - Manaus



Em segundo lugar, empatados com três colisões reportadas para cada um dos grupos no período, estão os gaviões e os répteis.

Uma espécie que teve apenas duas colisões, mas que deve ser acompanhada com atenção, é o quero-quero (*Vanellus chilensis*). As duas colisões ocorreram em 2011 e 2012. Antes desse período não havia registro dessa espécie no sítio aeroportuário, e por se tratar da espécie de maior risco à aviação brasileira, deve-se estar atento a sua presença no aeroporto, principalmente na área operacional.

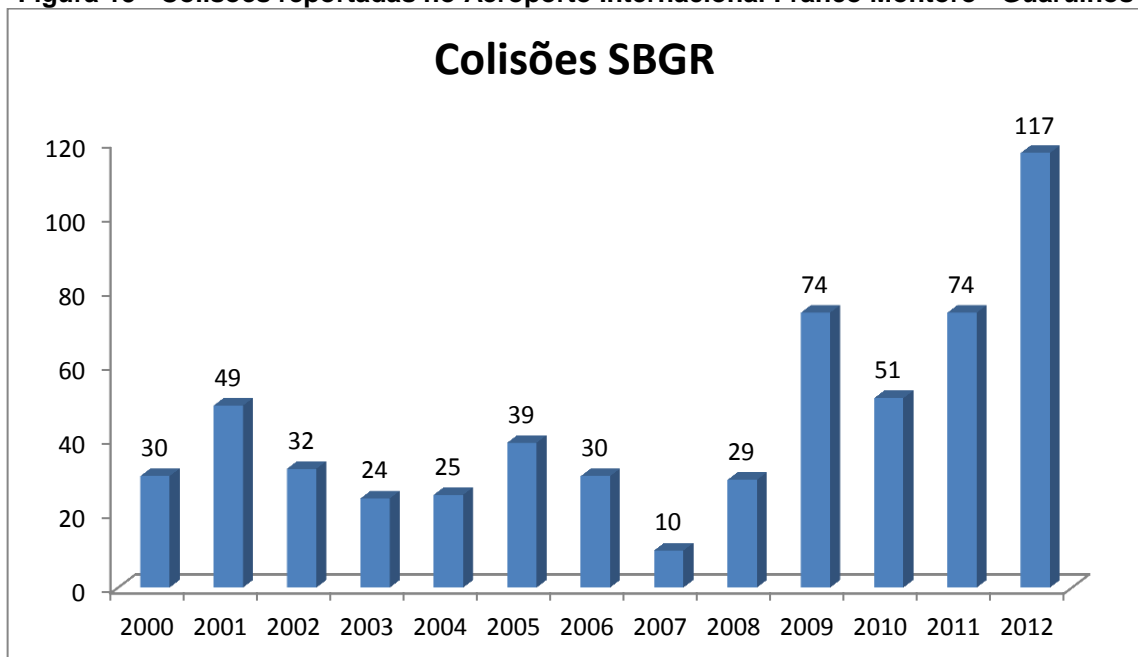
As espécies de mamíferos em que houve reporte de colisão com aeronaves neste aeroporto, entre 2001 e 2012, foram morcego, com duas colisões reportadas, e o tamanduá mirim (*Tamandua tetradactyla*) e o cão doméstico (*Canis lupus familiaris*) cada um com uma colisão reportada.

Além dessas espécies, foram reportadas colisões com andorinha (Família *Hirundinidae*), o gavião caboclo (*Heterospizas meridionalis*), o jacamarazu (*Jacamerops aureus*) e o suiriri (*Tyrannus melancholicus*), todos com um reporte de colisão cada. Foram também reportadas duas colisões envolvendo passeriformes de espécie não identificada.

6.1.3 Guarulhos

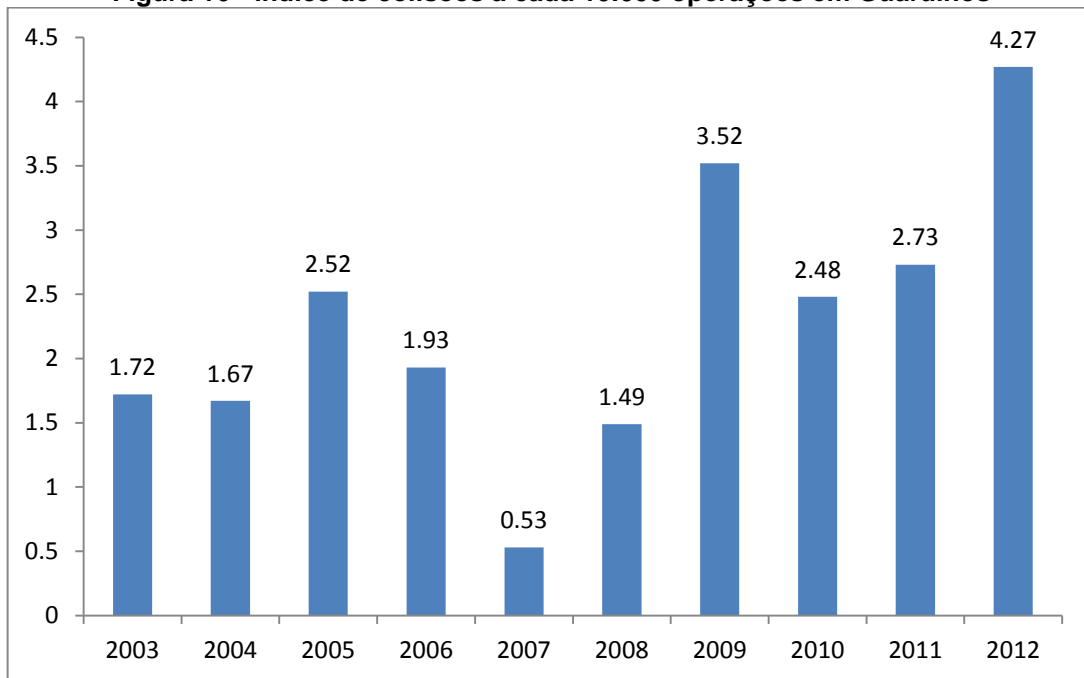
No Aeroporto Internacional Franco Montoro, em Guarulhos, os reportes de colisões entre fauna e aeronaves ao CENIPA apresentaram crescimento, principalmente nos últimos anos. Antes de 2008, os reportes ficaram abaixo de 50 colisões anuais. A partir de 2009, os reportes anuais ficaram acima desse número, chegando a 117 colisões reportadas no ano de 2012 (Figura 15).

Figura 15 - Colisões reportadas no Aeroporto Internacional Franco Montoro - Guarulhos



Fonte: CENIPA.

Entre os anos de 2003 e 2012 houve aumento no número de operações realizadas no Aeroporto Internacional Franco Montoro de mais de 95%. Em 2003 foram realizadas 139.038 operações enquanto em 2012 foram realizadas 273.884.

Figura 16 - Índice de colisões a cada 10.000 operações em Guarulhos**Tabela 4 - Índice/Operações no Aeroporto Internacional Franco Montoro - Guarulhos**

Ano	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
N	24	25	39	30	10	29	74	51	74	117
Op.	139038	149497	154339	154948	187960	194184	209636	204943	270600	273884
I	1,726146809	1,67227436	2,52690506	1,936133412	0,532028091	1,493428913	3,529928066	2,488496802	2,73466371	4,271881526

Fonte: Elaborado pelo autor.

N – Número de colisões de animais e aeronaves reportadas no aeródromo;

Op – Número de operações realizadas no aeródromo;

I – Índice de colisões.

No Aeroporto Internacional Franco Montoro, entre as 584 colisões reportadas entre os anos de 2001 e 2012, apenas 134 traziam informações sobre a espécie ou grupo a qual o animal envolvido pertencia, o que corresponde a cerca de 23% do total.

O índice de colisão, assim como o número de colisões, cresceu no mesmo período, o que indica que o crescimento no número de reportes de colisão cresceu de forma mais acentuada no aeroporto. O índice que, em Guarulhos, estava na casa de 1 até 2008, exceção ao ano de 2005, passou a apresentar valores superiores a 2 a partir de 2009, tendo alcançado em 2012 um valor superior a 4 colisões reportadas a cada 10.000 operações (Tabela 4 e Figura 15). Considerando, ainda, que houve grande crescimento no número de operações, esse valor indica que nos últimos anos está havendo uma quantidade de reportes de colisão muito maior do que havia antes, devido em parte, pelo treinamento de equipes que atuam na área operacional do aeroporto.

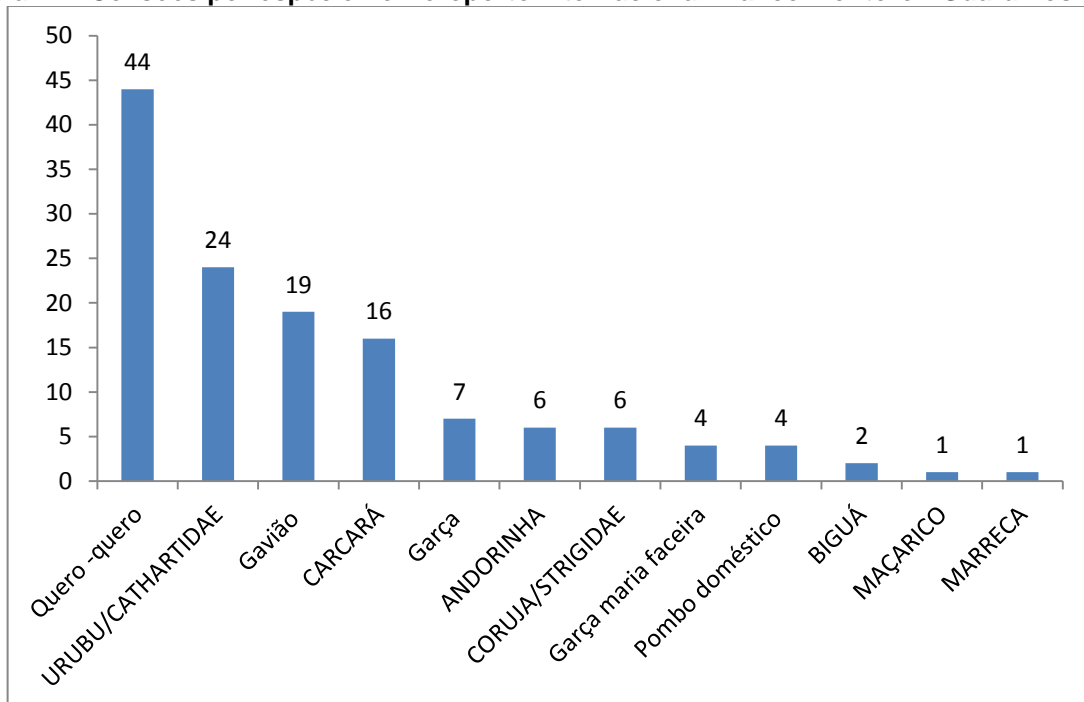
A espécie de maior risco operacional no aeroporto de Guarulhos é o quero-quero (*Vanellus chilensis*), com 44 colisões reportadas no período, o que corresponde a pouco mais de 30% das colisões onde há informações sobre a espécie. Em segundo lugar aparece o grupo dos urubus, com 24 colisões reportadas.

Em terceiro e quarto lugares aparecem o grupo dos gaviões, com 19 colisões reportadas e o carcará (*Caracara planus*), com 16, no período de 12 anos. Como o carcará faz parte do grupo dos falconiformes, o mesmo dos gaviões, esse grupo na verdade apresenta um risco operacional maior que o grupo dos urubus, com um total de 35 colisões reportadas, o que corresponde a mais de 25% das colisões onde há informação sobre a espécie.

Em seguida, com sete colisões reportadas, está o grupo das garças. O grupo das andorinhas e das corujas, possui seis reportes para cada um. A garça maria faceira (*Syrigma sibilatrix*) e o pombo doméstico (*Columba livia*) apresentaram 4 reportes cada.

Houve ainda, neste aeroporto, o registro de duas colisões com biguá (*Phalacrocorax brasilianus*), uma com maçarico (família *scolopacidae*) e uma com marreca (família *anatidae*) (Figura 17).

Figura 17 - Colisões por espécie no Aeroporto Internacional Franco Montoro - Guarulhos

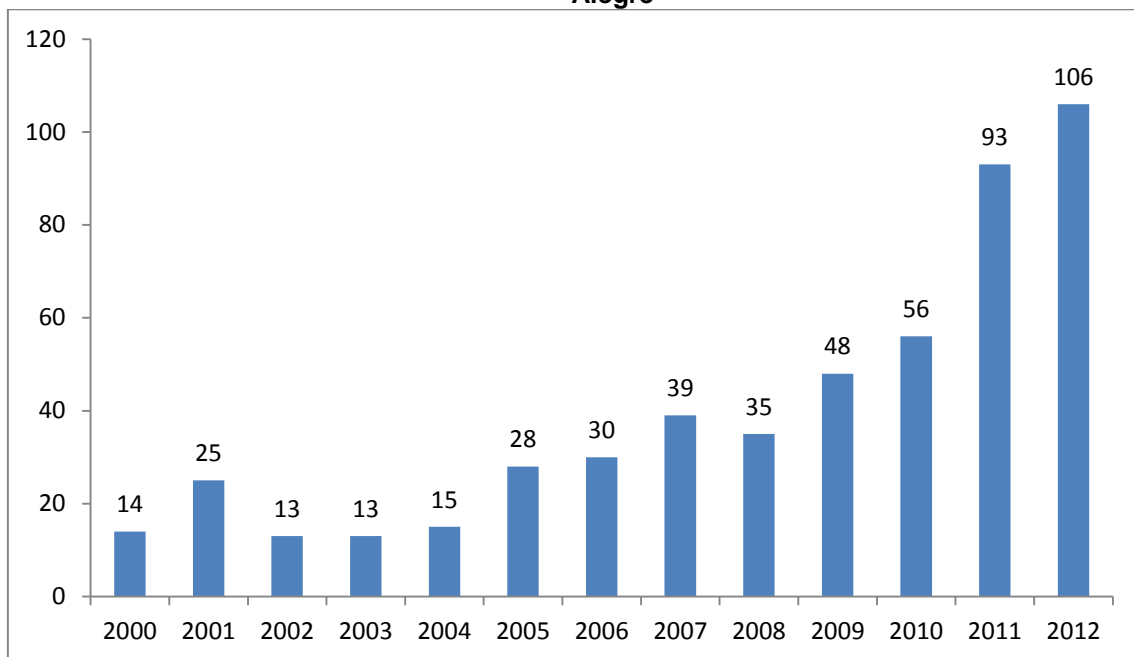


6.1.4 Porto Alegre

Assim como os demais aeroportos analisados, o Aeroporto Internacional Salgado Filho, em Porto Alegre, apresentou aumento no registro de colisões nos últimos anos. Até o ano de 2008, os reportes anuais mantiveram-se abaixo de 40. Entre os anos de 2009 a 2012, o número de reportes ficou acima desse valor, havendo crescimento no número de reportes de colisão todos os anos, chegando a 106 no último.

O número de colisões reportadas apresentou crescimento desde 2003, com exceção para o ano de 2008, em que houve uma pequena redução em relação ao número de registros do ano anterior. Em números absolutos, os reportes em 2012 foram mais de oito vezes maior que os registrados em 2003 (Figura 18).

Figura 18 - Número de colisões reportadas no Aeroporto Internacional Salgado Filho - Porto Alegre



Fonte: CENIPA.

Este aeroporto apresentou grande aumento no número de operações realizadas anualmente nos últimos anos. Em 2003 foram 53.332 operações, enquanto em 2012 foram realizadas 96.693, o que significa aumento de mais de 80% nas operações realizadas no aeroporto.

Com esse aumento nas operações do aeroporto, o índice de colisões aumentou de forma bastante expressiva, passando da casa de duas colisões a cada 10.000

operações nos primeiros anos da série para algo em torno de 10 colisões a cada 10.000 operações, nos dois últimos anos analisados (Figura 19 e Tabela 5).

Figura 19 - Índice de colisões do Aeroporto Internacional Salgado Filho, Porto Alegre.

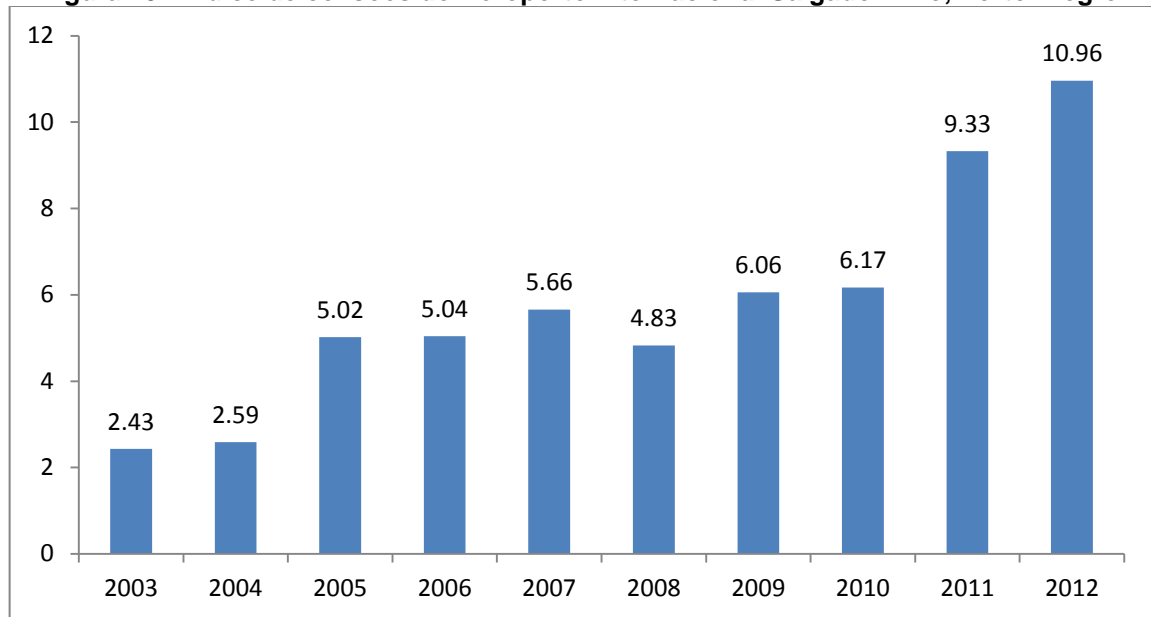


Tabela 5 - Índice/Operações no Aeroporto Internacional Salgado Filho, Porto Alegre

Ano	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
N	13	15	28	30	39	35	48	56	93	106
Op.	53332	57740	55767	59463	68827	72445	79104	90625	99583	96693
I	2,437560939	2,597852442	5,020890491	5,045154129	5,666380926	4,831251294	6,067961165	6,179310345	9,338943394	10,9625309

Fonte: Elaborado pelo autor.

N – Número de colisões de animais e aeronaves reportadas no aeródromo;

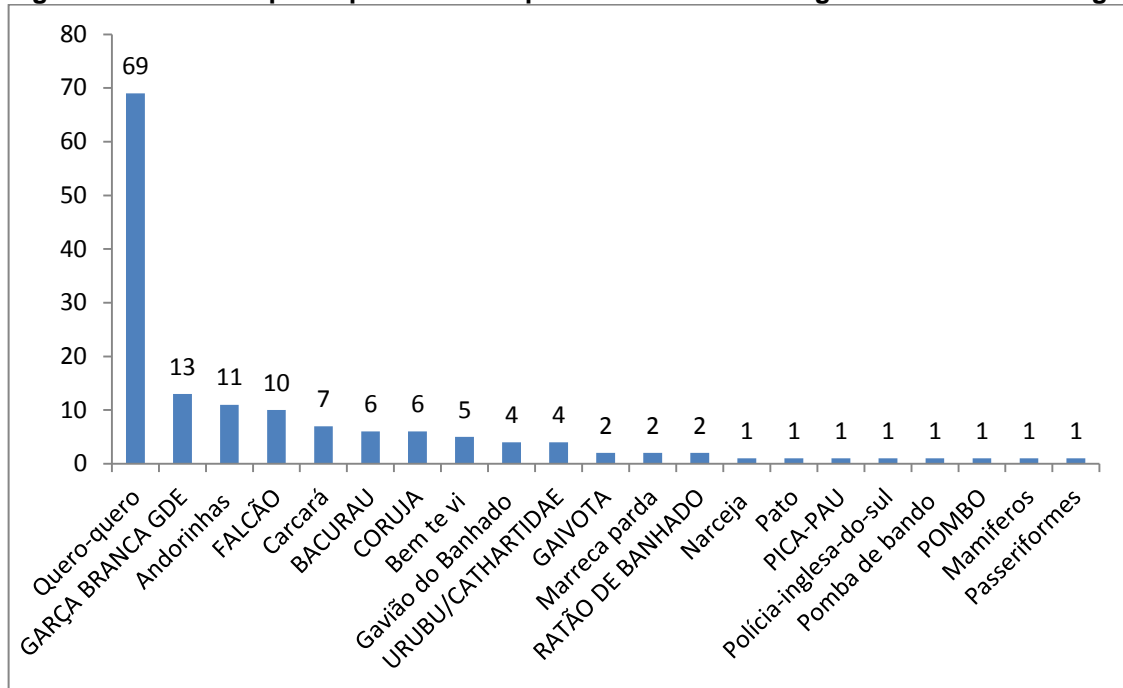
Op – Número de operações realizadas no aeródromo;

I – Índice de colisões.

Entre 2001 e 2012 foram reportadas neste aeroporto 501 colisões entre animais e aeronaves. Destas, 149 apresentam informações sobre a espécie ou grupo a qual pertence o animal envolvido. Isso significa algo em torno de 30% do total das colisões registradas.

Em relação às espécies que constam em reportes de colisão com aeronaves, o aeroporto de Porto Alegre foi o que apresentou maior diversidade. Ao todo, 21 espécies ou grupo de espécies foram relacionados a incidentes com aeronaves nesse aeródromo (Figura 20).

Figura 20 - Colisões por espécie no Aeroporto Internacional Salgado Filho - Porto Alegre



A espécie de maior risco operacional em Porto Alegre é o quero-queiro (*Vanellus chilensis*), com 69 colisões reportadas entre 2001 e 2012, o que significa que em quase metade das colisões em que há informações sobre a espécie, este foi o animal envolvido.

Em segundo lugar está a garça branca grande (*Ardea alba*), com treze reportes de colisão, ou cerca de 9% das colisões onde há informação sobre a espécie. Em seguida vêm as andorinhas, com 11 registros, os falconiformes, com 10, e o carcará (*Caracara plancus*) com sete reportes. Novamente se fosse feito um grupo com todos os gaviões, esse seria o segundo grupo de maior risco operacional para o aeroporto, devido a presença constante de indivíduos desse grupo na área de pista do aeroporto.

O bacural (*Podager nacunda*) e as corujas, família *strigidae*, apresentaram 6 registros cada. Houve cinco registros de colisão com bem-te-vis (*Pitangus spp*), quatro com urubus, e quatro com gavião do banhado (*Circus buffoni*). Com dois registros de colisão apareceram a gaiivota (*Larus sp*), a marreca parda (*Anas georgica*) e o ratão do banhado (*Myocastor coypus*), mamífero característico da região e espécie bastante presente nas áreas de drenagem de água do Aeroporto Salgado Filho.

Outras oito espécies apareceram em reportes de colisões no período analisado. A narceja (*Gallinago paraguaiæ*), o pato (família *anatidae*), o pica-pau (família *picidae*), a polícia inglesa do sul (*Sturnella sp*), a pomba de bando (*Zenaida auriculata*), o pombo doméstico (*Columba livia*), uma espécie de mamífero não identificada e um passeriforme não identificado.

6.1.5 Número de colisões nos aeroportos estudados

Nos aeroportos analisados houve um grande crescimento no número total de colisões reportadas por aeroporto. O mesmo comportamento foi observado para o índice de colisões com fauna

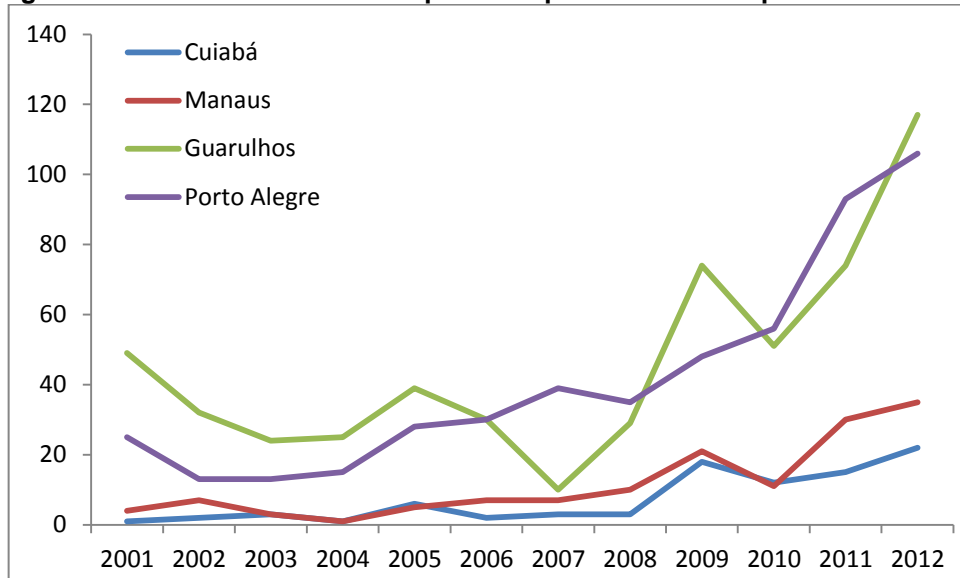
O maior crescimento deu-se a partir de 2008, quando houve aumento de mais de 100% no número de colisões e no índice de colisões em relação aos anos anteriores a 2008, ou seja, esses números dobraram em quatro anos em todos os aeroportos analisados (Figuras 21 e 22 e Tabelas 6 e 7).

Tabela 6 - Número de colisões reportadas por ano nos aeroportos estudados

Ano	Cuiabá	Manaus	Guarulhos	Porto Alegre
2001	1	4	49	25
2002	2	7	32	13
2003	3	3	24	13
2004	1	1	25	15
2005	6	5	39	28
2006	2	7	30	30
2007	3	7	10	39
2008	3	10	29	35
2009	18	21	74	48
2010	12	11	51	56
2011	15	30	74	93
2012	22	35	117	106

Fonte: CENIPA.

Figura 21 - Número de colisões reportadas por ano nos aeroportos estudados



Fonte: CENIPA.

Figura 22 - Índice de colisões reportadas por ano nos aeroportos estudados

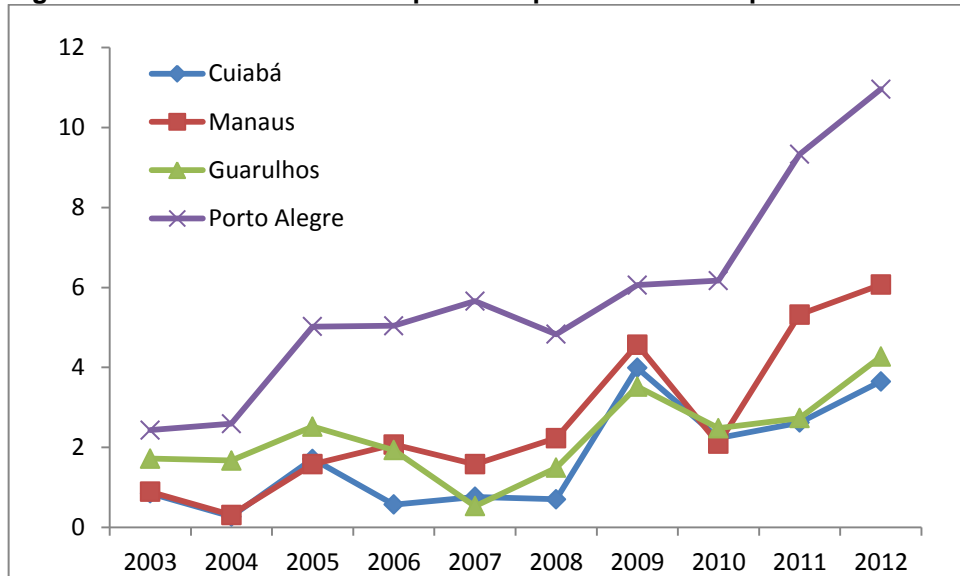


Tabela 6 - Índice de colisões reportadas por ano nos aeroportos estudados

Ano	Cuiabá	Manaus	Guarulhos	Porto Alegre
2003	0,85	0,89	1,72	2,43
2004	0,27	0,31	1,67	2,59
2005	1,71	1,58	2,52	5,02
2006	0,57	2,07	1,93	5,04
2007	0,76	1,58	0,53	5,66
2008	0,7	2,23	1,49	4,83
2009	3,99	4,57	3,52	6,06
2010	2,23	2,09	2,48	6,17
2011	2,62	5,32	2,73	9,33
2012	3,65	6,07	4,27	10,96

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para entender o que ocorreu nesse período é necessário compreender o que aconteceu com as normas para reporte de colisões de fauna e aeronaves nos últimos anos no Brasil.

O número de reportes de colisão entre aeronaves e animais vem crescendo desde que o CENIPA começou a administrar um banco de dados com essas informações, no início dos anos 1990. Inicialmente eram reportadas apenas colisões que causavam algum efeito no voo ou dano à aeronave.

Com isso, o grau de severidade das colisões, ou seja, a razão entre as colisões com dano e todas as colisões registradas, era próxima a um, valor máximo possível. Quando esses valores eram comparados aos encontrados nos aeroportos de países mais evoluídos nessa área, em que desde os anos 1980 e início de 1990 já registravam todas as colisões identificadas, mesmo as que não causaram danos ou efeito no voo, os aeroportos brasileiros apareciam com grau de severidade muito alto.

Além disso, a metodologia de reporte apenas dos incidentes que causavam danos não permitia a compreensão adequada da questão. Então, no final da década de 1990, mudou-se o procedimento, incluindo reportes de colisões que não causassem efeito no voo ou dano à aeronave.

O efeito dessa nova metodologia não foi sentido inicialmente, em parte devido ao fato de os aeroportos não terem treinamento e pessoal especializado para fazer o trabalho. Foi necessário um período de conscientização dos funcionários das áreas de pátio, mas não havia treinamento e qualificação da equipe para que o trabalho fosse feito de maneira satisfatória, os funcionários muitas vezes utilizavam apenas o

conhecimento empírico para tratar do tema. Em 2008, a Infraero contratou, via concurso público, a primeira turma de biólogos para trabalhar com o assunto.

Foi a primeira vez que a empresa contratava institucionalmente pessoal com capacidade técnica para trabalhar com a questão. Entretanto, grande parte dos contratados nunca havia trabalhado com as relações da fauna e ambientes aeroportuários. Não havia metodologia definida para o manejo e monitoramento da fauna nesses ambientes.

Em 2009, iniciou-se o projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros, com isso, em 10 dos principais aeroportos do país começaram os estudos detalhados do histórico e dos principais problemas relacionados à questão, além da capacitação de equipe de especialistas para trabalhar exclusivamente com a problemática das colisões, e o desenvolvimento de pesquisa científica e de metodologias de manejo das espécies de risco à aviação.

Isso aumentou a frequência e a qualidade dos reportes nesses aeroportos, e possibilitou que incidentes que não causaram danos e que não eram reportados passassem a ser registrados, aumentando, também, a quantidade de dados com informações sobre as espécies envolvidas e seus hábitos.

Esses motivos ajudaram o número de registro de colisões a crescer muito nos últimos anos. No Brasil, de maneira geral e nos aeroportos estudados, o número de colisões em 2012 foi mais que o dobro do reportado em 2008. Este fato não significa, entretanto, que o número de colisões tenha aumentado nessa proporção, o que cresceu nessa magnitude foram os reportes das colisões.

Isso, porém, não explica totalmente o aumento nos índices de colisão, pois eles continuaram a crescer nos anos de 2011 e 2012, o que não seria o esperado, pois desde 2009 os aeroportos analisados já estavam enquadrados na nova metodologia, indicando que fatores ambientais locais podem influenciar esse aumento.

6.1.6 Principais espécies de risco nos aeroportos estudados

Nos aeroportos de Cuiabá, Guarulhos e Porto Alegre, o quero-quero (*Vanellus chilensis*) (Figura 23) foi a espécie que mais esteve envolvida em colisões com aeronaves. Nos aeroportos de Cuiabá e Guarulhos, o número de colisões com essa espécie é cerca de duas vezes maior que o de colisões com a espécie segunda colocada.

Figura 23 - Quero-quero, espécie com o maior número de registros nos aeroportos analisados



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

Em Porto Alegre essa diferença é ainda maior, dos 149 reportes de colisão onde há identificação de espécie, 69 são registros envolvendo o quero-quero, quase 50% do total, e quatro vezes mais registros que a espécie que aparece em segundo lugar de maior risco. Além disso, o quero-quero foi a espécie mais frequentemente reportada em colisões, com 131 registros nos quatro aeroportos.

Devido à característica de voo em baixas altitudes e hábitos de estabelecer-se em locais gramados na área operacional dos aeroportos, além dos dados das colisões reportadas em que há informações sobre a altitude do voo ou a presença de carcaças, sabe-se que a maior parte dessas colisões ocorreu no ambiente aeroportuário.

Alguns experimentos foram feitos visando o manejo dessa espécie. Os fatores de maior impacto nas populações residentes nos aeroportos são o tipo e a altura da cobertura vegetal nas áreas operacionais. Espécies de vegetação que produzem sementes e a manutenção da vegetação muito baixa favorecem a presença de animais invertebrados e facilita a predação, principalmente insetos, pelo quero-quero.

As áreas operacionais dos aeroportos são extensas e gramadas ou possuem outra cobertura vegetal rasteira, sem a presença de muitas árvores e com boa visibilidade para animais que estejam forrageando no solo. É exatamente esse tipo de ambiente o habitat para o qual o quero-quero evoluiu. Enquanto os sítios aeroportuários tiverem esse aspecto, haverá problemas com essa espécie. Por isso, ocorrências de

colisões com essa espécie não estão diretamente ligadas à condição ambiental da área de segurança aeroportuária e sim à presença dessa espécie no aeródromo. Com isso, é de responsabilidade dos gestores dos aeródromos o manejo da espécie com o objetivo de minimizar o risco de colisões.

Diferentemente do que ocorreu nos outros aeródromos estudados, no Aeroporto Internacional Eduardo Gomes, em Manaus, o grupo de maior risco é o dos urubus. Entre os 46 reportes de colisão em que há dados sobre a espécie, 26 foram ocorrências envolvendo urubus. Mais de 50% do total.

O urubu apresenta hábitos completamente diferentes do quero-quero. O voo do urubu atinge grandes altitudes e não é comum vê-los na área patrimonial do aeroporto. Em Manaus, encontram-se em grande quantidade em feiras e em remanescentes naturais localizados na área urbana da ASA (Anexo B). O principal fator para a abundância dessa espécie é a grande disponibilidade de resíduos orgânicos nesses ambientes.

Dessa forma, é difícil que ações de manejo realizadas no ambiente aeroportuário tenham efeito na diminuição das ocorrências envolvendo urubus, cabendo aos gestores dos aeroportos o monitoramento das áreas com maior concentração dessa espécie na área de segurança aeroportuária. Cabe, ainda, à Comissão de Perigo de Fauna do aeroporto buscar soluções junto aos gestores responsáveis pela situação. No aeroporto de Guarulhos o urubu é a espécie segunda colocada entre as que mais têm registros de colisão com aeronaves, 24 reportes. Nesse aeródromo os animais estão presentes no ambiente aeroportuário, com áreas de dormitório e alimentando-se da grande população de capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) que reside no local. Esses animais encontram-se nas áreas patrimoniais onde existem pequenas lagoas e alimentam-se em locais com ocorrência de gramíneas em que não há corte e manejo permanente da vegetação. Além disso, as saídas de drenagem da área patrimonial permitem o acesso de novos indivíduos que vivem nos córregos da região, como o rio Baquirivú.

A explosão populacional de capivaras é um fenômeno conhecido em áreas urbanas de São Paulo. Alguns estudos foram feitos e ações de manejo estão em andamento para diminuir tanto a população de urubus, como a de capivaras no ambiente aeroportuário. Essa problemática deve ser enfrentada tanto pelos gestores aeroportuários como pelos entes municipais e estadual. Dentro do aeroporto, deve-

se fazer o controle da população dessas espécies, além de impedir o acesso de novos indivíduos.

Outro grupo importante que sempre esteve entre os três com maior número de registros em todos os aeroportos estudados é o dos gaviões. Nesse grupo destaca-se o carcará (*Caracara plancus*). Essa espécie possui área de vida extensa e frequenta o sítio aeroportuário principalmente durante o manejo da vegetação e roçagem da grama na área operacional. Experimentos de soltura envolvendo essa espécie foram realizados durante o Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros, e houve recaptura de animais soltos a 200 e 400 quilômetros do sítio aeroportuário. Grande parte dos incidentes envolvendo essa espécie ocorre dentro do ambiente aeroportuário, frequentemente as carcaças são recolhidas na pista ou arredores (Figura 24). Em alguns desses eventos foi possível registrar mais de cem indivíduos. Eles aproveitam-se que suas presas estão mais vulneráveis e alimentam-se com grande facilidade. Estudos realizados pelo Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros sobre o comportamento alimentar de indivíduos capturados em sítios aeroportuários indicam que nesses ambientes os animais alimentam-se de insetos, principalmente grilos e gafanhotos.



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

A ocorrência de grandes concentrações de carcarás durante as roçagens da vegetação na área operacional deve-se ao fato de ser uma espécie favorecida por distúrbios no habitat, visto que o mesmo comportamento de predação em grupo é observado em áreas onde recentemente houve perturbações como incêndios, remoção da vegetação ou manejo do solo, por isso, assim como os urubus, as populações dessa espécie são influenciadas pela condição ambiental da ASA.

As medidas de manejo que os gestores podem tomar para minimizar o risco de colisão com carcarás em seus aeródromos dizem respeito ao manejo de habitat,

principalmente ao que se refere às boas práticas de roçagem da vegetação nas áreas de pista, incluindo o corte noturno e o recolhimento parcial das aparas da vegetação. O controle de insetos também é fundamental visto que estes são a principal fonte de alimento da espécie.

7 ATRATIVOS

7.1 CUIABÁ

A análise dos atrativos no Aeroporto Internacional Marechal Rondon, em Cuiabá, na fase de diagnóstico, identificou inicialmente 26 atrativos de fauna com potencial de risco às operações aeroportuárias. Desses, 13 atrativos foram considerados de médio ou alto risco (Tabela 8).

Tabela 8 - Diagnóstico de atrativos do Aeroporto Internacional de Cuiabá

Atrativo	X	Y	Risco Matriz	Risco
Aterro Cuiabá	603947	8284570	11	Alto
Aterro Várzea Grande	579978	8267180	12	Alto
Jardim Zoológico	600565	8274320	11	Alto
Lagoa 1	599262	8267700	9	Médio
Lagoa 3	601706	8265000	9	Médio
Lagoas 2	598382	8265900	9	Médio
Lagoas 4	598575	8266370	9	Médio
Lagoas de decantação	597750	8271460	9	Médio
Mercado do Porto	595462	8273560	10	Médio
Rio Cuiabá	598306	8271520	9	Médio

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir de março de 2010, a equipe local do projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros começou a fazer vistorias na ASA de Cuiabá, monitorando os atrativos previamente determinados e procurando novos. No total, foram identificados e monitorados 44 atrativos com algum grau de risco operacional, sendo 14 deles classificados como de médio ou alto risco (Tabela 9).

Tabela 9 - Atrativos de risco monitorados entre 2010 e 2013

Atrativo	Coordenada X	Coordenada Y	Risco Matriz	Risco
Aterro de Cuiabá	604132,536	8285629,982	12	Alto
Aterro Várzea Grande	579712,751	8266326,739	12	Alto
Brejo Unipark	599441,93	8266674,34	9	Médio
Frigorífico Boi Branco	592879,008	8271389,071	11	Alto
Frigorífico Frical	595322,452	8262949,514	11	Alto
Frigorífico JBS/ lagoa decantação	600228,819	8268910,5	11	Alto
Frigorífico Pantanal	592223	8272291,807	11	Alto
Frigorífico Sadia	597947,689	8271522,938	11	Alto
Lagoa Bom Sucesso	594970,021	8261261,652	12	Alto
Lagoa Guarita	591710,035	8273471,365	9	Médio
Lagoa Princesa do Sol	598763,82	8267330,247	9	Médio
Lixo Lagoa Unipark	598719,209	8265899,154	11	Alto
Tanque Pirineu	597541,015	8265839,594	9	Médio
Zoológico de Cuiabá	600491,906	8274411,764	11	Alto

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na área de segurança do Aeroporto Internacional Marechal Rondon, os únicos atrativos que tiveram grau máximo de risco na classificação com base na matriz de risco de Vilarreal (2006), tanto no diagnóstico como durante o período seguinte de monitoramento, foram os aterros sanitários de Cuiabá e de Várzea Grande. Durante o período de monitoramento descobriu-se, posteriormente, que havia mais um atrativo com valor máximo de risco, uma lagoa no bairro de Bom Sucesso onde há grande deposição de lixo em seus arredores pela população que habita a região (Anexo A).

O aterro sanitário em Cuiabá localiza-se nos limites da ASA do Aeroporto Internacional Marechal Rondon (aproximadamente 18 km), funcionando como centro de manutenção de populações de urubus, caracará e garças-vaqueiras, que dispersam para outras áreas.

Desde 2009, na primeira vistoria, o aterro sanitário de Cuiabá já estava em seu limite operacional. Atualmente, a vida útil do aterro sanitário de Cuiabá está no fim e o local não apresenta mais as condições adequadas de funcionamento e algumas medidas operacionais adequadas para o bom funcionamento não estão sendo completamente cumpridas, bem como a contenção do resíduo líquido, chorume. Esse aterro recebe atualmente cerca de 500 toneladas de resíduos diariamente (Figura 25).

Figura 25 - Aterro sanitário de Cuiabá - Mato Grosso - – Outubro 2012.



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

Em 2012 foi efetuado estudo de impacto ambiental em três áreas selecionadas próximas ao aterro. Porém, o relatório de impacto ambiental foi reprovado e até o momento nenhum outro estudo foi realizado, o que indica que o problema permanecerá sem solução por mais algum tempo.

O aterro sanitário de Várzea Grande funciona desde a primeira vistoria e até os dias atuais como um lixão, não atendendo às boas práticas para ser considerado um aterro sanitário. Não há cobertura ou compactação do material que chega ao local, bem como não há contenção do chorume nem há nada para minimizar as emissões de gases, que caracterizam as operações necessárias para um menor impacto desse tipo de empreendimento.

Esse local é o foco de maior atração para espécies de risco como urubus, garças e carcarás da área de segurança do Aeroporto Marechal Rondon, tendo sido registrados centenas de indivíduos dessas espécies em todas as vistorias realizadas no local. Atualmente, o aterro de Várzea Grande recebe em média cerca de 400 toneladas diárias de resíduos (Figura 26).

Figura 26 - Aterro sanitário de Várzea Grande - Mato Grosso - – Outubro 2012.



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

Assim como o aterro de Cuiabá, a área encontra-se saturada. Existe um projeto de nova área de instalação, porém ainda não foi efetuado o Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), indicando que o problema não será solucionado em curto prazo.

Tanto no aterro de Cuiabá quanto em Várzea Grande, em todas as vistorias realizadas foram encontrados mais de cem urubus, chegando a 578 indivíduos em Várzea Grande, e também grandes concentrações de garças brancas.

No entorno do sítio aeroportuário, entre o aeroporto e o rio Cuiabá, há presença de grande quantidade de pequenas lagoas, algumas delas hoje se encontram em regiões de ocupação irregular e bairros de população de baixa renda.

Essas lagoas permanentes estão localizadas em sua grande maioria no município de Várzea Grande. Algumas surgiram decorrentes da exploração da argila e com as fábricas de cerâmicas, que após retirado todo o produto foram abandonadas, formando dezenas de lagoas (Figura 27). Com o crescimento desordenado da cidade, estas áreas tornaram-se depósitos de lixo doméstico e de carcaças de animais domésticos. Essa condição tende a atrair aves aquáticas e urubus, porém não foram observadas aglomerações de aves nos locais, apenas indivíduos distribuídos espaçadamente.

Figura 227 - Lagoa Unipark, localizada no bairro Unipark. Várzea Grande - Mato Grosso – Janeiro de 2013.



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

Porém, assim como observado no ano anterior, essas áreas não apresentam condição atrativa para as espécies críticas. Não são mais despejadas carcaças provenientes de frigoríficos e nem lixo doméstico, como observado nos anos de 2009 e 2010, sendo observada apenas vegetação em suas margens. Entretanto, o monitoramento nesse local foi mantido, devido ao histórico de deposição de lixo e a atratividade natural às espécies de risco à aviação, por tratar-se de corpo hídrico. Outro atrativo para a avifauna presente na área de segurança do Aeroporto Marechal Rondon são os frigoríficos. De acordo com a legislação atual, esse tipo de empreendimento deve ser evitado em áreas próximas a aeroportos, devido a seu grande potencial de atração de algumas espécies de risco à aviação. Dentro da ASA de Cuiabá há cinco frigoríficos, e o maior problema são as lagoas de contenção e decantação de resíduos que fazem parte de suas estruturas. Nesses locais foi observada a presença constante de urubus, garças e carcarás em grande número. A situação manteve-se a mesma ao longo de todo o período de monitoramento desses atrativos (Figura 28).

Figura 28 - Lagoa de decantação - Várzea Grande - Mato Grosso – Abril de 2013.



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

Além dos frigoríficos regularizados, foram identificados alguns abatedouros clandestinos, sem qualquer destinação apropriada para os dejetos. Esses locais foram monitorados e relatórios foram enviados para os gestores responsáveis, que tomaram as medidas cabíveis para a solução do problema.

As regiões sul e leste do sítio aeroportuário, no município de Várzea Grande, são ocupadas por bairros de população de baixa renda em que não há coleta regular de lixo e a infraestrutura de coleta de esgoto inexistente ou é precária (Figura 29). Nessas áreas é comum encontrar grandes deposições de lixo doméstico em terrenos baldios. Devido a esses motivos, essas áreas tornam-se potenciais atrativos para espécies sinantrópicas, como o urubu e outros predadores, como carcarás e corujas, que frequentam essas áreas em busca de roedores e outras presas.

Figura 29 - Resíduos orgânicos acumulados em terreno baldio no bairro Ipase - Várzea Grande - Mato Grosso –Setembro de 2010.



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

O zoológico de Cuiabá foi considerado um atrativo de risco às operações aeroportuárias pelo fato de haver grande aglomeração de aves aquáticas no início da manhã e no final da tarde (Figura 30). É um local utilizado como dormitório por essas espécies, e embora a área registre dezenas de indivíduos, não é ponto considerado de alto risco, dado ao voo baixo das aves e a não confluência com as rotas das aeronaves, porém a área oferece risco potencial e deve ser monitorada.

Figura 30 - Tuiuiús (*Jabiru mycteria*) e garças (*Ardea alba*) livres no zoológico do campus da UFMT – Agosto de 2009.



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

Outros atrativos que em um primeiro momento pareceram ser importantes e de alto risco, mostraram-se ao longo do monitoramento não se tratar de problemas relevantes para a aviação na área de segurança do Aeroporto Internacional Marechal Rondon, é o caso do mercado do porto e o rio Cuiabá. Entretanto, esses locais devem continuar a ser vistoriados a fim de que problemas pontuais sejam identificados e que se busque, com os entes responsáveis, a sua solução, de modo que mantenham-se com baixo risco operacional, devido ao fato de não haver grandes concentrações de espécies de risco à aviação.

Entre os atrativos da ASA de Cuiabá, cinco estão localizados dentro da área crítica. Com risco classificado como alto, há dois frigoríficos, o Frigorífico Pantanal e o Frigorífico Boi Branco, onde em suas lagoas de decantação de resíduos há presença constante de urubus e garças.

Outros atrativos da área crítica são os corpos d'água com deposição de lixo pela comunidade. O Tanque Pirineu, onde se observou ao longo das vistorias restos de carcaças de animais abatidos clandestinamente, e que por esse motivo foi classificado como de alto risco, e as lagoas da Guarita e do Bairro Unipark, que foram classificadas com médio risco, devido à presença de lixo doméstico.

7.2 MANAUS

A área de segurança do Aeroporto Internacional Eduardo Gomes é ocupada em quase 50% por floresta equatorial, outra porção grande é ocupada por corpos d'água, principalmente o rio Negro. Entretanto, os atrativos de avifauna que causam risco às operações no aeroporto encontram-se na área urbana e são causados pela atividade humana.

Na área urbana da ASA foi possível observar que, nas comunidades de baixa renda, a população utiliza terrenos baldios e áreas desocupadas para depositar lixo e entulho. A falta de saneamento básico nessas regiões gera a presença de esgoto a céu aberto. Essas comunidades ainda sofrem com a falta ou ineficiência do serviço de coleta de lixo. Essa realidade torna tais comunidades foco atrativo de espécies da fauna favorecidas por essas condições, como ratos, urubus, pombos etc. (Figura 31). Há também, nas comunidades carentes, a presença de animais domésticos, como suínos, equinos e bovinos soltos pelas ruas e terrenos baldios.

Figura 23 - Acomodação e descarte de resíduos sólidos de forma inadequada nas proximidades do Aeroporto Internacional Eduardo Gomes - Manaus (AM)



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

Durante a fase de diagnóstico, realizada em Manaus em novembro de 2009, foram identificados 36 atrativos com potencial risco à aviação, destes, 10 foram

considerados de médio ou alto risco. A partir do monitoramento contínuo feito pela equipe local, que se iniciou em maio de 2010, verificou-se a presença de diversos outros atrativos com potencial de risco, 12 foram graduados como sendo de médio ou alto risco, totalizando 22 atrativos de risco dentro da ASA (Tabela 10) (Anexo B).

Tabela 10 - Focos atrativos da área de segurança Aeroporto Internacional de Manaus

Atrativo	Zona	Coordenada X	Coordenada Y	Matriz	Risco
Aterro Sanitário	20M	831789	9672480	12	Alto
Feira 7 de Setembro	20M	832491	9653060	9	Médio
Feira da Cidade Nova	21M	168211	9664460	12	Alto
Feira da Compensa	20M	827360	9656060	12	Alto
Feira da Panair	20M	832387	9651840	12	Alto
Feira da Raiz	21M	167072	9654220	9	Médio
Feira do Coroado	21M	168653	9658680	12	Alto
Feira do Mutirão	21M	172720	9662920	12	Alto
Feira Manaus Moderna	20M	831008	9652300	10	Médio
Igarapé - Bairro Jardim de Versalles	20M	827161	9661360	10	Médio
Igarapé da Cachoeira Alta	20M	827312	9667020	9	Médio
Igarapé da Redenção	20M	827144	9661370	9	Médio
Igarapé de Manaus	20M	832416	9651800	12	Alto
Igarapé Santa Etelvina	21M	167586	9669740	10	Médio
Invasão Próxima ao Muro Patrimonial - Redenção	20M	827311	9661930	10	Médio
Marina do Davi	20M	821364	9662100	11	Alto
Parque Riachuelo	20M	828064	9666000	11	Alto
Igarapé do Tarumã - Lixo	20M	827778	9669840	9	Médio
Porto da Ceasa	21M	173186	9653090	12	Alto
Porto-Amarelinho	20M	832026	9652070	12	Alto
Ramal do Brasileirinho	21M	176177	9665100	11	Alto
Santo Antônio	20M	828627	9654700	12	Alto

Fonte: Elaborado pelo autor.

O aterro sanitário de Manaus opera dentro das normas sanitárias e ambientais e está operando com todas as licenças necessárias, entretanto, devido às características desse tipo de empreendimento, há sempre presença de grande quantidade de aves que causam perigo à aviação, por exemplo, de urubus, verificados em todas as vistorias realizadas no local (Figuras 32 e 33).

Figura 32 - Vista do lixão da cidade de Manaus, localizado dentro da ASA – Março de 2011



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

Figura 33 - Cone de urubus (*Coragyps atratus*) sobre o aterro sanitário da cidade de Manaus – Março de 2011.



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

Em Manaus há diversas feiras onde os dejetos não são tratados de maneira adequada, essa situação torna algumas delas foco atrativo de maior risco para a aviação em Manaus.

A Feira Manaus Moderna está localizada próxima ao porto de Manaus, principal porta de entrada da cidade. Por esse motivo, é a feira que recebe grande foco do

poder público e onde há maior atenção na destinação dos resíduos. Apesar disso, a população que utiliza a área, tanto passageiros como o pessoal que trabalha nos barcos ou no desembarque de mercadorias, acaba descartando resíduos nas margens, culminando na atração de aves, como urubus e pombos, apresentando, em todas as vistorias realizadas no local, entre 2009 e 2013, quantidade acima de vinte urubus (Figura 34).

Figura 34 - Porto da Manaus Moderna, Manaus (AM), com destaque para urubus utilizando restos de resíduos orgânicos para alimentar-se – Novembro 2011



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

Nas vistorias realizadas na Feira da Compensa foram observados problemas na destinação dos resíduos, ocasionando a presença de grande quantidade de urubus. O principal problema encontrado nas vistorias foi infraestrutura inadequada e insuficiente para a destinação dos dejetos gerados pela feira. No local, observou-se apenas um *container* para a deposição desse material, o que é insuficiente em razão do volume gerado, e sem tampa ou qualquer proteção contra animais sinantróticos (Figura 35).

Figura 35 - Lixeira tipo *container* sem tampa, na área da Feira Modelo da Compensa – Manaus – Março 2013.



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

A Feira do Coroado apresenta alguns atrativos aos urubus. Além de uma lixeira do tipo *container* aberta, onde todo o resíduo gerado pela feira é armazenado até o momento da coleta (Figura 36), existe um dormitório de urubus em um pequeno fragmento de mata localizado ao longo do igarapé que passa ao lado da feira. Esses três componentes, a lixeira, o pequeno fragmento e o igarapé configuram um ambiente de forte atração aos urubus. Além disso, foi observada a presença de outros animais como pombos, gatos e cães alimentando-se junto aos resíduos depositados.

Figura 36 - Área externa da Feira Municipal do Coroado, Manaus – AM – Abril de 2013.



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

A mesma situação foi observada em outras feiras que ocorrem em toda a área urbana de Manaus, como é o caso da feira 7 de setembro, feira da Raiz, Porto da Ceasa, Porto Amarelinho e Marina do Davi. Nesses locais em todas as vistorias havia grande quantidade de urubus, acima de 20 indivíduos, animais domésticos e lixo sendo descartado sem acondicionamento necessário.

Entre as muitas feiras de Manaus, a que apresenta a situação de maior preocupação devido ao número de urubus presentes é a Feira do Panair. Localizada às margens do rio Negro, no centro histórico de Manaus, essa feira apresentou média de cerca de 150 urubus nas vistorias realizadas no local, o número mínimo que se observou foram 70 indivíduos em vistorias em dia de muita chuva, sendo comum a observação de mais de 200 indivíduos no local.

Muitos fatores contribuem para que a Feira do Panair seja um dos maiores focos atrativos aos urubus na cidade de Manaus. Um dos principais fatores é a forma com que toda a população que faz uso deste local, feirantes, consumidores, carregadores, barqueiros, dentre outros, descarta o resíduo sólido, principalmente de origem orgânica. Existe muito lixo espalhado por toda a área da feira. Assim como nas demais feiras, a quantidade de *containers* para o acondicionamento dos resíduos é insuficiente e o tipo de recipiente é inadequado, pois mesmo que houvesse em número suficiente, ainda assim os animais teriam acesso aos dejetos, pois não há tampa ou outro tipo de proteção, e o material fica exposto aos animais (Figura 37).

Figura 37 - Urubus alimentando-se na Feira do Panair – Junho de 2011.



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

Muitos fragmentos de vegetação presentes na área urbana são utilizados pela população de urubus da cidade como dormitório, principalmente os fragmentos localizados próximos a áreas onde há abundância de alimento, como nas regiões perto das feiras. Foram identificadas e monitoradas 18 áreas com essas características na ASA de Manaus. Entre elas, o parque Riachuelo e a Vila Militar do rio Negro. Nesses locais, a maior presença de animais ocorre no início da manhã e no final da tarde.

O entorno do Aeroporto Internacional Eduardo Gomes apresentou diversos atrativos à fauna, sobretudo a espécies sinantrópicas. No limite sul do sítio aeroportuário, no bairro Redenção, foi possível identificar vários pontos usados pela comunidade para descarte de lixo doméstico. O esgoto a céu aberto é bastante comum nessa comunidade, bem como a deposição de entulhos em áreas próximas às habitações (Figura 38).

Figura 38 - Lixo e esgoto correndo a céu aberto na região do aeroporto – Setembro de 2010.



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

Na área de segurança do Aeroporto Internacional Eduardo Gomes, quatro atrativos estão localizados dentro da área crítica e por isso são classificados de maior risco às operações realizadas no aeródromo. Três deles foram considerados de alto risco, devido à grande quantidade de urubus que usam o local como área de alimentação, tendo como fonte os dejetos produzidos pela população. São as feiras do Mutirão e da Cidade Nova, além da Marina do Davi.

O outro atrativo localizado na área crítica encontra-se no limite da área patrimonial do aeroporto e trata-se de região com problemas na coleta do lixo, apresentando uma área com grande deposição de lixo doméstico.

7.3 GUARULHOS

As atividades no Aeroporto Internacional Franco Montoro, em Guarulhos, foram iniciadas em março de 2010 e finalizou-se em dezembro de 2012, devido ao fato de a administração do aeródromo ter migrado para a iniciativa privada a partir de janeiro de 2013.

Durante esse período foram monitorados 49 atrativos dentro da ASA, sendo que 22 foram considerados, durante o período em que foram analisados, de médio ou alto

risco às operações realizadas pelo aeroporto (sendo 15 de médio risco e quatro de alto) (Tabela 11 e Anexo C).

Tabela 11 - Atrativos da área de Segurança do Aeroporto Internacional de Guarulhos

Atrativo	Coord. X	Coord. Y	Matriz	Risco
Área de Reciclagem de Lixo	7403322,528	340462,084	9	Médio
Área de Reciclagem de Lixo	7403322,529	339959,401	9	Médio
Área de Reciclagem de Lixo	7403322,530	360009,727	9	Médio
Área de Reciclagem de Lixo	7403322,531	346713,394	9	Médio
Área de Reciclagem de Lixo	7403322,532	347251,804	9	Médio
Área de Reciclagem de Lixo	7403322,533	347434,731	9	Médio
Aterro de Pojoam	7403322,534	368674,022	12	Alto
Aterro Quitaúna	7403322,535	340418,667	12	Alto
Bosque Maia	7403322,536	343819,493	10	Médio
Comunidade carente	7403322,537	345709,177	10	Médio
Comunidade carente	7403322,547	356363,33	11	Alto
Deposição de lixo e valas de esgoto	7403322,538	345365,718	10	Médio
Estação de Tratamento de Esgoto	7403322,539	351859,078	11	Alto
Eucaliptos e deposição de lixo	7403322,540	352826,424	11	Alto
Hortas, lagoas, insetos, flores diversas, árvores frutíferas	7403322,548	351668,242	11	Alto
Ocupação irregular e rio poluído	7403322,549	349462,242	10	Médio
Parque Ecológico do Tietê	7403322,541	344699,018	9	Médio
Parque urbano	7403322,542	344482,657	10	Médio
Praça Arborizada	7403322,543	344215,404	10	Médio
Reciclagem de Lixo	7403322,544	352597,004	9	Médio
Rio Baquirivu	7403322,545	347744,834	9	Médio
Rio Tietê	7403322,546	349706,893	9	Médio

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na área urbana da ASA foi possível observar, durante as vistorias realizadas, que, nas comunidades de baixa renda, a população utiliza terrenos baldios e áreas desocupadas para depositar lixo e entulho (Figura 39). A falta de saneamento básico nessas regiões gera a presença de esgoto a céu aberto e as comunidades ainda sofrem com a falta ou ineficiência do serviço de coleta de lixo. Essa realidade torna as comunidades foco atrativo de espécies da fauna favorecidas por tais condições, como ratos, urubus, pombos etc. Há, também, nas comunidades carentes, a presença de animais domésticos, como suínos e equinos pelas ruas e em terrenos baldios.

Figura 24 - Lixo e entulho depositados irregularmente na Vila Barros - Outubro de 2011



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

O sítio aeroportuário do Aeroporto Internacional de São Paulo, Guarulhos, encontra-se no limite entre a malha urbana da região metropolitana da grande São Paulo e as áreas de remanescentes naturais da parte norte da ASA, em que se destaca o Parque Estadual da Serra da Cantareira, criado em 1963, possuindo área superior a 7.000 hectares e com vegetação de mata atlântica. Por isso, o entorno do aeroporto apresentou diversas áreas favoráveis à presença da fauna. Observou-se a presença de comunidades carentes, locais usados para a reciclagem de lixo (Figura 40), criação de animais domésticos, diversos pontos de deposição de lixo e entulho e praças com árvores frutíferas.

Figura 4025 - Área de reciclagem de lixo próxima ao aeroporto – Março de 2010



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

O limite oeste do sítio, região das cabeceiras 9L e 9R, apresentou a maior quantidade de atrativos. O rio Baquirivu encontra-se bastante antropizado e há grande quantidade de lixo em suas margens. Ao longo da Avenida Marginal do rio Baquirivu observou-se dois pontos de reciclagem de lixo, onde, além de muito lixo no local, há animais domésticos como cães, gatos e equinos. Há, na região, diversas comunidades carentes com pontos de deposição de lixo e entulho. Existem algumas praças e parques urbanos bastante arborizados na região (Figura 41), que podem servir de refúgio ou área de repouso para algumas espécies de aves, e onde eventualmente observou-se a presença de urubus.

Figura 41 - Parque urbano na Vila Barros dentro da ASA – Março de 2010



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

No limite sul do aeródromo observou-se uma feira nas proximidades da Av. Monteiro Lobato (Figura 42), onde, em algumas ocasiões, foi observada grande concentração de espécies de risco. Ao longo da estrada de Nazaré e da Av. João Paulo I observou-se a presença de lixo, entulho, comunidades carentes, animais domésticos e árvores frutíferas. Na Av. Bela Vista do Paraíso, limite leste do sítio e área próxima às cabeceiras da pista, observou-se deposição de lixo com presença de aglomerações de urubus. No limite nordeste do sítio há um morro com presença de comunidade carente, onde se observou lixo orgânico e esgoto.

Figura 42 - Feira de ambulantes próxima ao Aeroporto Internacional de São Paulo – Guarulhos- Agosto de 2011.



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

Na região leste da ASA, próximo à estrada Capuava, observou-se mais um ponto de reciclagem de lixo e lagoa com presença de aves aquáticas, como garças e biguás. No limite entre o município de Guarulhos e Arujá há uma comunidade carente às margens da rodovia Presidente Dutra. Em Arujá outros atrativos observados foram remanescentes naturais e região com presença de plantio de hortaliças às margens da Av. João Manoel (Figura 43). No limite entre os municípios de Arujá e Itaquaquecetuba há a presença de aterro sanitário (Figura 44), com grande quantidade de aves, principalmente garças e urubus. Observou-se comunidade carente nos arredores do aterro.

Figura 26 - Área com cultivo de hortas, próxima ao aeroporto – Março de 2010.



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

Figura 44 - Lagoa de chorume do aterro sanitário de Arujá, com presença de garças – Março de 2010.



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

A parte norte da ASA caracteriza-se pela presença de grandes áreas de remanescentes naturais com variados graus de preservação e áreas onde a vegetação apresenta diferentes níveis de degradação. Há grande quantidade de corpos hídricos, como rios, lagos, lagoas e represas. O parque da Cantareira, com área superior a 7.000 hectares de mata atlântica, abriga diversas espécies silvestres e é importante atrativo da região.

Na parte oeste da ASA, no limite entre os municípios de São Paulo e Guarulhos, encontra-se o aterro sanitário de Guarulhos-Quitaúna, que recebe grande quantidade diária de lixo orgânico e onde não foi permitido o acesso da equipe, mas que, de acordo com funcionários do empreendimento, há grande quantidade de urubus. Nas proximidades do aterro foi observado ponto de reciclagem de lixo, com presença de animais domésticos.

Ao longo da rodovia Fernão Dias observou-se local de reciclagem e deposição de lixo, além de comunidade carente com presença de lixo e esgoto. Ao longo das linhas de transmissão de energia elétrica, no município de São Paulo, há comunidades carentes instaladas com a presença de muito lixo, esgoto e animais domésticos.

A região às margens do rio Tietê apresentou diversos focos atrativos à fauna, sobretudo para espécies sinantrópicas, visto que a região encontra-se bastante antropizada e as águas do rio muito poluídas (Figura 45). Há diversas comunidades carentes, pontos de deposição de lixo, estação de tratamento de esgoto e área com plantio de eucaliptos. Em todos esses pontos foi observada grande concentração de urubus durante as vistorias realizadas. O parque ecológico do Tietê, com área arborizada e lagoas, é outro ponto que pode servir de refúgio para diversas espécies da fauna silvestre e sinantrópica.

Figura 45 - Área poluída do rio Tietê, no município de Guarulhos – Fevereiro de 2011.



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

Na parte sul da ASA as vistorias não identificaram nenhum atrativo que cause grande perigo às operações realizadas pelo Aeroporto Internacional Franco Montoro, entretanto, alguns atrativos foram identificados por meio das imagens de satélites, tais como os corpos hídricos e os rios Aricanduva, Jacuí, Itaquera entre outros, que se encontram bastante antropizados por percorrer área de grande densidade urbana. O único remanescente natural importante de região é o parque do Carmo. Durante as vistorias realizadas nesses locais não foram observadas concentrações de avifauna preocupantes e por isso esses atrativos foram considerados de baixo risco.

Dentro da área crítica da ASA de Guarulhos estão localizados 10 atrativos de fauna que causam riscos às operações realizadas pelo aeródromo. Todos estão relacionados aos resíduos sólidos produzidos pela sociedade.

Quatro são as áreas de comunidades carentes utilizadas para a deposição de lixo doméstico. Há, também, três áreas públicas com as mesmas características de deposição de lixo doméstico e presença de espécies que causam colisão no aeroporto de Guarulhos.

Outro ponto é o rio Baquirivú, que faz limite com o sítio aeroportuário, e que possui lixo e outros dejetos em seu leito. Além disso, há presença de plantio de eucalipto em suas margens, que é utilizado como dormitório pela população de urubus.

Outros atrativos dentro da área crítica são uma grande área de hortas com a presença de lagoas, onde se presenciou, durante as vistorias, concentração de garças, e uma área de reciclagem de lixo com a presença de dejetos expostos e animais domésticos.

7.4 PORTO ALEGRE

As atividades no Aeroporto Internacional Salgado Filho, foram realizadas pelo projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros, entre dezembro de 2009 e maio de 2012, quando o aeroporto foi retirado do projeto por estratégia de gestão da Infraero. Durante esse período foram identificados e vistoriados mais de 100 focos atrativos à avifauna dentro da ASA, com potencial risco para as operações realizadas pelo aeródromo.

Devido à geografia da região, observou-se que há áreas com características distintas. A região oeste e parte da região norte são ocupadas predominantemente por plantações de arroz, que na época, próxima à colheita, observou-se grande densidade de aves. A maior parte das espécies encontradas nessas áreas, entretanto, não causa risco à aviação. Apesar disso, essa região foi constantemente monitorada para identificação de possíveis focos sazonais. Essas plantações ocorrem em grandes áreas nos municípios de Guaíba, Eldorado do Sul, Triunfo, Nova Santa Rita, Esteio e no município de Porto Alegre ao longo da BR- 290.

Na região em que se inicia a lagoa dos Patos, há a maior área natural da ASA, o Parque Estadual do Delta do Jacuí. Essa unidade de conservação foi criada pelo governo estadual do Rio Grande do Sul, em 1976, possui área superior a 14.000 hectares e tem como fitofisionomia principal o banhado, que se caracteriza por vegetação herbáceo-arbustiva em áreas alagadas, muito comum nos pampas gaúchos. Nesse parque foi possível observar grande quantidade de pássaros, principalmente garças e biguás, transitando pela área, mas não há grandes concentrações em locais específicos.

A região central da ASA é ocupada pela malha urbana da região metropolitana de Porto Alegre, e a parte sul, mais acidentada topograficamente, é ocupada por um

mosaico de áreas de agricultura, principalmente pequenas propriedades dedicadas à criação de animais domésticos, e pequenos remanescentes de vegetação florestal. Ao final do monitoramento, em 2012, havia na área de segurança do Aeroporto Internacional Salgado Filho 14 atrativos com grau de risco médio ou alto (Tabela 11 e Anexo D).

Tabela 71 - Atrativos da área de segurança do Aeroporto Internacional de Porto Alegre

Atrativo	Coord. X	Coord. Y	Matriz	Risco
Antigo Aterro	485126	6682050	9	Médio
Arroio Dilúvio - Foz	477657	6675940	10	Médio
Aterro sanitário	495053	6696990	12	Alto
Aterro Sanitário de Alvorada	498907	6683250	11	Alto
Banhado (área alagada)	474194	6680820	9	Médio
CEASA	483723	6683800	9	Médio
Colônia de pescadores	475217	6679450	9	Médio
Criação de gado	473964	6681620	9	Médio
Fazenda Tubiano	485571	6681580	10	Médio
Grande área de reciclagem de lixo	485791	6681570	9	Médio
Grande depósito de entulho	484926	6686290	9	Médio
Represa IPH	488574	6672990	10	Médio
Transbordo do lixo	486092	6669910	10	Médio
Freeway	488144	6684867	9	Médio

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na área urbana da ASA foi possível observar que, nas comunidades de baixa renda, a população utiliza terrenos baldios e áreas desocupadas para depositar lixo e entulho (Figura 46). A falta de saneamento básico nessas regiões gera a presença de esgoto a céu aberto e essas comunidades ainda sofrem com a falta ou ineficiência do serviço de coleta de lixo. Essa realidade torna essas comunidades um foco atrativo de espécies da fauna favorecidas por essas condições, como ratos, urubus, pombos, etc. Há, também, nas comunidades carentes, a presença de animais domésticos, como suínos, equinos e bovinos pelas ruas e em terrenos baldios (Figura 47).

**Figura 46 - Depósito de lixo e barracos de catadores de papel próximos ao Aeroporto
Dezembro de 2009.**



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

Figura 47 - Criação de animais domésticos na região da ilha das Flores (ASA) – Março de 2010.



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

O entorno do Aeroporto Internacional Salgado Filho apresentou diversas áreas favoráveis à presença da fauna. Entre elas, um importante atrativo é uma grande área de depósito de entulhos próximo ao CEASA. Esse local permaneceu ativo, recebendo dejetos durante todo o período de monitoramento, com a presença

constante de animais domésticos e aves, principalmente pombos e garças (Figura 48).

Figura 278 - Área de deposição de entulho de lixo próxima ao aeroporto, dentro da ASA – Setembro de 2011.



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

A região oeste da ASA caracteriza-se pela presença de áreas alagadas utilizadas para o plantio de arroz (Figura 49), que atraem gaviões, maçaricos, garças entre outras espécies de aves aquáticas ou que se alimentam de grãos. Essas plantações ocorrem em grandes áreas nos municípios de Guaíba, Eldorado do Sul, Triunfo, Nova Santa Rita, Esteio e no município de Porto Alegre ao longo da BR- 290, conhecida como Freeway.

Figura 289 - Área alagada com animais domésticos, próxima ao sítio aeroportuário e à Freeway - em Porto Alegre – Dezembro de 2009.



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

Na área norte, no município de Gravataí, encontra-se aterro sanitário (Figura 50) que funciona de acordo com a legislação e utiliza práticas e técnicas para a minimização dos impactos causados pelo empreendimento, entretanto, durante as vistorias realizadas no local, foi observada grande quantidade de garças, urubus e alguns falconiformes. A mesma situação foi observada no aterro sanitário de Alvorada, na parte leste da ASA.

Figura 50 - Aterro sanitário da região metropolitana de Porto Alegre – Dezembro de 2010.



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

No limite leste do sítio aeroportuário, próximo à cabeceira da pista de decolagem, existe a Fazenda Tubiano, com a presença de lagoas, área de horta, pastagens e diversos animais domésticos. Devido ao manejo não apropriado desses animais para uma área onde os aviões estão em baixa altitude, em vistorias no local foi observada a presença de grande quantidade de garças (Figura 51). Esse atrativo não pode ser visitado com grande frequência por tratar-se de área particular.

Figura 51 - Garças e animais domésticos na Fazenda Tubiano Dezembro de 2009.

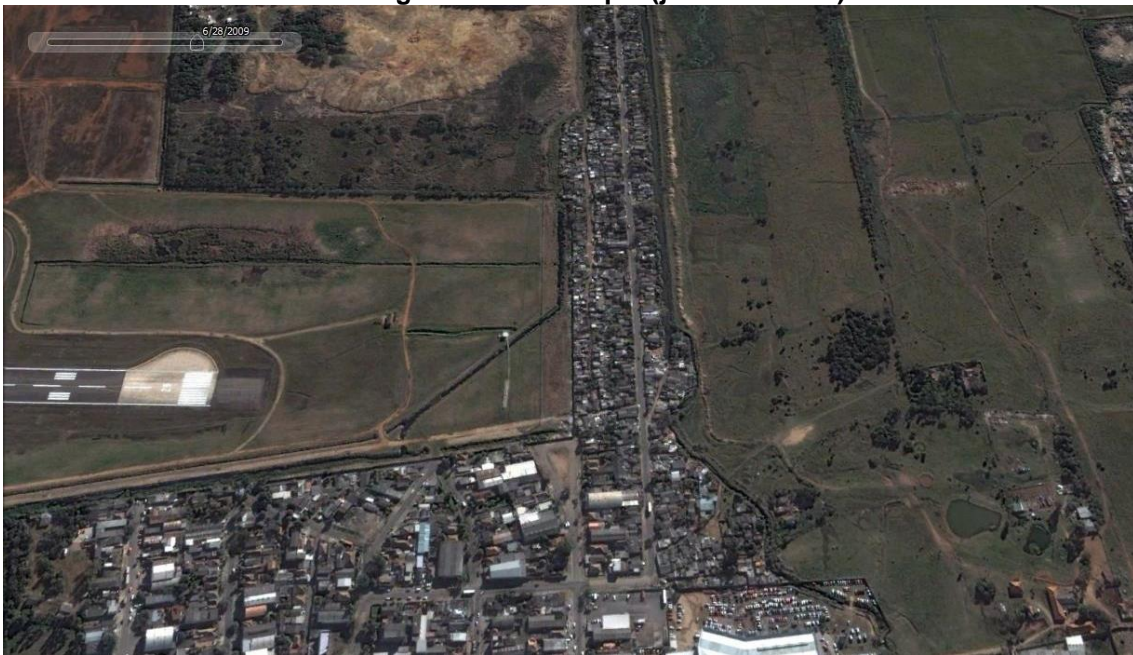


Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

Outro atrativo de alto risco que existia na região era a Vila Dique, uma ocupação irregular, muito carente de urbanização, sem sistema de esgoto e coleta de lixo,

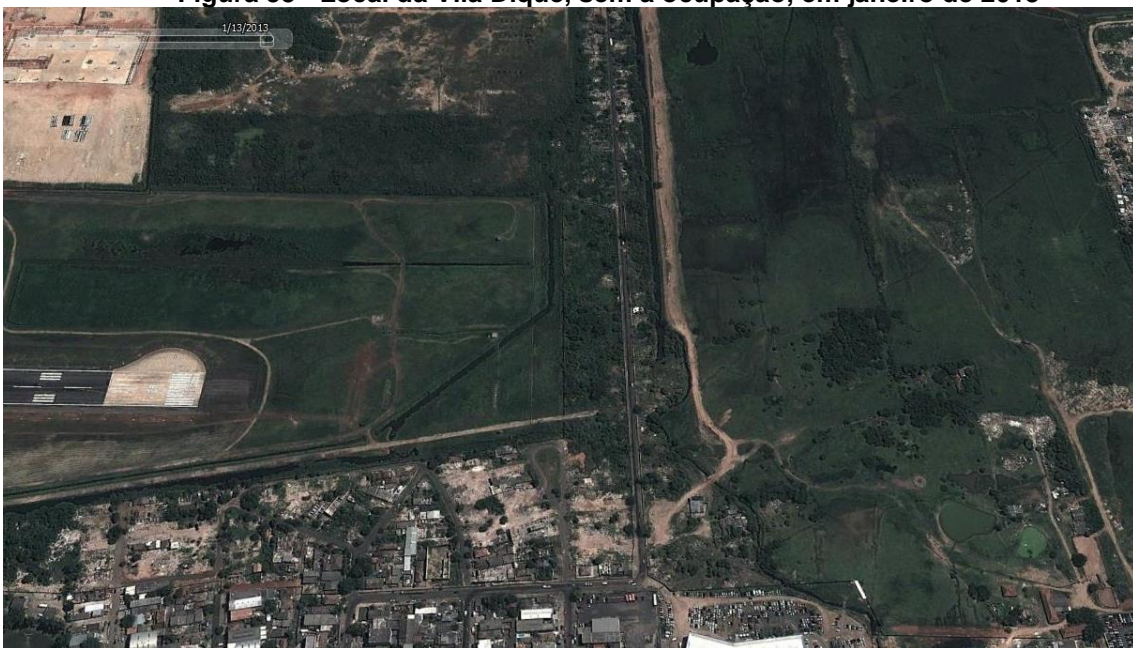
localizada a poucos metros da cabeceira da pista. Nesse local havia a presença constante de animais sinantrópicos e de espécies de maior risco no aeroporto de Porto Alegre. Essa ocupação foi retirada em 2011 para obras de ampliação da pista do aeródromo, de modo que ao final do período de monitoramento dos atrativos da ASA de Porto Alegre (Figuras 52 e 53) esse local não figurava mais como foco atrativo relevante.

Figura 29 - Vila Dique (junho de 2009)



Fonte: Google Earth (junho/2009).

Figura 53 - Local da Vila Dique, sem a ocupação, em janeiro de 2013



Fonte: Google Earth (janeiro/2013).

A área central de Porto Alegre apresentou como foco atrativo à fauna a foz do arroio Dilúvio, com suas águas poluídas. Esse corpo hídrico corta parte da cidade, servindo de atrativo para espécies sinantrópicas; nesta área foi observada a presença de algumas comunidades carentes, sem saneamento básico e coleta de lixo, essas comunidades encontram-se principalmente às margens do Rio Guaíba.

Na parte sul da ASA os principais atrativos são as comunidades carentes da região, as criações de animais domésticos, o Parque Municipal Morro do Osso e outros remanescentes naturais. Essas áreas não apresentaram, ao longo do monitoramento, grandes concentrações de espécies de risco à aviação, entretanto, há na região o transbordo de lixo. Neste local, o lixo doméstico de Porto Alegre é direcionado para os aterros sanitários, ficando pouco tempo no local, mas resíduos, como chorume, não são completamente retirados. Foi observada grande quantidade de pombos no local.

Dentre os atrativos monitorados na área de segurança do Aeroporto Internacional Salgado Filho, cinco estão localizados dentro da área crítica. Todos eles são de médio risco, mas, devido à altitude e quantidade de operações realizadas por aeronaves próximas a esses atrativos, é fundamental seu monitoramento.

Dois estão relacionados à criação e manejo não adequado de animais domésticos, principalmente bovinos e suínos. A presença de sobras de alimentos e outros dejetos contribuiu para o aumento da população de garças e carcarás nesses locais. Uma dessas áreas é ocupada pela fazenda Tubiano, que se encontra próxima à cabeceira da pista.

Há uma área que serviu de aterro de lixo, já desativada, mas que ainda funciona como atrativo de espécies de risco, principalmente garças. Outra área é a de reciclagem de lixo, onde durante as vistorias foi observado o mesmo cenário de concentração de garças.

Houve também uma área de banhado, na região das ilhas do rio Guaíba, com presença de lixo e concentração de aves. Essa região apresenta diversas áreas com deposição de lixo pelas comunidades carentes que estão localizadas na região.

8 SENSORIAMENTO REMOTO DA VEGETAÇÃO

A análise da vegetação foi feita a partir de imagens obtidas pelo sensor TM, a bordo do satélite Landsat 5.

8.1 ANALISE DA QUALIDADE DO GEORREFERENCIAMENTO DAS IMAGENS

A primeira etapa para análise da vegetação nas ASAs de Cuiabá, Manaus, Guarulhos e Porto Alegre foi o georreferenciamento das imagens das áreas de estudo, nos anos analisados. Para tanto, foram utilizadas imagens Landsat, do projeto Global Land Cover, da NASA.

8.1.1 Cuiabá

Para análise da vegetação na ASA do Aeroporto Internacional Marechal Rondon, em Cuiabá, foram utilizadas imagens da cena do catálogo de imagens, cuja órbita/ponto é 226/071, nos anos de 2001, 2004, 2006, 2008 e 2011. A imagem Land Cover utilizada como imagem base para o georreferenciamento foi coletada pelo satélite Landsat 5, em oito de agosto de 2001.

O RMS do georreferenciamento das imagens da ASA do Aeroporto Internacional Marechal Rondon teve valores variando entre 0.645 a 1.175 (Tabela 12), o que indica uma boa acurácia.

Tabela 12 - Valores de erro RMS do georreferenciamento das imagens ASA - Cuiabá

Imagem	Data de Imageamento	Erro RMS
TM 5 - 226/071	28 de maio de 2001	1,038928
TM 5 - 226/071	23 de julho de 2004	0,882059
TM 5 - 226/071	13 de julho de 2006	1,175864
TM 5 - 226/071	19 de agosto de 2008	1,139348
TM 5 - 226/071	11 de julho de 2011	0,645605

Fonte: Elaborado pelo autor.

8.1.2 Manaus

Para análise da vegetação na ASA do Aeroporto Internacional Eduardo Gomes, em Manaus, foram utilizadas imagens da cena do catálogo de imagens, cuja órbita/ponto é 231/062, nos anos de 2001, 2003, 2005, 2009 e 2011. A imagem Land Cover utilizada como imagem base para o georreferenciamento foi coletada pelo satélite Landsat 5, em 17 de julho de 1992.

O RMS do georrefenciamento das imagens da ASA do Aeroporto Internacional Eduardo Gomes teve valores variando entre 0.2 a 0.529 (Tabela 13), o que indica que o deslocamento da imagem georreferenciada é menor que o tamanho de um pixel.

Tabela 83 - Valores de erro RMS do georrefenciamento das imagens ASA - Manaus

Órbita/Ponto	Data de Imageamento	Erro RMS
TM 5 -231/062	3 de agosto de 2001	0,529889
TM 5 -231/062	25 de agosto de 2003	0,284348
TM 5 -231/062	29 de julho de 2005	0,200829
TM 5 -231/062	10 de setembro de 2009	0,223104
TM 5 -231/062	31 de agosto de 2011	0,471885

Fonte: Elaborado pelo autor.

8.1.3 Guarulhos

Para análise da vegetação na ASA do Aeroporto Internacional Franco Montoro, em Guarulhos, foram utilizadas imagens da cena do catálogo de imagens, cuja órbita/ponto é 219/076, nos anos de 2001, 2003, 2006, 2008 e 2011. A imagem Land Cover utilizada como imagem base para o georrefenciamento foi coletada pelo satélite Landsat 5, em 30 de abril de 2000.

O RMS do georrefenciamento das imagens da ASA do Aeroporto Internacional Franco Montoro teve valores variando entre 1.38 a 1.653 (Tabela 14), o que indica que o deslocamento da imagem georreferenciada é maior que 30 metros, o que não é problemático para a escala em que o trabalho foi desenvolvido.

Tabela 9 - Valores de erro RMS do georrefenciamento das imagens ASA - Guarulhos

Órbita/ponto	Data do Imageamento	RMS
TM 5 - 219/076	15 de agosto de 2001	1,380952
TM 5 - 219/076	21 de agosto de 2003	1,424923
TM 5 - 219/076	14 de setembro de 2006	1,561842
TM 5 - 219/076	18 de agosto de 2008	1,653892
TM 5 - 219/076	21 abril de 2001	1,540435

Fonte: Elaborado pelo autor.

8.1.4 Porto Alegre

Para análise da vegetação na ASA do Aeroporto Internacional Salgado Filho, em Porto Alegre, foram utilizadas imagens da cena do catálogo de imagens, cuja órbita/ponto é 221/081 nos anos de 2001, 2004, 2007, 2009 e 2011. A imagem Land

Cover utilizada como imagem base para o georreferenciamento foi coletada pelo satélite Landsat 5, em 24 de fevereiro de 2000.

O RMS do georreferenciamento das imagens da ASA do Aeroporto Internacional Salgado Filho teve valores variando entre 0.67 a 1.68 (Tabela 15), o que é satisfatório.

Tabela 10 - Valores de erro RMS do georreferenciamento das imagens ASA - Porto Alegre

Órbita/ponto	Data do Imageamento	RMS
TM 5 - 221/081	12 de julho de 2001	1,680089
TM 5 - 221/081	11 de fevereiro de 2004	0,837273
TM 5 - 221/081	3 de fevereiro de 2007	0,670564
TM 5 - 221/081	13 de abril de 2009	1,157229
TM 5 - 221/081	28 de outubro de 2011	1,054853

Fonte: Elaborado pelo autor.

8.2 CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS

A classificação das imagens foi feita por corte no histograma, para a definição de região de interesse, ROI.

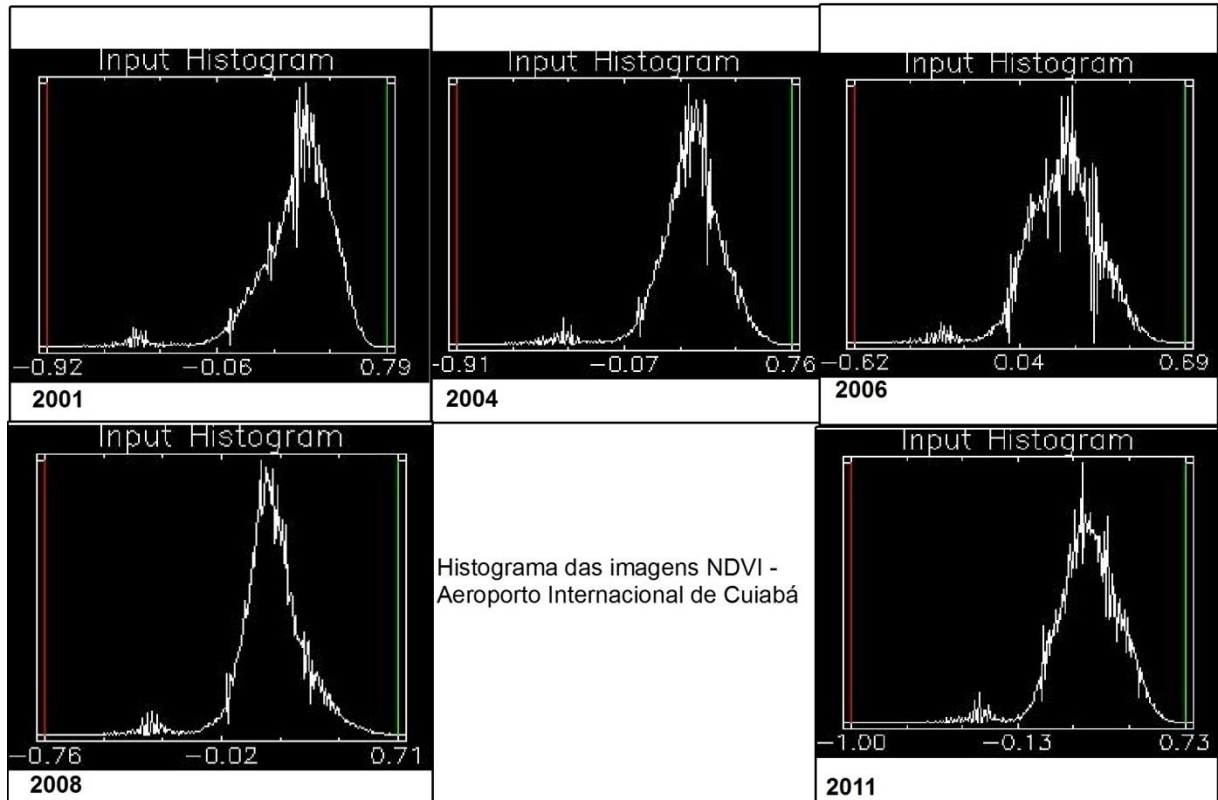
8.2.1 Cuiabá

Para o estudo da vegetação em Cuiabá, assim como o dos demais aeroportos, procurou-se analisar imagens da mesma estação, preferencialmente do mesmo mês, a fim de evitar variações sazonais.

A estação escolhida foi a de seca, com imagens coletadas entre os meses de julho e agosto. Obtiveram-se as imagens com dados desse período, mas depois do processamento inicial, observou-se que a imagem do ano de 2001 apresentava algumas falhas, sendo necessário utilizar imagem com data de 28 de maio naquele ano, início da estação da seca.

Por esse motivo, o valor mínimo para a determinação do que seria a vegetação natural no ano de 2001, foi muito acima do valor utilizado nos demais anos, isso foi necessário, pois a vegetação arbustiva e principalmente herbácea, ainda está com muita atividade fotossintética, e grande parte da área de segurança do Aeroporto Internacional Marechal Rondon é ocupada por pastagens e áreas degradadas. Isso se reflete no histograma com os valores de NDVI nas imagens analisadas, a imagem de 2001 apresenta valores maiores que os valores observados nos outros anos (Figura 54).

Figura 54 – Histograma de distribuição dos valores de NDVI nas imagens de Cuiabá.



Mesmo aumentando de maneira significativa o valor usado na classificação, o ano de 2001 foi o que apresentou o maior número de pixels classificados como sendo vegetação. Isso, entretanto, não foi atípico, visto que o número de pixels classificados como vegetação foi decrescendo ao longo da série analisada, mesmo com os valores utilizados na classificação diminuiu, o que, em teoria, deveria aumentar a probabilidade de um pixel ser classificado, o que não ocorreu (Tabela 16).

Tabela 11 - Valores utilizados para a classificação ROI e número de pixels classificados

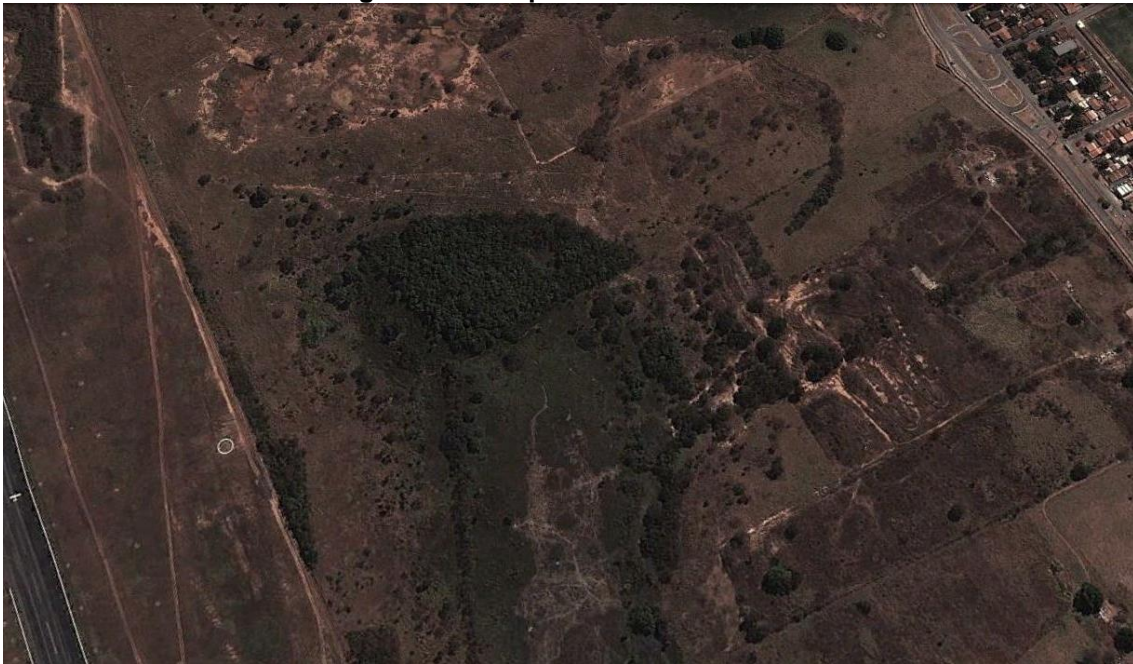
Imagem	Valor para classificação	Total de Pixels Classificados
TM 5 -20010528 226/071 -NDVI	0,58	88309
TM 5 -20040723 226/071 -NDVI	0,5	73694
TM 5 -20060713 226/071 -NDVI	0,45	53395
TM 5 -20080819 226/071 -NDVI	0,43	46331
TM 5 -20110711 226/071 -NDVI	0,5	45225

Fonte: Elaborado pelo autor.

O fragmento de vegetação natural que foi usado como parâmetro para orientação do especialista na identificação da vegetação e para os valores da classificação é um

remanescente natural localizado dentro do sítio patrimonial do aeroporto (Figura 55). Esse local foi vistoriado algumas vezes e observou-se que há atividade de fauna intensa, tendo diversos registros de diferentes espécies utilizando o local (Figura 56).

Figura 30 - Fragmento de vegetação utilizado como parâmetro para a classificação das imagens do Aeroporto Internacional de Cuiabá



Fonte: Google Earth, 2013.

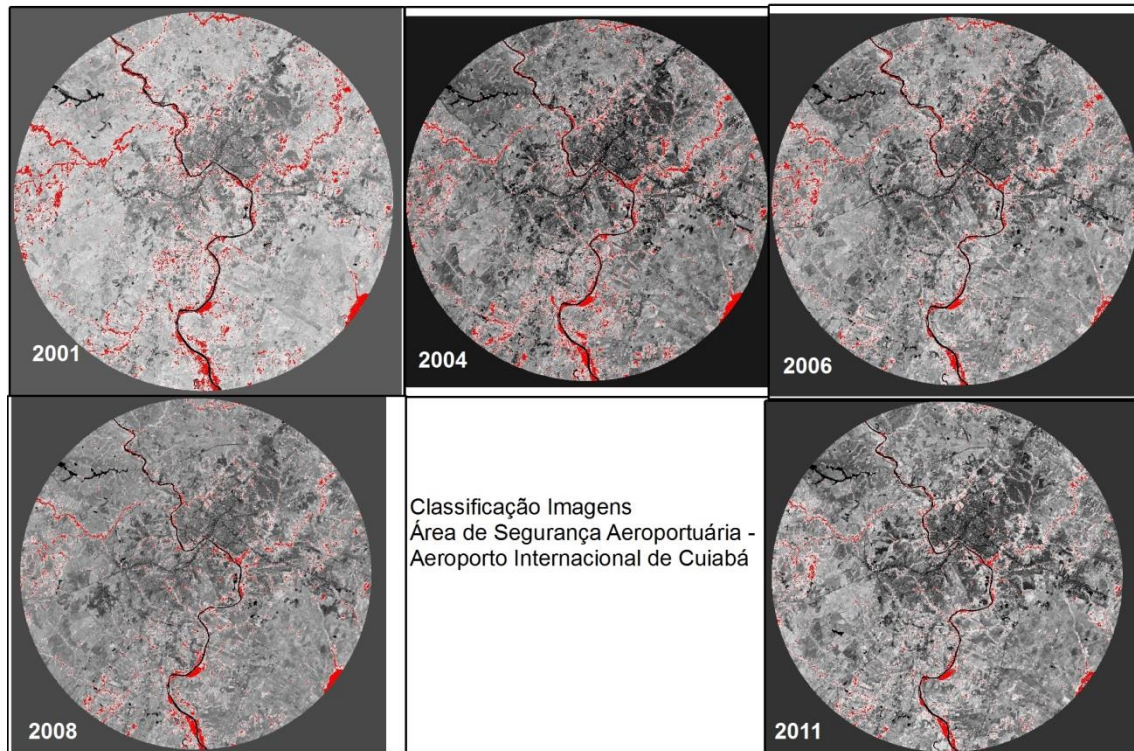
Figura 56 - Veado-catingueiro (*Mazama gouazoubira*) nas proximidades do fragmento usado como parâmetro para a classificação – Novembro de 2012.



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

O resultado da classificação foi bom, pois apenas as áreas onde realmente existe vegetação natural foram classificadas, não incluindo nenhuma área de pastagem nem outro tipo de uso do solo que não fosse o de interesse do estudo. As áreas classificadas ocupam basicamente as adjacentes aos corpos d'água, o que expressa a realidade observada na região (Figura 57).

Figura 317 - NDVI dos anos analisados, com classificação da ASA em vermelho - Cuiabá

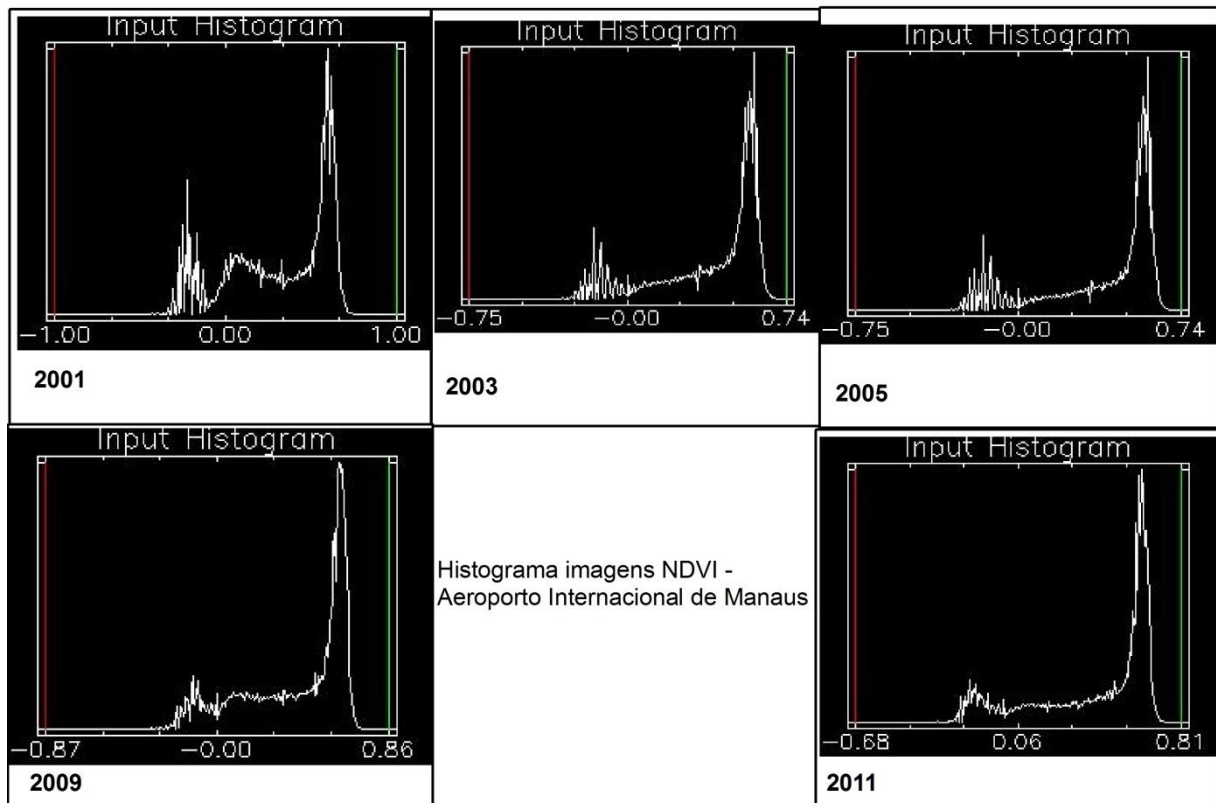


Nesta figura é possível observar que a imagem de NDVI gerada em 2001 tem mais tons brancos, a imagem aparece mais clara, em relação às demais. Isso é devido ao fato de essa imagem ter sido de maio de 2001, apenas início da estação seca, quando as plantas ainda apresentam o vigor da estação úmida e, por isso, a imagem apresenta maiores valores de NDVI, como foi discutido anteriormente.

8.2.2 Manaus

As imagens utilizadas para a classificação e análise da vegetação são de um mesmo período do ano, sendo coletadas pelo sensor entre o final de julho e o início de setembro dos anos analisados. Por esse motivo, os valores usados como limite para a classificação do que seria a vegetação natural são próximos e o comportamento do histograma com os valores de NDVI é semelhante em todos os anos estudados (Figura 58).

Figura 58 – Histograma de distribuição dos valores de NDVI nas imagens de Manaus.



O ano que apresentou maior quantidade de pixels classificados foi 2003, depois, no período seguinte, representado pelas imagens de 2005 e 2009, houve diminuição dos pixels classificados. Nota-se que entre as imagens desses anos há maior diferença entre os valores usados na geração da região de interesse, ROI, e ainda assim há uma diminuição no número de pixels classificados, indicando que houve perda na área da classe analisada. Em seguida, no ano de 2011, houve aumento do número de pixels classificados, voltando ao patamar dos valores medidos em 2001 e 2003.

A imagem que apresentou maior número de pixels classificados foi a do ano de 2003, com pouco mais de 700 mil pixels, enquanto a que apresentou o menor número foi a de 2009, com pouco mais de 655 mil pixels classificados (Tabela 17), o que representa uma diferença de pouco mais de 5% entre os valores máximo e mínimo de pixels classificados dentro da série analisada.

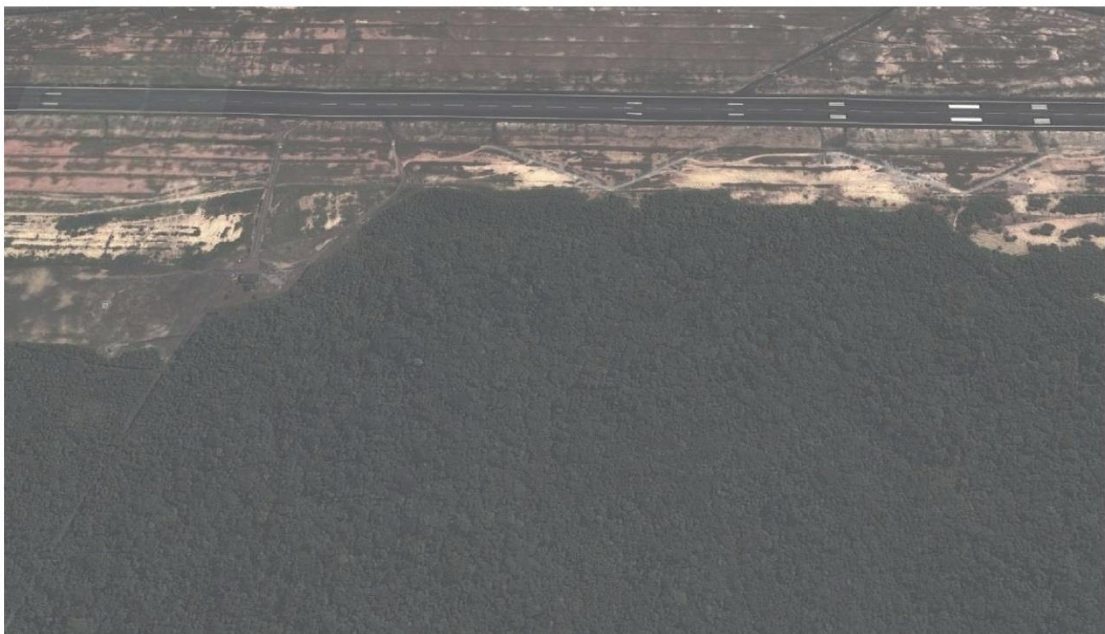
Tabela 12 - Valores utilizados para a classificação ROI e número de pixels classificados

Imagem	Valor para classificação	Total de Pixels Classificados
TM 5 20010803 231/062 - NDVI	0,55	689830
TM 5 20030825 231/062 - NDVI	0,55	700223
TM 5 20050729 231/062 - NDVI	0,53	658908
TM 5 20090910 231/062 - NDVI	0,56	655256
TM 5 20110831 231/062 - NDVI	0,56	690597

Fonte: Elaborado pelo autor.

A área patrimonial do Aeroporto Internacional de Manaus é muito extensa, com presença de floresta densa e bem preservada em algumas partes. Nessas áreas há intensa atividade faunística, tendo sido registrada a presença de diversas espécies como bichos-preguiça, tamanduás, jacarés, serpentes entre outros. Foram os valores de NDVI encontrados nessas florestas, nos anos analisados, que serviram de parâmetro para a classificação de toda a área de estudo (Figura 59).

Figura 59 - Floresta na área patrimonial do aeroporto usada como parâmetro para a classificação das imagens da ASA - Manaus

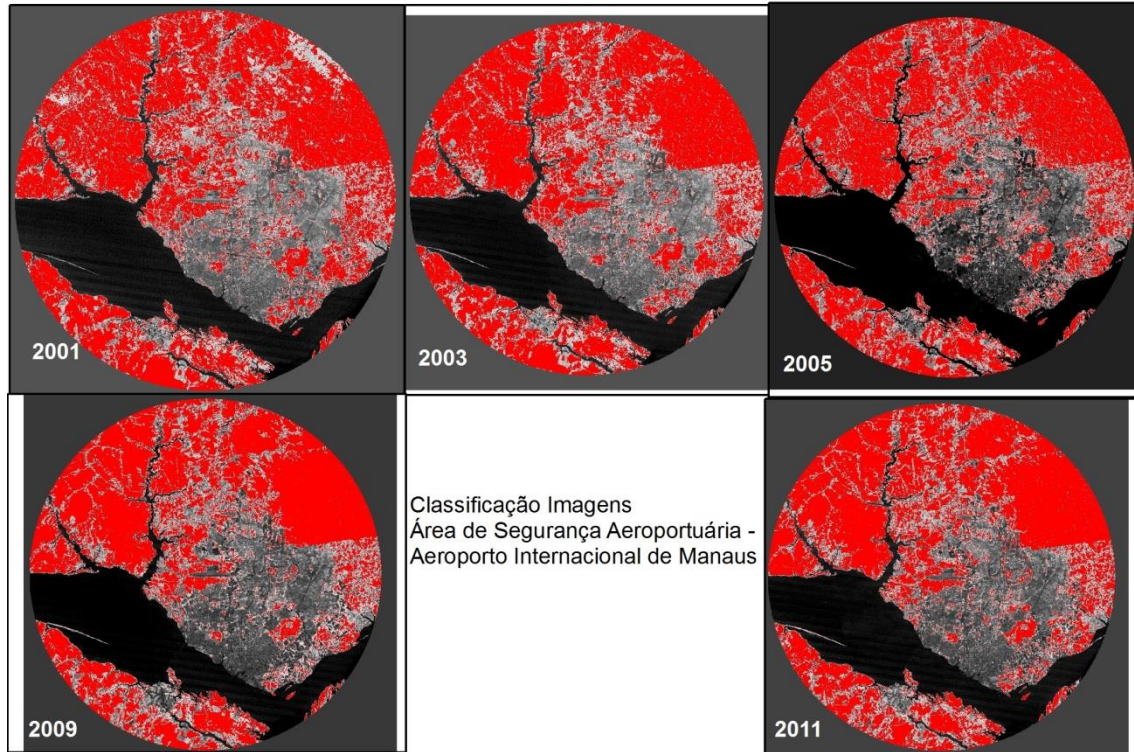


Fonte: Google Earth 2013

Em Manaus, a área urbana é cercada por floresta amazônica ou por grandes corpos d'água, como o rio Negro e igarapés. Não há regiões de agricultura ou pastagem que ocupe área significativa dentro da ASA do Aeroporto Internacional Eduardo Gomes. Além disso, mesmo na área urbana há muitos fragmentos de vegetação

natural, alguns de bom tamanho, com isso a área classificada como vegetação natural ocupou quase 50% da ASA (Figura 60).

Figura 60 - NDVI, dos anos analisados, com classificação em vermelho, da ASA - Manaus

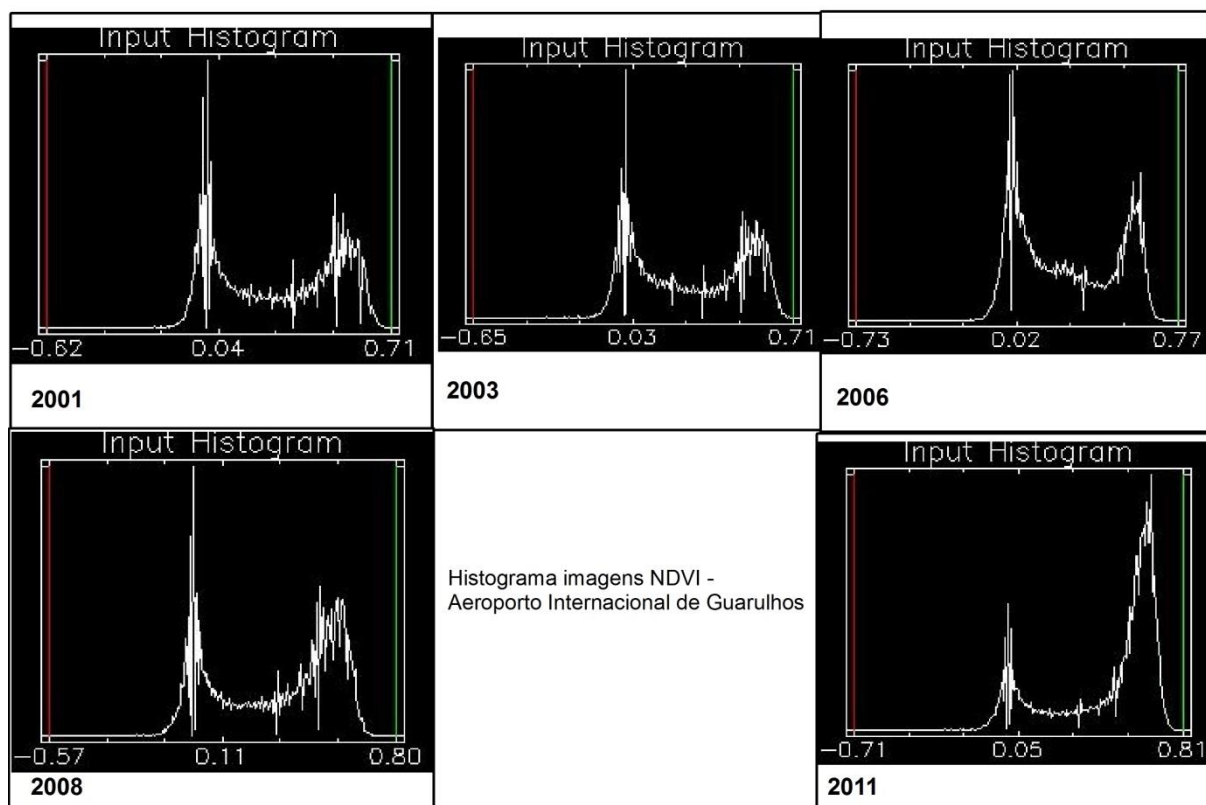


8.2.3 Guarulhos

Para a classificação da vegetação natural na ASA do Aeroporto internacional Franco Montoro, em Guarulhos, procurou-se analisar imagens coletadas no período do ano mais seco para evitar a interferência de vegetação herbáceo-arbustiva, principalmente em áreas degradadas, que, na estação chuvosa, apresentam-se com bastante vigor, com valores de NDVI aproximados ao da vegetação natural, dificultando a classificação.

Isso foi possível em quatro das cinco imagens analisadas, que tiveram seus dados coletados entre a segunda quinzena de agosto e a primeira quinzena de setembro dos anos analisados. A imagem do ano de 2011, entretanto, tem data de 21 de abril, final da estação chuvosa, época do auge do crescimento da vegetação e quando as plantas apresentam grande vigor. O histograma com os valores de NDVI mostra de forma clara que na estação chuvosa, houve grande número de pixels com valores altos (Figura 61).

Figura 61 – Histograma de distribuição dos valores de NDVI nas imagens de Guarulhos.



Por esse motivo, o valor utilizado para a definição da região de interesse (ROI) na imagem de 2011 foi significativamente maior do que o usado nas imagens de anos anteriores.

Em relação à quantidade de pixels classificados entre 2001 e 2008, houve crescimento no número em todos os anos analisados, e em 2011 houve diminuição em relação a 2008 (Tabela 18). A variação entre o ano com o menor número de pixels classificados, 2001, e o de maior número, 2008, foi inferior a 5%.

Tabela 13 - Valores utilizados para a classificação ROI e número de pixels classificados em Guarulhos

Imagem	Valor para classificação	Total de Pixels Classificados
TM 5 20010815 219/076 - NDVI	0,5	333379
TM 5 20030821 219/076 - NDVI	0,51	334468
TM 5 20060914 219/076 - NDVI	0,53	337674
TM 5 20080818 219/076 - NDVI	0,53	346442
TM 5 20110421 219/076 - NDVI	0,63	333714

Fonte: Elaborado pelo autor.

No entorno do sítio aeroportuário há o Parque Estadual da Serra da Cantareira. Foi nesta unidade de conservação onde se buscou os valores para utilização como

parâmetro na definição da área de interesse em cada uma das imagens. Foi utilizada sempre a mesma região, na ponta da península de uma represa localizada dentro do parque, para a definição dos valores a partir do qual os pixels seriam classificados como vegetação natural (Figura 62).

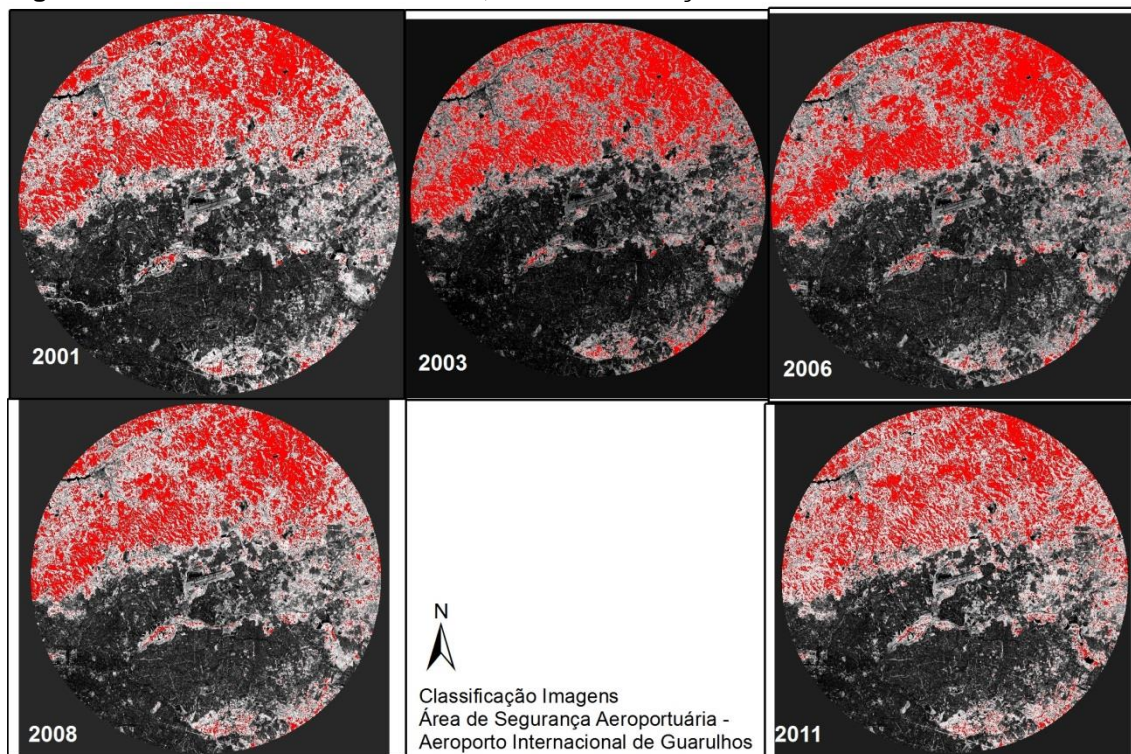
Figura 62 - Região de floresta usada como parâmetro para classificação da vegetação natural em Guarulhos



Fonte: Google Earth 2013.

A classificação das imagens da área de segurança do aeroporto de Guarulhos mostrou que a região tem duas áreas com características distintas. O hemisfério sul caracteriza-se por uma grande área urbana referente à região metropolitana da cidade de São Paulo, enquanto a parte norte, com topografia acidentada, concentra praticamente toda a cobertura vegetal da área (Figura 63).

Figura 63 - NDVI dos anos analisados, com classificação em vermelho da ASA - Guarulhos



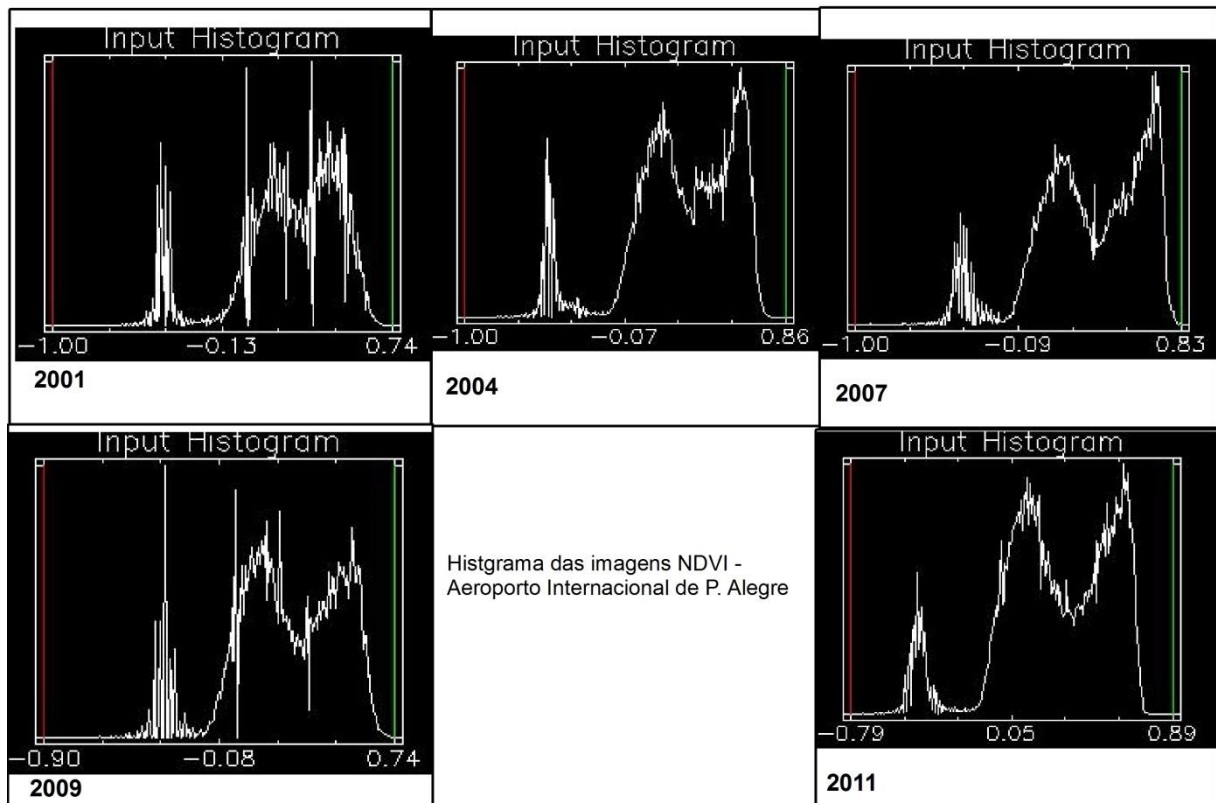
8.2.4 Porto Alegre

A aquisição das imagens da área de segurança do Aeroporto Internacional Salgado Filho, em Porto Alegre, foi a que apresentou maior dificuldade em relação à época do ano em que a imagem foi coletada.

Assim como nos demais aeroportos estudados, pretendia-se que as imagens de Porto Alegre tivessem como data de aquisição a mesma época do ano das demais. Entretanto, devido à grande quantidade de nebulosidade atmosférica característica da região isso não foi possível, e as imagens são de diferentes estações climáticas.

Esse problema fica evidenciado quando analisado o histograma com os valores de NDVI da imagem. Em cada um dos anos estudados o histograma apresentou comportamento distinto dos demais anos analisados (Figura 64).

Figura 64 – Histograma de distribuição dos valores de NDVI nas imagens de Porto Alegre.



Além disso, a área de segurança de Porto Alegre apresenta muitas classes de uso de solo diferentes que podem ser facilmente confundidas com a vegetação natural pela análise do NDVI. Como por exemplo, grandes áreas agrícolas e de reflorestamentos.

Outro problema enfrentado na classificação das imagens da ASA de Porto Alegre foi o fato de a região apresentar duas fitofisionomias com características ambientais e comportamento espectral distintos. Na parte com maiores altitudes e topografia mais acidentada, há a presença de vegetação com estrutura de floresta e fisionomia florestal, enquanto nas partes mais baixas e planas encontra-se o banhado, fitofisionomia herbáceo-arbustiva de áreas alagadas comum na região e predominante no Parque Estadual do Delta do rio Jacuí.

Por suas características estruturais, cada uma dessas fitofisionomias apresenta diferentes valores quando analisado o seu NDVI. A vegetação florestal apresenta valores mais elevados, enquanto o banhado apresenta valores menores devido a sua menor biomassa e interferência da água sempre presente na superfície dos solos ocupados por essa vegetação.

Para minimizar esses problemas, tentou-se classificar a vegetação natural da região por meio de duas regiões de interesse (ROI) distintas. A primeira, para a fitofisionomia florestal, foi utilizada a mesma metodologia usada para a classificação da vegetação de todos os aeroportos analisados anteriormente. Utilizando-se um valor no qual todos os pixels com valores superiores seriam classificados como vegetação natural. A segunda região de interesse seria adquirida a partir de uma faixa ou range de valores em que a vegetação de banhado apresentava na imagem de NDVI.

Essa técnica não deu certo, pois os valores da range que caracterizava a vegetação de banhado coincidia com os valores encontrados nas áreas de arrozal, e por isso quando se tentava classificar o banhado, essas áreas de plantação de arroz eram também classificadas. Optou-se, então, por usar a mesma metodologia utilizada nos outros aeroportos e fazer a análise dos resultados a partir dessa classificação.

Como as imagens são de diferentes épocas do ano, o valor usado para a classificação de cada uma delas variou muito. O número de pixels classificados em cada imagens também apresentou variação significativa, havendo número de pixels classificados entre 92.364 a 110.887 (Tabela 19), o que representa uma diferença superior a 15%.

Tabela 14 - Valores utilizados para a classificação ROI e o número de pixels classificados

Imagem	Valor para classificação	Total de Pixels Classificados
TM 5 20010712 221/081 - NDVI	0,57	93086
TM 5 20040211 221/081 - NDVI	0,67	92364
TM 5 20070203 221/081 - NDVI	0,7	110887
TM 5 20090413 221/081 - NDVI	0,6	106247
TM 5 20111028 221/081 - NDVI	0,68	98883

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como a classificação foi feita apenas levando em consideração os valores de NDVI encontrados em áreas com vegetação florestal, foram utilizados como parâmetro para essa classificação os valores medidos no Parque Municipal Morro do Osso, o qual apresenta importante fragmento dessa fitofisionomia dentro da região metropolitana de Porto Alegre (Figura 65).

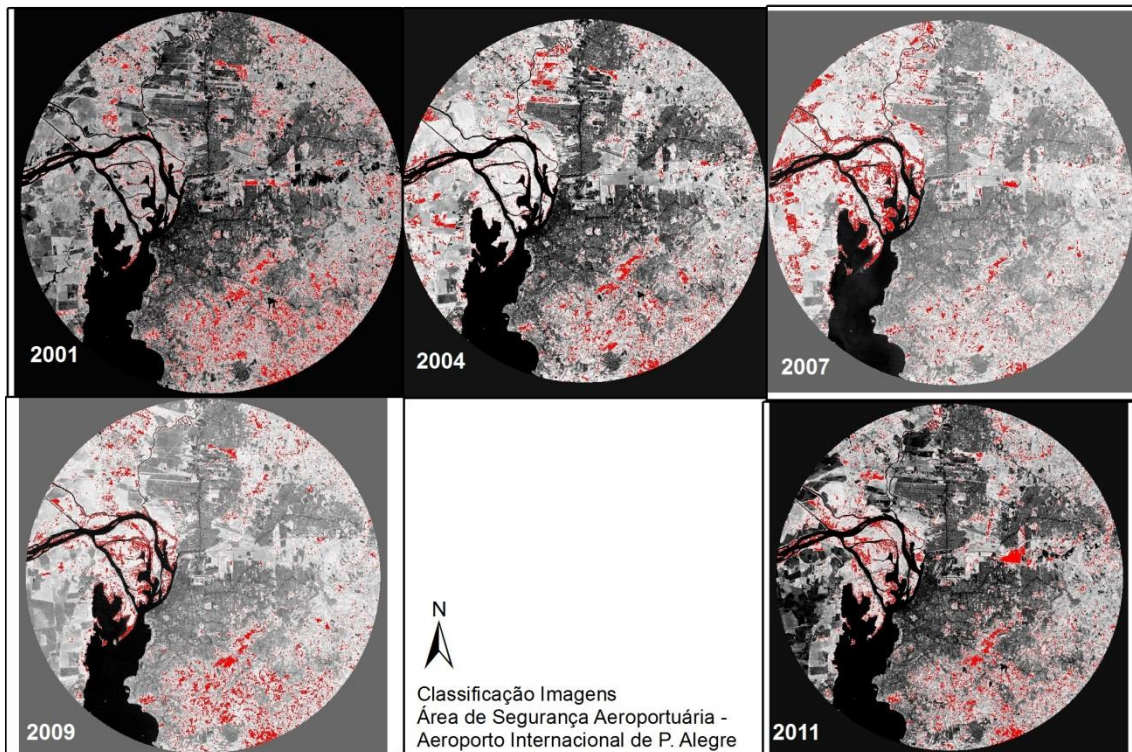
Figura 65 - Remanescente natural no Morro do Osso- Dezembro de 2009.



Fonte: Projeto Fauna nos Aeroportos Brasileiros.

A classificação das imagens do Aeroporto Internacional Salgado Filho apresentou áreas de vegetação supostamente natural distintas. Em alguns anos a vegetação classificada concentrou-se na parte sul da ASA, o que coincide com a realidade do local, porém, em outros anos, a vegetação classificada concentrou-se principalmente na parte oeste e norte, onde se encontram, na verdade, áreas de plantio de arroz (Figura 66). Esse foi o caso do ano de 2007. Para classificar a vegetação, o valor usado para a delimitação da região de interesse foi o maior valor em todas as imagens de todos os aeroportos, e, ainda assim, classificaram-se como vegetação natural as áreas de plantação de arroz e não as florestas. Isso indica que o vigor dessa cultura nessa época do ano, fevereiro, é maior do que o vigor da vegetação nas áreas florestais, indicando maior produtividade de biomassa.

Figura 66 - NDVI dos anos analisados, com classificação em vermelho da ASA - Porto Alegre



8.3 CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS NOS AEROPORTOS ANALISADOS

A classificação das imagens de NDVI por meio de região de interesse mostrou-se eficiente para identificação e monitoramento de vegetação natural, quando analisadas imagens da estação seca do ano em questão para a área de segurança aeroportuária dos aeroportos de Cuiabá, Manaus e Guarulhos.

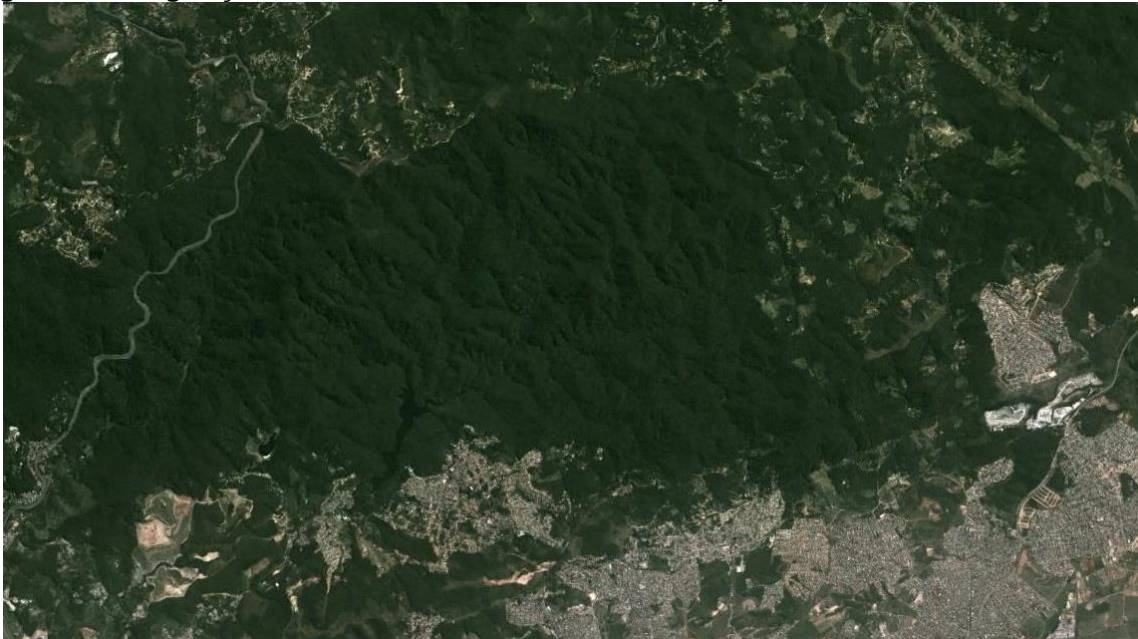
Foi possível identificar vegetação e onde houve perda na área natural ao longo da série analisada.

A identificação e o monitoramento da vegetação natural nessas três áreas, entretanto, mostraram-se mais trabalhosos em dados de imagens coletados nos períodos chuvosos do ano, devido ao grande crescimento de vegetação herbáceo-arbustiva, em muitos casos de espécies invasoras, em áreas degradadas, nesse período. Devido ao fato do NDVI ser um índice que capta o vigor e a capacidade fotossintética da vegetação, essas regiões degradadas, mas com vegetação em crescimento, atingem valores de NDVI semelhantes aos encontrados na vegetação natural.

No caso do presente estudo, como havia imagens de estações chuvosas, foi necessário aumentar significativamente os valores de definição da região de interesse, ROI, relativos ao corte no histograma, para que não houvesse classificação de áreas degradadas, mas com vegetação herbáceo-arbustiva, como áreas de vegetação natural.

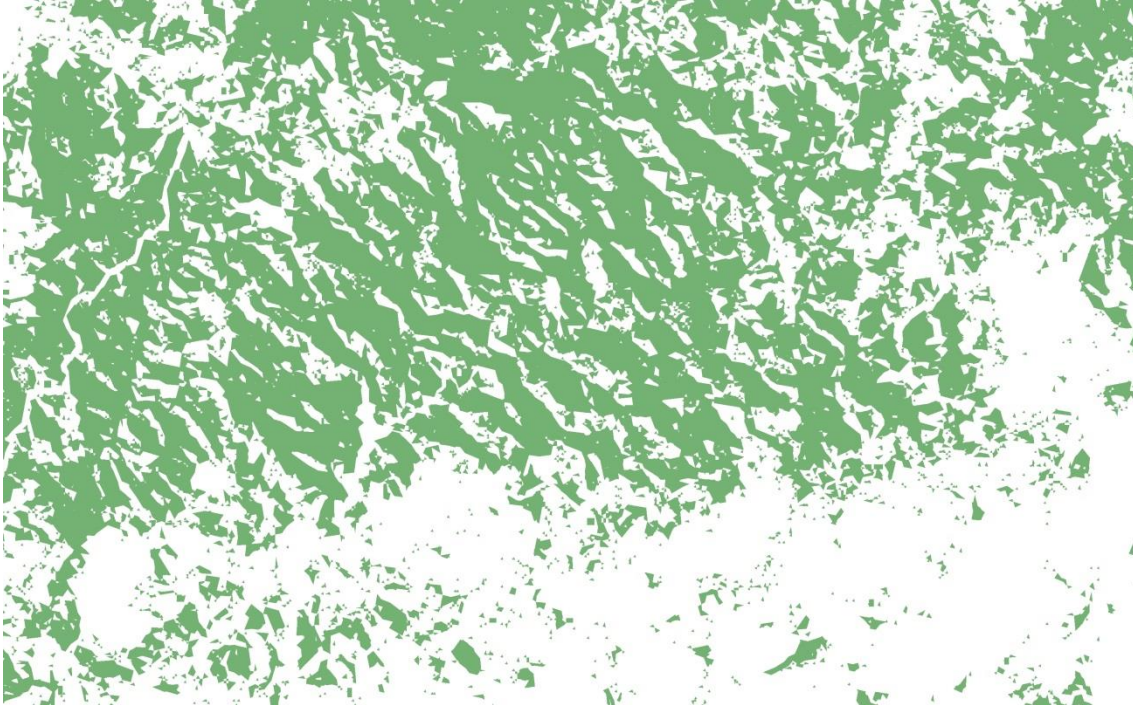
Na ASA de Guarulhos houve a não classificação de algumas áreas de vegetação natural que se encontravam em regiões acidentadas, e por isso havia o sombreamento dessas áreas, deixando-as com valor de NDVI inferior ao encontrado nas áreas onde não havia essa condição. Esse problema foi acentuado no ano de 2011, quando se utilizou dados de estação do ano mais úmida, com o aumento no parâmetro para definição da região de interesse (Figuras 67 e 68). Com isso, o mapa de perda de vegetação da ASA de Guarulhos (Anexo G) apresenta perda de vegetação no Parque Estadual da Serra da Cantareira entre 2006 e 2011, o que de fato não ocorreu.

Figura 327 - Vegetação natural em área acidentada no Parque Estadual da Serra da Cantareira



Fonte: Google Earth, 2013.

Figura 68 - Classificação da vegetação em 2011, com falhas nas regiões sombreadas pela topografia, no Parque Estadual. Serra da Cantareira



O estudo da vegetação natural na área de segurança aeroportuária de Porto Alegre mostrou-se mais complexo devido à presença de duas fitofisionomias com comportamento espectral distinto e a existência de outros usos do solo com comportamento espectral similar a essas fitofisionomias. Com isso, não foi possível classificar essas duas fitofisionomias utilizando regiões de interesse, ROI, em imagens de NDVI, sem que houvesse interferência de outros tipos de uso do solo.

O principal problema encontrado para a classificação da vegetação natural na ASA de Porto Alegre foi a diferenciação das áreas de banhado e de cultivo de arroz. Essa diferenciação entre os dois usos do solo não foi possível, por meio da classificação utilizada em imagens adquiridas em determinados períodos do ano, assim como a diferenciação entre a fitofisionomia florestal e áreas de reflorestamentos comerciais com espécies exóticas presentes na região.

Para a minimização destes problemas é possível a utilização de outros índices de vegetação mais apropriados às condições ambientais desses locais. Há índices utilizados em áreas com presença de água na superfície do solo, que seria indicado para as áreas de cultivo de arroz e presença de banhado na área de segurança aeroportuária de Porto Alegre. Em Guarulhos o uso de imagens obtidas no mesmo período do ano, na estação seca, melhorariam os resultados.

8.4 ANÁLISE DA VEGETAÇÃO

Para o estudo da vegetação foram analisados a área total ocupada pela vegetação, a quantidade total de fragmentos e o número de fragmentos com áreas menores que 1 hectare, entre 1 e 10 hectares, entre 10 e 100 hectares e acima de 100 hectares nos anos onde foi feita a classificação das imagens nos aeroportos estudados.

Para a análise da vegetação foi analisado apenas o tamanho dos fragmentos para a classificação quanto a qualidade ecológica dos mesmos. Sabe-se que outros fatores são igualmente importantes para análise de ecologia da paisagem, com forma do fragmento e a relação área/perímetro. Esses aspectos, entretanto, não foram analisados no presente estudo.

8.4.1 Análise da vegetação na Área de Segurança do Aeroporto Internacional de Cuiabá

A análise das imagens de satélite entre o período de 2001 e 2011 na área de segurança do Aeroporto Internacional Marechal Rondon indicou que há menos de 5% de cobertura natural remanescente dos pouco mais de 125.000 hectares de abrangência da ASA.

No período analisado houve diminuição da cobertura vegetal natural em todos os anos. No primeiro ano da série, havia 6.665,72 hectares de vegetação natural; 12 anos depois havia apenas 3.361,07 de vegetação classificada como sendo natural. Em 2004 foram classificados 5.559,27 hectares, 2006 havia 3.987,57 hectares e 3.486,30 em 2008.

O número de fragmentos presente na área decaiu desde o ano de 2001, quando havia 10.231 fragmentos, até o ano de 2008, quando foi observado o menor número de polígonos classificados como vegetação natural, 6.095. No ano de 2011, esse número aumentou para 7.464 fragmentos de vegetação natural, mesmo havendo diminuição da área total em relação ao ano de 2008. Esse fato indica que, além da perda de habitat em termos de área, esse ambiente está experimentando a piora da qualidade ecológica, com a fragmentação dessas áreas remanescentes. Esse fato explica o aumento no número e no índice de colisões reportadas.

Além disso, em todos os anos analisados, parte significativa da área que apresentou vegetação natural é formada por fragmentos menores que 1 hectare. Esse tipo de fragmento não é capaz de propiciar condições para que a maior parte da fauna ou

flora se desenvolva e são áreas que com o tempo tendem a desaparecer. No total, mais de mil hectares foram ocupados por esse tipo de classe em todos os anos analisados, com exceção do ano de 2008, que apresentou pouco mais de 900 hectares nessa classe (Tabela 20). Em termos de porcentagem, isso significou valores entre 25% e 32% da área com vegetação natural.

Outra observação que indica que a qualidade ecológica da área está se deteriorando é o fato de haver diminuição em mais de 50% no número e na área total dos fragmentos com mais de 100 hectares. É esse tipo de fragmento que propicia a manutenção de populações de espécies topo de cadeia alimentar, importantes para a manutenção do ecossistema. Em alguns casos, essas espécies precisam de áreas superiores a mil hectares.

As outras duas classes de fragmentos, com polígonos entre 1 e 10 hectares e entre 10 e 100 hectares, apresentaram comportamentos semelhantes, com diminuição tanto no número de fragmentos como em área total ocupada por esses fragmentos.

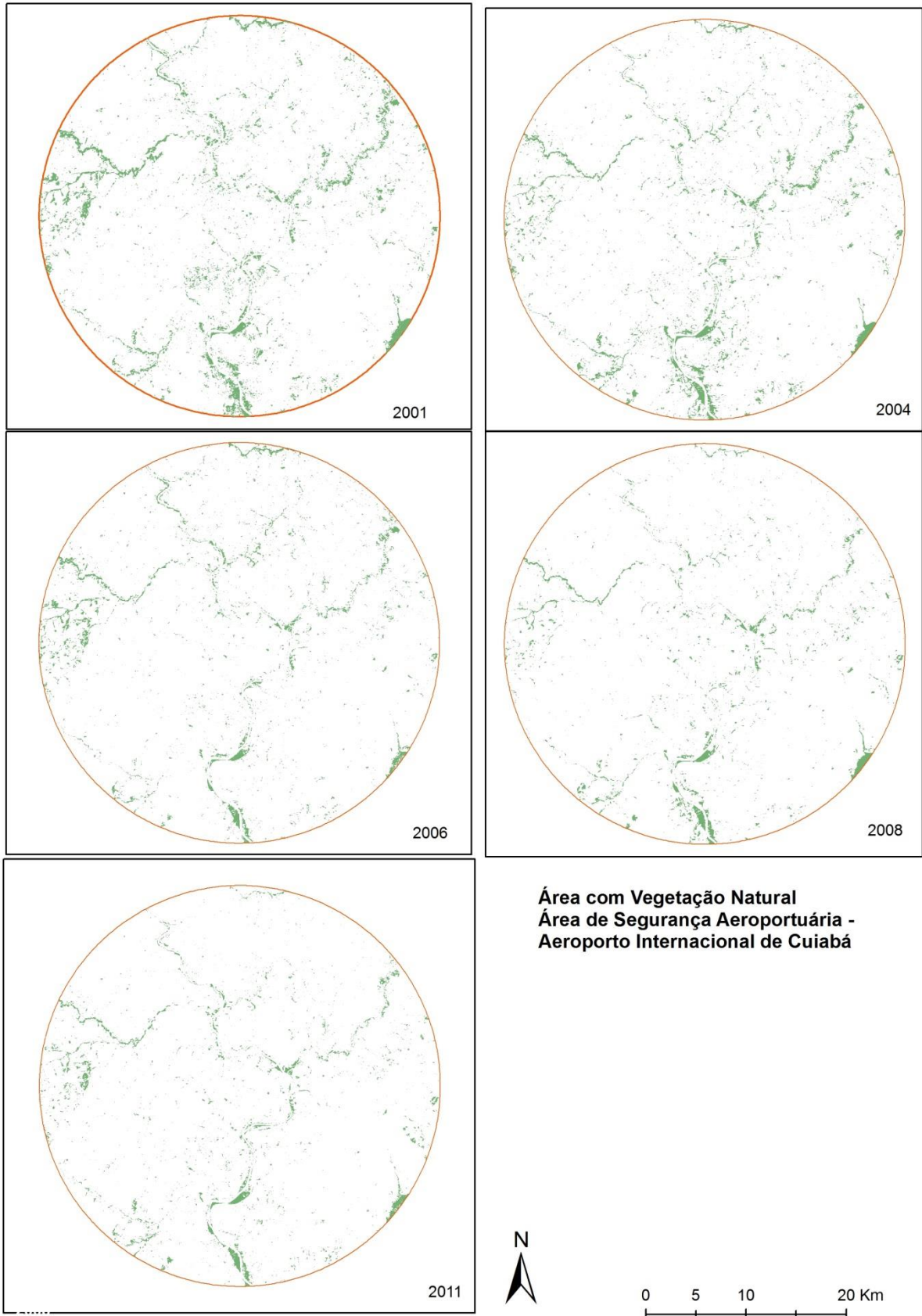
Tabela 20 - Área dos fragmentos de vegetação, por ano, em Cuiabá

Ano	Nome	Total ASA	Menor 1ha	1 -10ha	10 - 100ha	Maior 100ha
2001	Fragmentos	11,175	10,231	866	71	7
	Área	6.665,72ha	1.686,29ha	2.245,9 ha	1.611,8ha	1.121,72ha
2004	Fragmentos	9,764	8.850	746	64	4
	Área	5.559,27ha	1.522,33ha	1.932,37ha	1.482,6ha	621,96ha
2006	Fragmentos	8274	7697	525	49	3
	Área	3.987,57ha	1.231ha	1.242,84ha	1.147,42ha	366,3ha
2008	Fragmentos	6095	5560	489	43	3
	Área	3.486,30ha	916,44 Há	1.288,48ha	858,94ha	422,42ha
2011	Fragmentos	7464	6958	467	36	3
	Área	3.361,07ha	1.087,07ha	1.206,6ha	695,83ha	371,54ha

Fonte: Elaborado pelo autor

Na área de segurança aeroportuária de Cuiabá, os remanescentes de vegetação natural encontram-se concentrados ao longo da malha hidrográfica. A maior parte dos fragmentos de maior tamanho está situada ao longo do rio Cuiabá, que corta a ASA no sentido sul/norte; do rio Coxipó, que desce da parte nordeste da ASA e deságua no rio Cuiabá, na cidade de Cuiabá; do rio Pari, que ocupa a parte oeste, desaguando no rio Cuiabá, na parte norte da ASA e da Lagoa do Laranja, e na parte sudeste da ASA, onde está o maior fragmento de vegetação natural de toda a área (Figura 69).

Figura 69 - Vegetação natural na ASA de Cuiabá



8.4.2 Análise da vegetação na Área de Segurança do Aeroporto Internacional de Manaus

A área de segurança do aeroporto Internacional Eduardo Gomes, em Manaus, apresenta grande parte coberta pela floresta amazônica. De um total de pouco mais de 125.000 hectares ocupada pela ASA, ao menos 50.000 hectares apresentaram cobertura vegetal natural em todos os anos analisados. Isso indica que mais de 40% da área encontra-se ocupada por florestas.

A área total ocupada por vegetação natural, nos primeiros anos da série, apresentou valores acima de 56.000 hectares, entre 2003 e 2005, porém, houve a diminuição de cerca de 10% da área ocupada por floresta e a cobertura chegou ao menor patamar dentro da série, com pouco mais de 50.000 hectares. Nos anos seguintes, o comportamento observado inverteu-se e houve aumento na área total, chegando ao final de série, em 2011, com área superior a 57.000 hectares, maior valor entre os anos analisados (Tabela 21).

Apesar disso, o número total de fragmentos diminuiu em todos os anos, o que, aliado ao fato de a área ter aumentado, indica que não estava havendo fragmentação desse ambiente no período analisado. Fatos que contribuem para essa conclusão são a diminuição do número e da área dos fragmentos menores que 1 hectare, e o aumento, tanto no número quanto na área, dos fragmentos superiores a 100 hectares.

Em 2011 havia 46 fragmentos acima de 100 hectares ocupando uma área total superior a 50.000 hectares. Contribuem para isso o fato da ASA de Manaus ter grandes áreas protegidas, como as ilhas na região do encontro das águas dos rios Negro e Solimões, e a área de proteção ambiental Tarumã/Ponta Negra, da qual faz parte a área do Aeroporto Internacional Eduardo Gomes, toda a parte oeste da ASA e a Reserva Florestal Adolpho Ducke.

Tabela 15 - Área dos fragmentos de vegetação, por ano, em Manaus

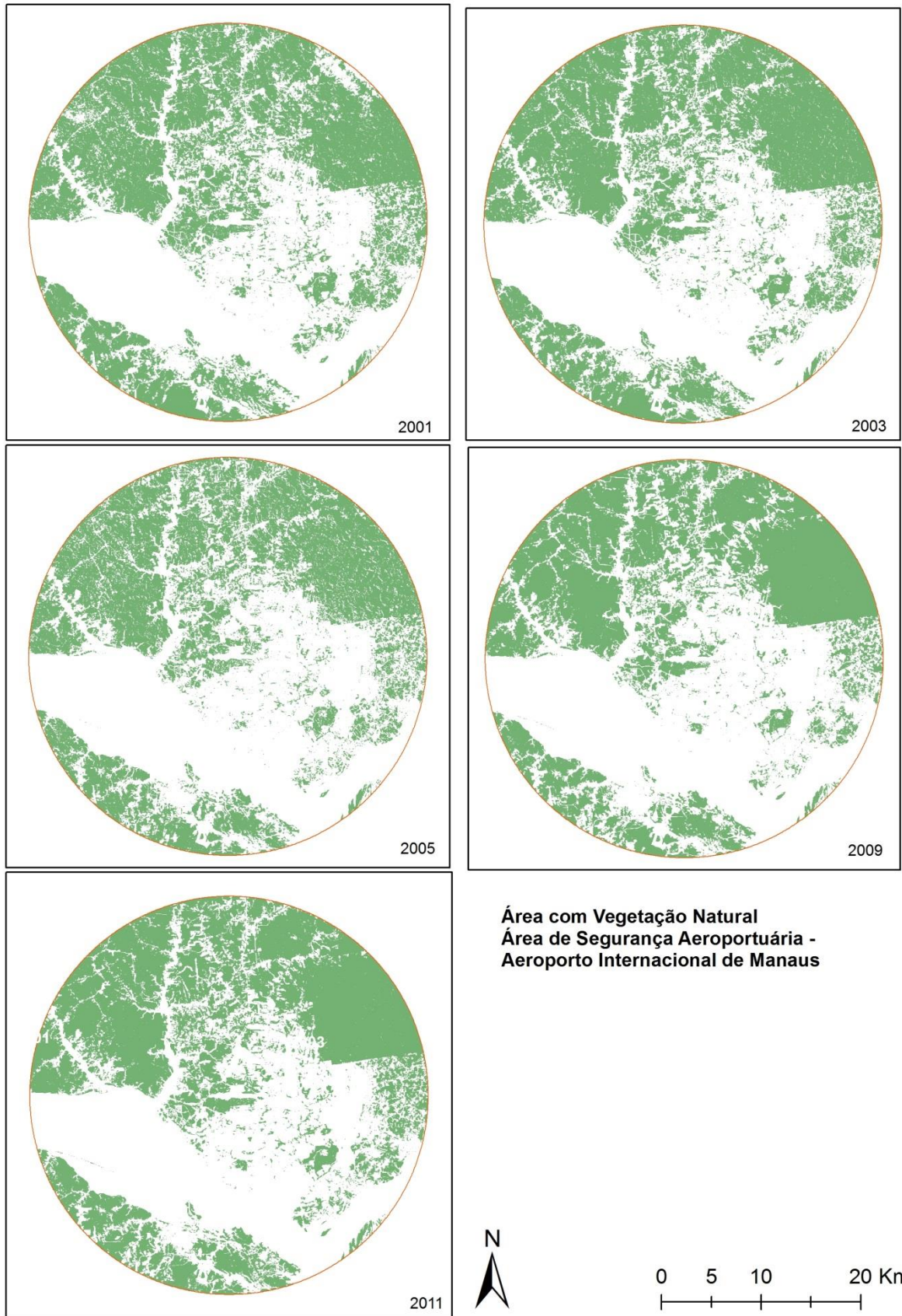
Ano	Nome	Total ASA	Menor 1ha	1 -10ha	10 - 100ha	Maior 100ha
2001	Fragmentos	6,115	5,263	662	155	35
	Área	56.308,14ha	919,87ha	2.006,47ha	4.331,3ha	49.050,51ha
2003	Fragmentos	5,665	4,826	651	146	42
	Área	57.027,64ha	854,92ha	1.974,47ha	4.136,18ha	50.062,08ha
2005	Fragmentos	7.380,	6,386	803	151	40
	Área	50.810,42ha	1086,71ha	2.396,23ha	4.167,28ha	43.160.19ha
2009	Fragmentos	5,477	4,679	618	137	43
	Área	53.169,69ha	796,14ha	1.897.94ha	4.267,07ha	46.208,48ha
2011	Fragmentos	4,969	4,186	596	141	46
	Área	57.135,63ha	719,31ha	1.843,79ha	4.122.04ha	50.450.51ha

Fonte: Elaborado pelo autor.

A área de segurança do Aeroporto Internacional Eduardo Gomes é ocupada por vegetação em todas as regiões, exceto nas áreas ocupadas por corpos d'água (Figura 70). Até na área urbana, onde se concentram os fragmentos de menor tamanho, abaixo de 10 hectares, há, no total, grande área ocupada por vegetação.

Nos polos norte e leste está havendo expansão da região metropolitana de Manaus. Dividindo esses dois eixos, na parte nordeste da ASA encontra-se a Reserva Florestal Adolpho Ducke, área natural protegida e administrada pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

Figura 70 - Vegetação natural na ASA de Manaus nos anos analisados



8.4.3 Análise da vegetação na Área de Segurança do Aeroporto Internacional de Guarulhos

Na área de segurança do Aeroporto Internacional Franco Montoro, em Guarulhos, a área ocupada pelo que foi classificado como área com vegetação natural permaneceu praticamente a mesma entre os anos de 2001 e 2011. A variação entre o ano em que havia maior área, 2008, com 27.910 hectares de vegetação natural, e o ano com a menor cobertura, 2011, com 26.723 é inferior a 5% (Tabela 22).

Em todos os anos analisados a cobertura de vegetação natural ficou acima de 20% dos 125.000 hectares da ASA. Mais de 50% da área ocupada por florestas está em fragmentos de tamanho superior a 100 hectares. Esse tipo de fragmento apresenta maiores condições de abrigar espécies topo de cadeia alimentar, que indicam a saúde do ecossistema.

O que causa preocupação é o fato de que entre 2008 e 2011, os três últimos anos analisados, houve os ápices máximo e mínimo da série. Isso indica que um processo de perda de habitat possa estar iniciando na região.

Outro fato que contribui para essa análise é que o número total de fragmentos, que também se encontrava com valores similares até 2008, teve um acréscimo de quase 50% no último ano. Além disso, houve aumento no número de fragmentos em todas as classes analisadas, porém, diferentemente das outras classes, entre os fragmentos maiores que 100 hectares houve diminuição na área total. Isso é um forte indício de estar ocorrendo fragmentação do ambiente.

Tabela 162 - Área dos fragmentos de vegetação, por ano, em Guarulhos

Ano	Nome	Total ASA	Menor 1ha	1 -10ha	10 - 100ha	Maior 100ha
2001	Fragmentos	9,715	8,758	839	107	11
	Área	27.095,50ha	1.457,95ha	2.266,16ha	2.991,39ha	20.379,98ha
2003	Fragmentos	10,228	9,228	871	118	11
	Área	27.032,9ha	1.521,04ha	2.361,67ha	3.148,8ha	20.001,38ha
2006	Fragmentos	10,192	9,209	862	105	16
	Área	27.276,41ha	1.538,59ha	2.390,36ha	2.746,74ha	20.600,72ha
2008	Fragmentos	11,938	10,824	969	131	14
	Área	27.910,4ha	1.788,91ha	2.627,92ha	3.239,61ha	20.253,95ha
2011	Fragmentos	16,095	14,475	1,379	219	22
	Área	26.723,54ha	2.350,5ha	3.871,81ha	5.963,79ha	14.537,42ha

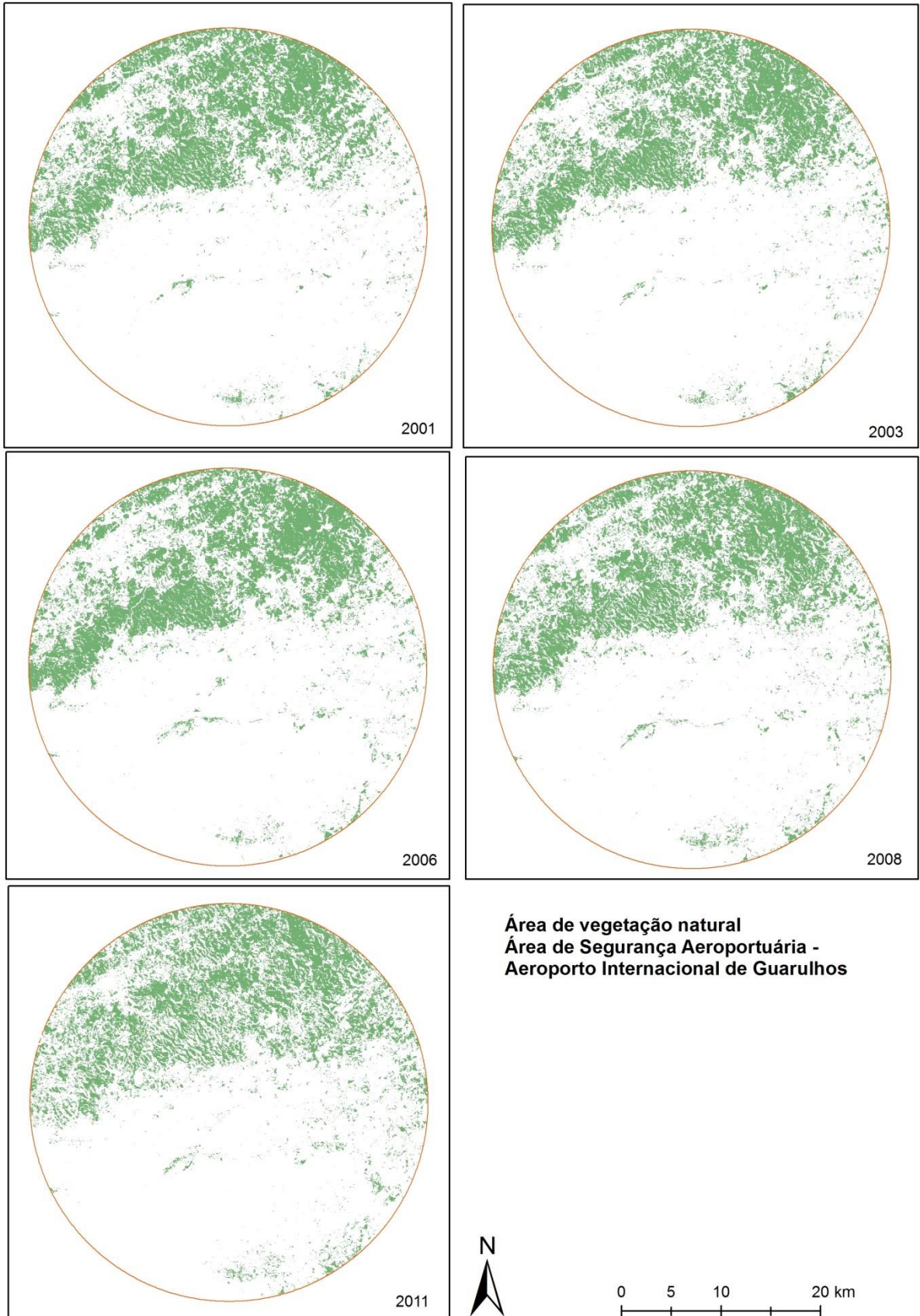
Fonte: Elaborado pelo autor.

Uma questão importante a ser analisada para se entender o que ocorreu com essa perda de cobertura natural e fragmentação de habitat entre 2008 e 2011 é o período do ano de aquisição das imagens. Como foi discutido anteriormente, diferentemente do que aconteceu nos demais anos da série, em 2011, a imagem foi adquirida durante a estação chuvosa. Para evitar que houvesse classificação de áreas degradadas, com presença de plantas espontâneas, herbáceo-arbustiva, que surgem nesses locais com grande vigor fotossintético, foi necessário utilizar um valor para a região de interesse acima do que estava sendo usado nos anos anteriores.

A região em que se encontra a vegetação na ASA de Guarulhos é acidentada topograficamente. Ao se aumentar o valor da classificação, as regiões sombreadas não foram classificadas como vegetação, mesmo estando cobertas por vegetação natural. É o que ocorre na região do Parque Estadual da Serra da Cantareira, que nos anos anteriores aparece como área uniforme de vegetação e em 2011 aparece como região com milhares de polígonos.

Na área de segurança do Aeroporto Internacional Franco Montoro a região com cobertura de vegetação natural concentra-se na parte norte da ASA (Figura 71). Isso se deve ao fato de todo o restante da área estar ocupado pela malha urbana da região metropolitana de São Paulo. Como foi dito anteriormente, a área com vegetação natural é topograficamente acidentada, com a presença de unidades de conservação e outras áreas protegidas.

Figura 71 - Vegetação natural na ASA de Guarulhos nos anos analisados



8.4.4 Análise da vegetação na Área de Segurança do Aeroporto Internacional de Porto Alegre

Na área de segurança do Aeroporto Internacional Salgado Filho, em Porto Alegre, há duas diferentes fitofisionomias com características de hábitos e biomassa diferenciadas. Há uma fitofisionomia florestal e uma herbáceo-arbustiva presentes em áreas alagadas que ocupam parte significativa da ASA.

Como foi dito anteriormente, durante a classificação não foi possível capturar essas duas feições de maneira satisfatória. Sendo assim, a vegetação classificada como natural na ASA de Porto Alegre apresentou crescimento em sua área entre os anos de 2001 e 2007, quando chegou a pouco menos de 8.500 hectares, e nos últimos anos analisados, 2009 e 2011, apresentou diminuição de área, mas não chegando ao patamar inicial de 2001, quando apresentou 6.870 hectares de área natural (Tabela 23). Isso representa valores entre 5% e 8% da área total.

Tabela 17 - Área dos fragmentos de vegetação, por ano, em Porto Alegre

Ano	Nome	Total ASA	Menor 1ha	1 -10ha	10 - 100ha	Maior 100ha
2001	Fragmentos	16,483	15,339	1,076	67	1
	Área	6.870,76ha	2.438,44ha	2.717,12ha	1.566,34ha	148,84 ha
2004	Fragmentos	13,015	12,009	913	90	3
	Área	6.976,81ha	1.904,73ha	2.424,75ha	2.162,8ha	484,52ha
2007	Fragmentos	13,788	12.720,	947	117	4
	Área	8.469,38ha	1.975,59ha	2.584,57ha	3.368,66ha	540,55ha
2009	Fragmentos	12,645	11,544	962	137	2
	Área	8.139,86ha	1.837,19ha	2.602,55ha	3.298,91ha	401,2ha
2011	Fragmentos	11,923	10,779	1.040,	100	4
	Área	7.551.,21ha	1.775,36ha	2.832,99ha	2.282,57ha	660,28ha

Fonte: Elaborado pelo autor.

Outro problema que afeta a qualidade ecológica do ambiente é a grande fragmentação do habitat. A ASA apresentou grande número de fragmentos, mais de 10.000 em todos os anos analisados, tendo apresentado a maior quantidade em todos os aeroportos estudados. Além disso, há pouquíssimos fragmentos com área superior a 100 hectares, em 2001 apenas uma área com essas características foi observada.

Isso indica que não há área suficiente para populações de espécies importantes ao ecossistema se manterem.

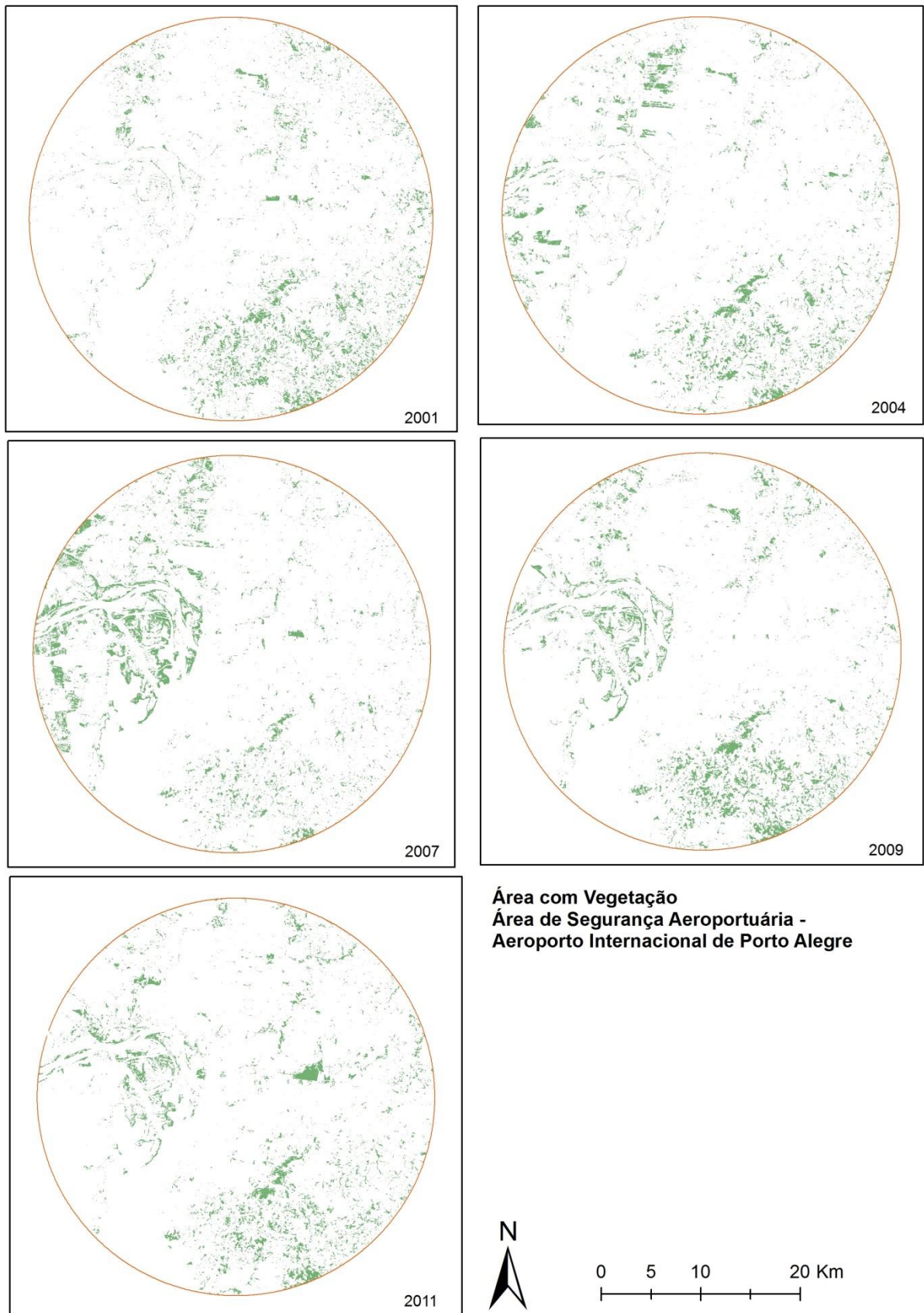
Devido às características do ambiente e à impossibilidade de aquisição de imagens da mesma época do ano para a análise, a vegetação da área de segurança do Aeroporto Salgado Filho apresentou, erroneamente, variação espacial durante a série temporal estudada.

A fitofisionomia florestal encontra-se concentrada na região sul/leste, enquanto a vegetação de banhado, herbáceo-arbustiva, encontra-se na região centro/oeste da ASA (Figura 72). Essas fitofisionomias foram representadas de maneira diferente nos anos analisados em função da época do ano em que as imagens em que foi feita à classificação foram adquiridas.

Ao norte e extremo leste há áreas com plantações de arroz que foram erroneamente classificadas como sendo vegetação natural nos anos em que as imagens foram obtidas entre os meses de fevereiro a abril.

Por esses motivos, não foi possível fazer uma análise confiável da vegetação natural da ASA de Porto Alegre.

Figura 72 - Vegetação natural na ASA de Porto Alegre nos anos analisados



8.5 ANÁLISE DA VEGETAÇÃO NOS AEROPORTOS ANALISADOS

Entre os aeroportos analisados, a ASA do Aeroporto Internacional Eduardo Gomes é a que apresentou maior parte de vegetação natural, com mais de 40% de sua área coberta por florestas (Anexo F). Contribui para isso o fato de haver duas grandes unidades de conservação na ASA; a Área de Proteção Ambiental Tarumã/Ponta Negra e a Reserva Florestal Adolpho Ducke.

Além disso, a ASA de Manaus engloba grande área ocupada por corpos d'água, principalmente o rio Negro e o igarapé Tucumã, o que aumenta a área ocupada por feições naturais para mais de 60% da área total da ASA.

Em situação oposta está a área de segurança do Aeroporto Internacional Marechal Rondon, com menos de 5% de sua área ocupada por vegetação natural (Anexo E). Nesse aeroporto encontra-se vegetação natural apenas nas proximidades de corpos d'água, que nem sempre têm sua área de preservação permanente respeitada.

Outro fato importante a ser mencionado é que houve perda de área com vegetação natural em todos os anos analisados entre 2001 e 2011. Preocupa também o fato de não haver muitos fragmentos com área superior a 100 hectares, onde espécies silvestres têm maiores chances de prosperar devido à possibilidade de nessas áreas haver um ecossistema mais equilibrado e com área para abrigar espécies que necessitam de área de vida extensa, como é o caso de espécies topo de cadeia.

A área de segurança do Aeroporto Internacional Franco Montoro apresentou cobertura de vegetação natural em mais de 20% de sua área total (Anexo G). Além disso, observou-se a presença de diversos fragmentos com área superior a 100 hectares, indicando que há espaço para conservação de populações de espécies da fauna local.

Essa cobertura natural encontra-se concentrada na parte norte da ASA, na região da serra da Cantareira, onde há grandes áreas protegidas. O restante da área é ocupado pela malha urbana da região metropolitana de São Paulo. A análise da série temporal indicou que não está havendo perda de habitat nessa ASA (Anexo G).

Na área de segurança do Aeroporto Internacional Salgado Filho não foi possível realizar uma análise satisfatória da vegetação devido às características ambientais e da vegetação local, como já explicado anteriormente. Apesar disso, foi possível

observar que, com exceção do Parque Estadual do Delta do Rio Jacuí, com vegetação de banhado, não há grandes áreas com a vegetação preservada (Anexo H). Uma solução para minimizar esse problema é a utilização de outro índice de vegetação que não seja prejudicado pela presença de água na superfície do solo.

Os remanescentes florestais na ASA de Porto Alegre encontram-se concentrados no sul, principalmente nos topos dos morros da região, conforme observado nas vistorias de campo. Além da malha urbana, as áreas de plantio de arroz na parte norte e leste ocupam grande parte da ASA (Anexo D).

8.6 ANÁLISE INTEGRADA

Com as informações sobre as espécies envolvidas, os atrativos de maior risco dentro da ASA e o comportamento da vegetação nos aeroportos estudados é possível efetuar algumas discussões dos resultados.

A primeira é que todos os atrativos que causam risco devido à presença de grande concentração de indivíduos de espécies historicamente envolvidas em incidentes são de origem antrópica. São aterros sanitários, frigoríficos, feiras, áreas de reciclagem ou lixo e áreas urbanas sem infraestrutura de esgoto ou coleta de lixo (Anexos A, B, C e D). Até os atrativos cujos nomes remetem a áreas naturais, como algumas lagoas em Cuiabá e o Parque do Tietê, em Guarulhos, o fator que serve de atrativo nessas áreas tem origem humana: é a deposição de lixo ao longo desses corpos d'água.

As áreas naturais não possuem grande concentração de espécies que causem risco à aviação. Isso corrobora a bibliografia que trata de dinâmica populacional de aves que afirmam que em ambientes urbanos e degradados há maior densidade de indivíduos e menor diversidade de espécies.

As espécies de maior risco nos aeroportos analisados, quero-quero, urubu e carcará, são favorecidas pela ação antrópica, e, nessas condições, sua população cresce sem a pressão de ter predadores naturais e protegidas pela legislação ambiental, que não permite seu abate, mesmo em casos de explosão populacional.

O quero-quero é uma espécie residente do aeroporto. Os animais envolvidos em colisões são animais que moram no sítio, frequentemente jovens, que precisam de áreas abertas para estabelecer-se. São dependentes do sítio aeroportuário que provê recursos para todas as suas necessidades e fases de vida.

O urubu é um animal que, em ambientes urbanos, alimenta-se dos dejetos produzidos pela sociedade. Em lixões e aterros sanitários é possível encontrá-los às centenas e em alguns casos, aos milhares. Em Manaus, abundam nas feiras por toda a cidade, em Guarulhos concentram-se em áreas degradadas, principalmente nas margens do rio Tietê, em Cuiabá além dos aterros sanitários e lixões clandestinos, estão em grande quantidade nas lagoas de decantação de frigoríficos. O carcará é uma espécie que ocorre naturalmente nos biomas dos aeroportos estudados, mas em menor quantidade em áreas naturais e maior em áreas degradadas. É favorecida por modificações no habitat como incêndios, supressão ou manejo da vegetação. Além disso, são predadores de espécies sinantrópicas, como roedores, pombos e insetos.

Esse conjunto de fatores demonstra que a perda de vegetação natural para áreas antropizadas é causa da explosão demográfica das espécies de risco, bem como do surgimento de áreas com grande concentração de indivíduos.

A ampliação de áreas com habitat favorável a espécies de risco, com o conseqüente crescimento de sua população, causa aumento das colisões de aeronaves com essas espécies.

Os resultados obtidos no presente estudo corroboram esse entendimento quando analisados os dados de colisão e a dinâmica da vegetação entre os anos de 2001 e 2011, em dois aeroportos: Manaus e Cuiabá. No caso desses aeroportos, a linha de tendência do índice de colisões é crescente, enquanto a da área com vegetação natural é decrescente (Figuras 73, 74, 75 e 76), indicando que a perda de habitat natural influencia o aumento no índice de colisões.

Figura 73 - Linha de tendência do índice de colisões no Aeroporto de Cuiabá

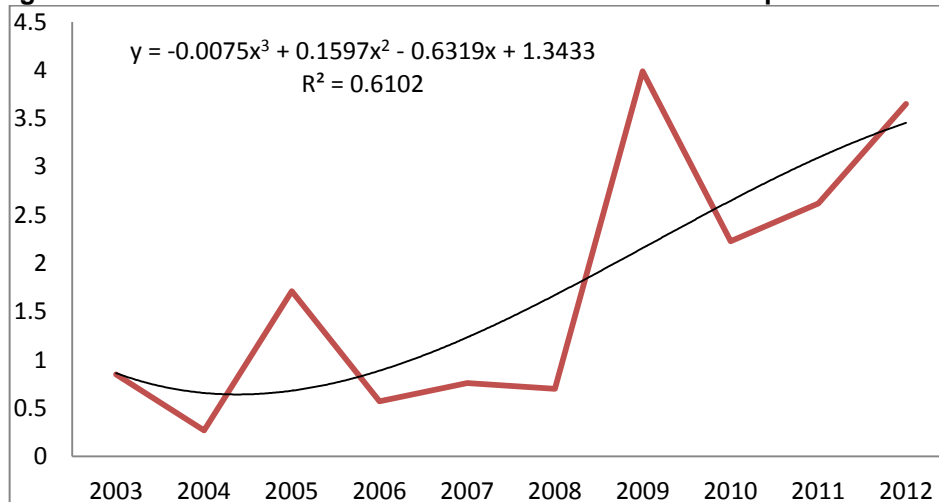


Figura 74 - Linha de tendência da cobertura de vegetação natural na ASA de Cuiabá

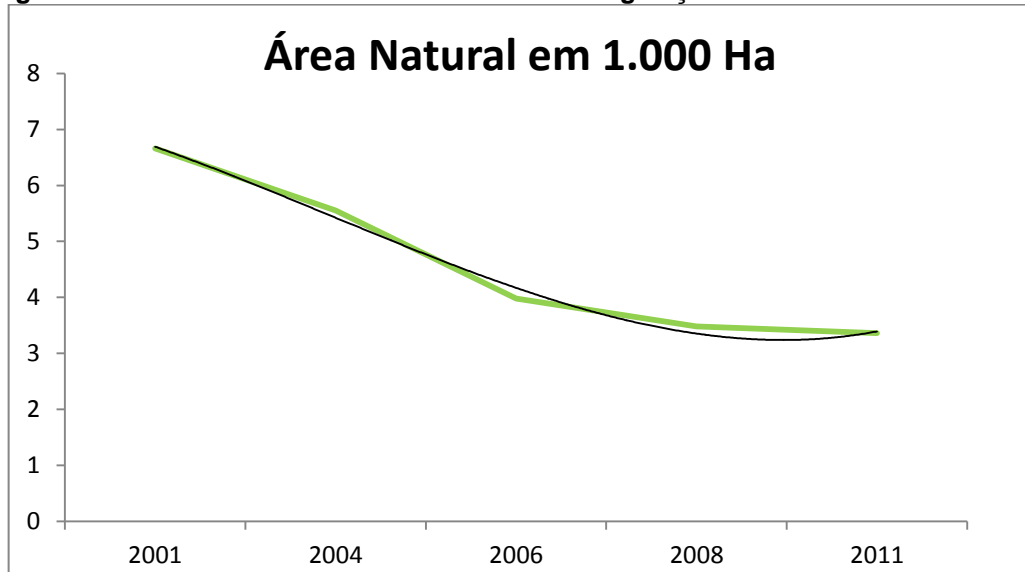


Figura 75 - Linha de tendência do Índice de colisões no Aeroporto de Manaus

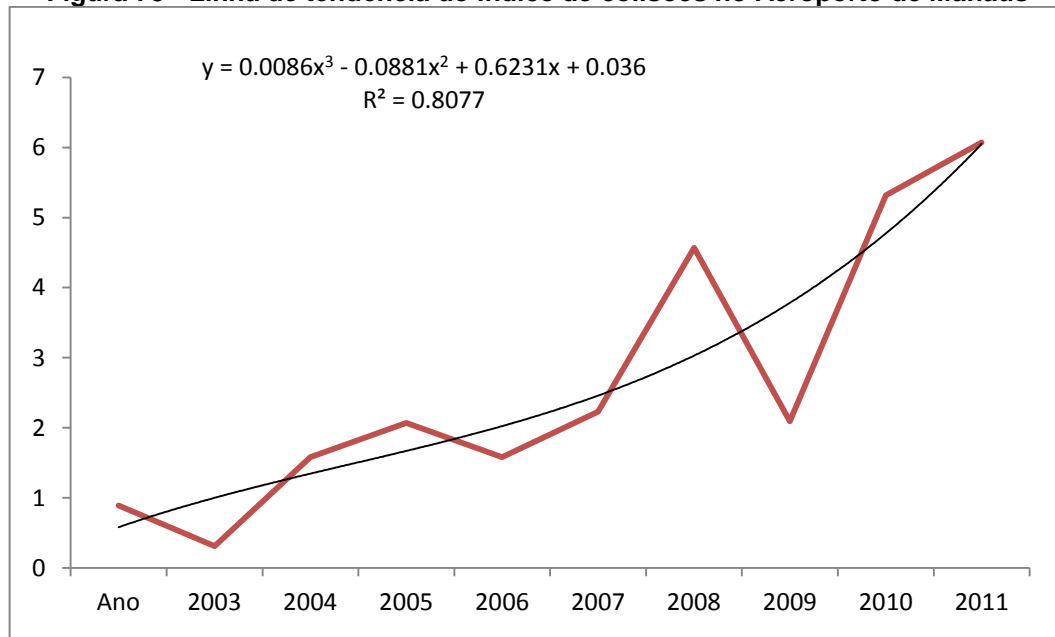
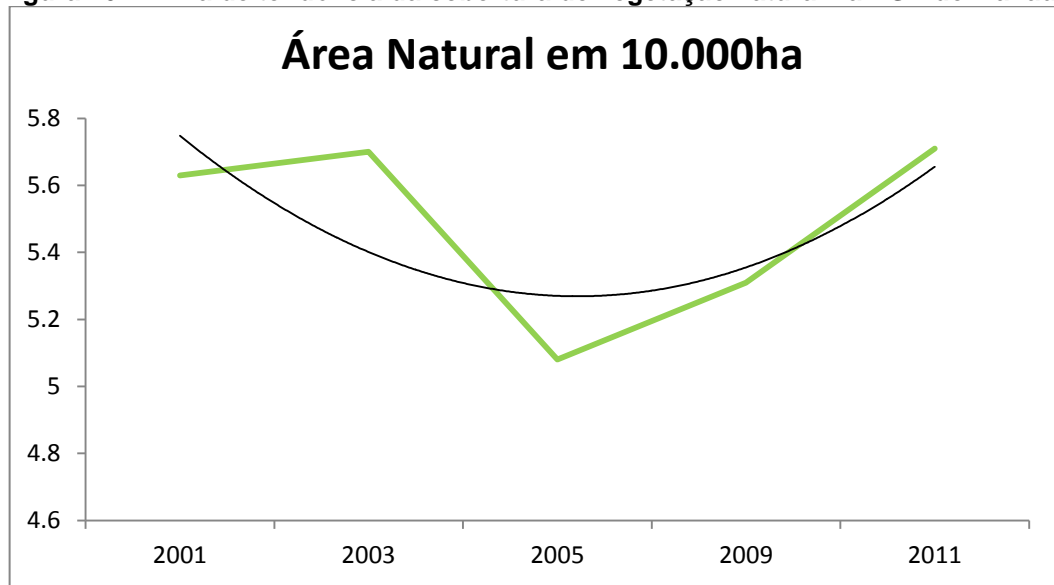


Figura 76 - Linha de tendência da cobertura de vegetação natural na ASA de Manaus

Em Guarulhos, a linha de tendência da área com vegetação natural indicou estabilidade, provavelmente pelo fato de as áreas naturais da região serem protegidas, não possibilitando a perda do habitat nessas regiões. Ainda assim, houve aumento no índice de colisões no período analisado (Figuras 77 e 78).

Ao se analisar os gráficos, observa-se que entre 2008 e 2011 houve perda significativa de área natural, modificando o comportamento do gráfico. Foi nesse mesmo período que houve maior aumento no índice de colisões, contribuindo para o entendimento de que a perda de habitat aumenta o índice de colisão da fauna com aeronaves.

Figura 337 - Linha de tendência do Índice de colisões no Aeroporto de Guarulhos

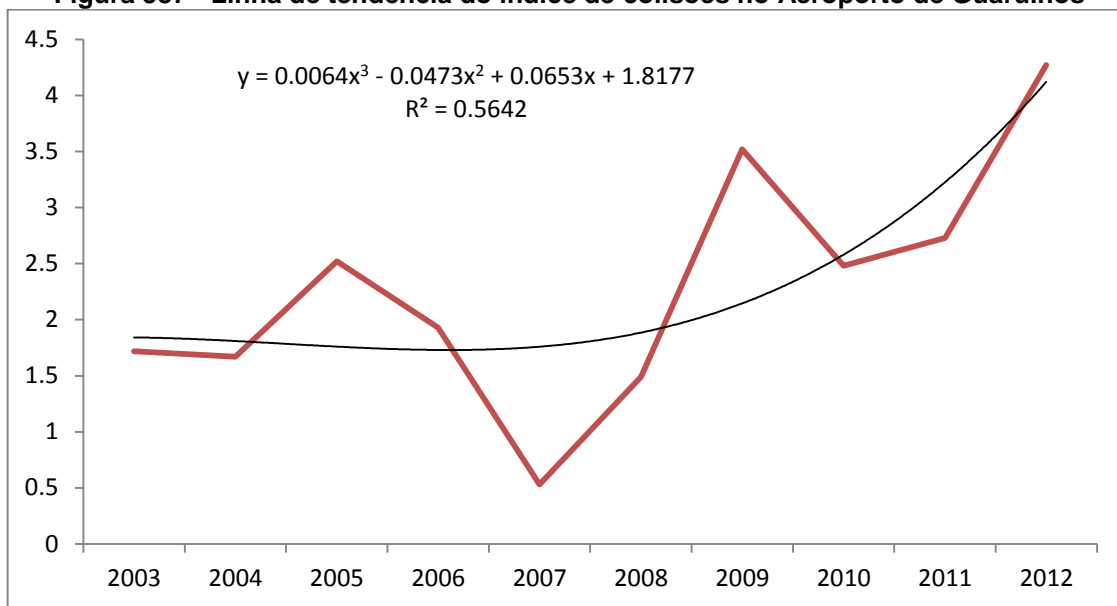
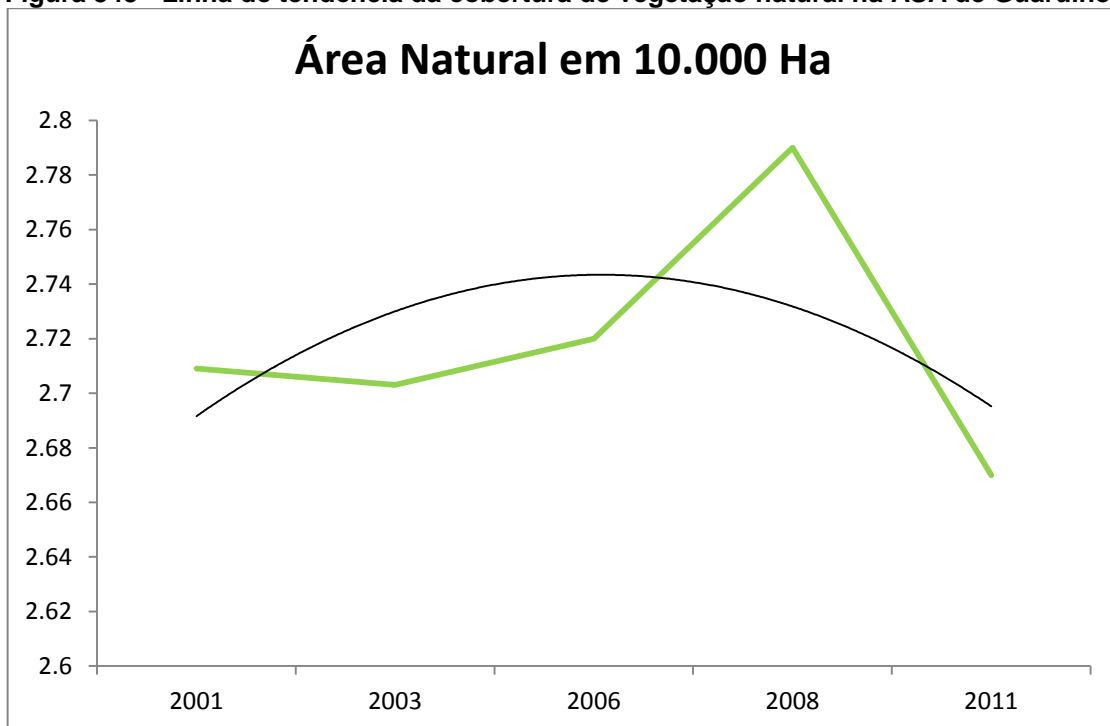


Figura 348 - Linha de tendência da cobertura de vegetação natural na ASA de Guarulhos



Os dados do Aeroporto Internacional Salgado Filho vai em direção oposta aos demais, principalmente aos encontrados nos aeroportos de Cuiabá e Manaus. Em Porto Alegre os resultados indicam crescimento tanto da área com vegetação natural como no índice de colisões entre a fauna e as aeronaves (Figuras 79 e 80). Deve-se

fazer considerações sobre esse resultado. Como discutido anteriormente, em Porto Alegre houve problemas na classificação das imagens, gerando classificação de áreas agrícolas como áreas naturais, o que aumentou a área com vegetação supostamente natural na ASA, podendo ter gerado um comportamento errôneo da linha de tendência do gráfico ao indicar tendência de crescimento de habitat onde não havia.

Mesmo com esses erros na classificação ao se analisar a parte final do gráfico, observa-se que, após 2007, houve diminuição na área supostamente natural, e foi nesse período que houve o maior aumento no índice de colisões.

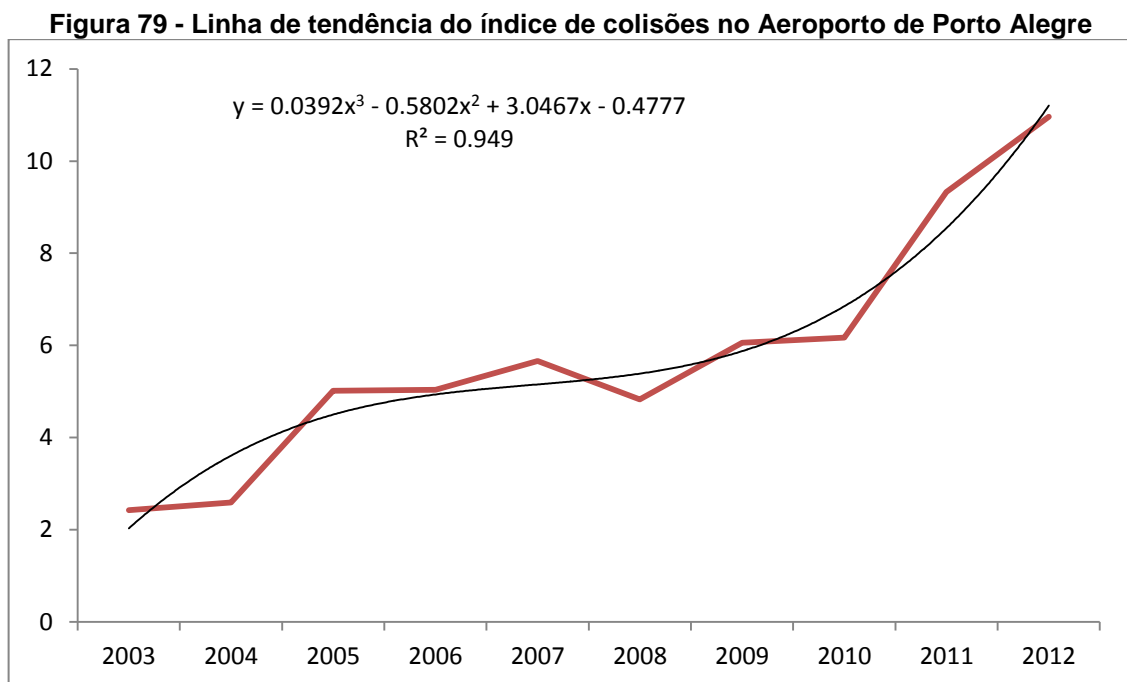
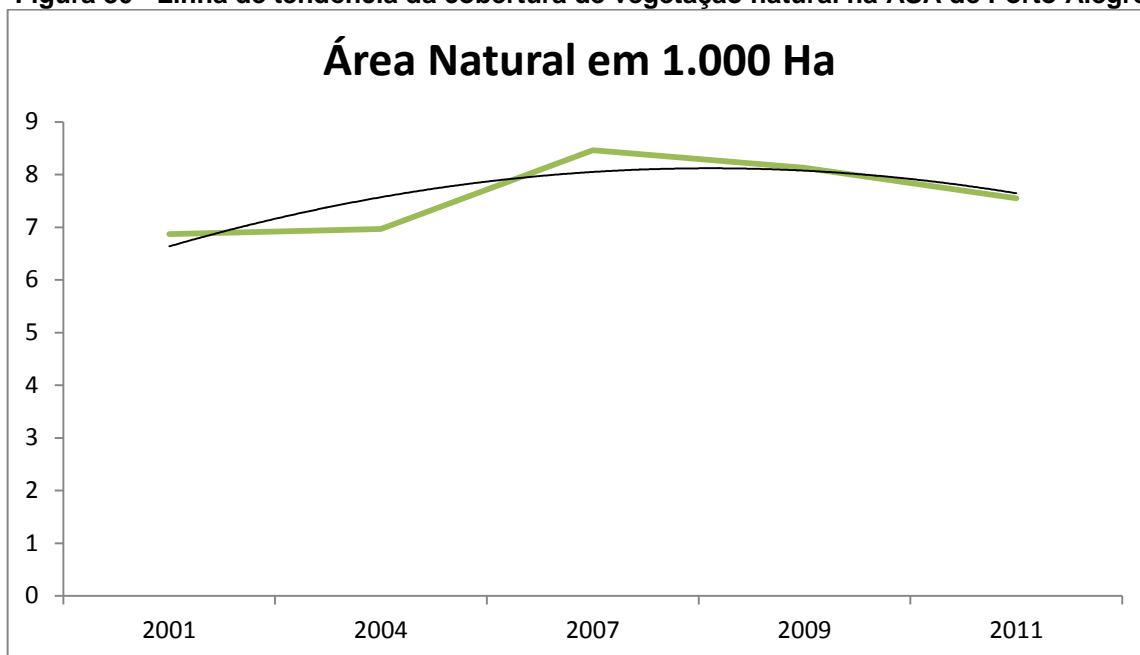


Figura 80 - Linha de tendência da cobertura de vegetação natural na ASA de Porto Alegre

A análise integrada do comportamento das colisões, da espacialização, da hierarquização e do monitoramento dos principais atrativos de espécies de risco para a aviação e o estudo da perda de habitat natural dentro da ASA, permite o entendimento dos fatores geradores da maioria das colisões, possibilitando ações para diminuir o risco de colisões com a fauna nos aeroportos estudados.

Nesse sentido, o uso das geotecnologias, principalmente o sensoriamento remoto e o sistema de informações geográficas, SIG, são fundamentais para que haja uma gestão do perigo de fauna que venha a minimizar o número e efeitos de colisões entre animais e aeronaves.

9 CONCLUSÕES

O presente estudo mostrou que nos aeroportos internacionais de Cuiabá, Guarulhos, Manaus e Porto Alegre as espécies envolvidas na maior parte dos incidentes registrados com aeronaves são aquelas favorecidas pelas mudanças no ambiente causadas pela ação humana. O quero-quero (*Vanellus chilensis*) é a espécie mais frequentemente envolvida em colisões em três dos quatro aeroportos, enquanto o grupo dos urubus é o que mais se envolve em incidentes em Manaus. O carcará e as garças são espécies comuns em colisões e também são favorecidas pela ação antrópica.

Os atrativos das espécies de risco existentes dentro da área de segurança dos aeroportos analisados são todos em áreas alteradas e de origem antrópica. Os fatores que os tornam atrativos às espécies de risco são, em geral, causados pela destinação incorreta de resíduos sólidos e pela falta de infraestrutura urbana, como aterros sanitários, frigoríficos, feiras, entre outros.

A definição da área crítica onde ocorrem as operações abaixo de 1.500 pés de altitude é importante para que os atrativos que se encontram dentro dessa área crítica recebam ações que busquem a diminuição da densidade de espécies de risco à aviação de maneira prioritária.

A perda de habitat natural é fator importante no aumento das colisões entre a fauna e as aeronaves, seja pela colonização de áreas internas e entornos dos sítios aeroportuários por indivíduos expulsos de áreas onde houve essa perda, seja pelo fato de as aves, principais espécies de risco, terem como característica a diminuição da diversidade de espécies, com aumento da biomassa em ambientes urbanos, o que causa maior número de pássaros na ASA com maior probabilidade de colisão.

O estudo integrado das espécies que frequentemente colidem com aeronaves, dos atrativos especializados onde há grande densidade dessas espécies e das rotas e movimentos das aeronaves dentro da área de segurança aeroportuária é imprescindível para a gestão do risco de fauna nos aeroportos. A integração dessas informações em um ambiente SIG torna-se fundamental para o entendimento e gestão dessa questão, visando tornar as operações realizadas nos aeroportos mais seguras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAN, John R. The costs of bird strikes and bird strike prevention. Human conflicts with wildlife: economic considerations. **Paper 18**, 2000. Disponível em: <<http://digitalcommons.unl.edu/nwrchumanconflicts/18>>. Acesso em: dezembro de 2009.
- ALLAN, John R.; OROSZ, Alex P. The costs of bird strikes to commercial aviation. Bird Strike Committee - USA/Canada, Third Joint Annual Meeting, Calgary, AB. **Paper 2**, 2001. Disponível em: <<http://digitalcommons.unl.edu/birdstrike2001/2>>. Acesso em: dezembro de 2009.
- ANDRÉN, Henrik. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat. **Oikos**, v. 71, Fasc. 3 (Dec., 1994), p. 355-366. Wiley on behalf of Nordic Society Oikos Stable. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/3545823>>. Acesso em: Agosto de 2013.
- ARDILA, Juan P. et al. Multitemporal change detection of urban trees using localized region-based active contours in VHR images. **Remote Sensing of Environment**, 124, 413-426, 2012.
- ASNER, Gregory P. et al. Impact of tissue, canopy, and landscape factors on the hyperspectral reflectance variability of arid ecosystems. **Remote Sensing of Environment**, 74:69-84, 2000.
- ATHIÊ, Samira; DIAS, Manoel Martins. Avian community composition in an urban park in central São Paulo state, southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Zootecias**, 12 (1): 67-73. 2010.
- BARRAS, Scott C.; SEAMANS, Thomas W., Habitat management approaches for reducing wildlife use of airfields. USDA National Wildlife Research Center - Staff Publications. **Paper 463**. 2002. Disponível em: <http://digitalcommons.unl.edu/icwdm_usdanwrc/463>. Acesso em: Agosto de 2013
- BERG, Å. Diversity and abundance of birds in relation to forest fragmentation, habitat quality and heterogeneity. **Bird Study**, 44:3, 355-366, DOI: 10.1080/00063659709461071. 1997.
- BLACKWELL, Bradley F. et al. Wildlife collisions with aircraft: A missing component of land-use planning for airports. **Landscape and Urban Planning**, 93 (2009) 1–9.
- BUDDE A, M.E.G. et al. Assessing land cover performance in Senegal, West Africa using 1km integrated NDVI and local variance analysis. **Journal of Arid Environments**, 59 (2004) 481-498.
- CASTILLO-NÚÑEZA, Mauricio et al. Delineation of secondary succession mechanisms for tropical dry forests using LiDAR. **Remote sensing of environment**, v. 115, Issue 9, p. 2217-2231, 2011.
- CLARK, Matthew L. et al. Estimation of tropical rain forest aboveground biomass with small-footprint lidar and hyperspectral sensors. **Remote Sensing of Environment**, 115 (2011) 2931-2942.

CLEARY, Edward C.; DOLBEER, Richard A. Wildlife hazard management at airports: a manual for airport personnel (2005). USDA National Wildlife Research Center - Staff Publications. **Paper 133**. Disponível em: <http://digitalcommons.unl.edu/icwdm_usdanwrc/133> Acesso em: Março de 2010.

CLEARY, Edward C.; DOLBEER, Richard A.; WRIGHT, Sandra E. Wildlife strikes to civil aircraft in the United States 1990-2005 (2006). Other Bird Strike and Aviation Materials. **Paper 7**. Disponível em: <<http://digitalcommons.unl.edu/birdstrikeother/7>> Acesso em: Abril de 2010.

COLSTOUN, Eric C. Brown et al. National Park vegetation mapping using multitemporal Landsat 7 data and a decision tree classifier. **Remote Sensing of Environment**, 85 (2003) 316–327.

CROOKS, Kevin R.; SUAREZ, Andrew V.; BOLGER, Douglas T. Avian assemblages along a gradient of urbanization in a highly fragmented landscape. **Biological Conservation**, 115 (2004) 451-462.

DEBINSKI, Diane M.; HOLT, Robert D. Review: a survey and overview of habitat fragmentation experiments. **Conservation Biology**, v. 14, n. 2 (2000), p. 342-355. Blackwell Publishing for Society for Conservation Biology Stable Disponível em: <URL: <http://www.jstor.org/stable/2641600>> Acesso em: Junho de 2013..

DEBUSE, Valerie J.; KING, Judith; HOUSE, Alan P. N. Effect of fragmentation, habitat loss and within-patch habitat characteristics on ant assemblages in semi-arid woodlands of eastern Australia. **Landscape Ecol** (2007) 22:731-745 DOI 10.1007/s10980-006-9068-0.

DEFUSCO, Russell et al. North American bird strike advisory system (2005). 2009; Bird Strike North America Conference. **Paper 8**. Disponível em: <<http://digitalcommons.unl.edu/birdstrike2009/8>> Acesso em: Março de 2012.

DOLBEER, Richard A. Birds and aircraft-fighting for airspace in ever more crowded skies (2009). Human-Wildlife Interactions. **Paper10**. Disponível em: <<http://digitalcommons.unl.edu/hwi/10>> Acesso em: Janeiro de 2010.

DOLBEER, Richard A.; WRIGHT, Sandra E.; CLEARY, Edward C. Ranking the hazard level of wildlife species to aviation. **Wildlife Society Bulletin**, v. 28, n. 2 (2000), p. 372-378.

DOLBEER, Richard A. Height Distribution of birds recorded by collisions with civil aircraft. **Journal of Wildlife Management**, 70(5):1345-1350. The Wildlife Society, 2006.

DOLBEER, Richard A.; WRIGHT, Sandra E. Safety management systems: how useful will the FAA national wildlife strike database? (2009). Human-Wildlife Interactions. **Paper 6**. Disponível em: <<http://digitalcommons.unl.edu/hwi/6>> Acesso em: Março de 2011.

DONNELLY, Roarke; MARZLUFF, John M. Importance of reserve size and landscape context to urban bird conservation. **Conservation Biology**, p. 733-745; v. 18, n. 3, Local: 2004.

FAHRIG, Lenore. Effect of habitat fragmentation on the extinction threshold: a synthesis. **Ecological Applications**, 12(2), 2002, p. 346–353. Ecological Society of America, 2002.

FAHRIG, Lenore. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Annual review of ecology, evolution and systematics, v. 34 (2003), p. 487. **Annual Reviews Stable**. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/30033784>> Acesso em: Julho de 2013.

FERNÁNDEZ-JURICIC, Esteban; JOKIMÄKI, Jukka. **A habitat island approach to conserving birds in urban landscapes: case studies from southern and northern Europe biodiversity and conservation**, 10: 2023–2043. Holanda: Kluwer Academic Publishers, 2001.

FERREIRA, Laerte Guimarães; FERREIRA, Nilson Clementino; FERREIRA, Manuel Eduardo. Sensoriamento remoto da vegetação: evolução e estado-da-arte; **Acta Sci. Biol. Sci**, Maringá, v. 30, n. 4, p. 379-390, 2008.

GARAFFA, Pablo I.; FILLOYA, Julieta B. M.; BELLOCQ, Isabel. Bird community responses along urban–rural gradients: does the size of the urbanized area matter? **Landscape and Urban Planning**, 90 (2009) 33-41.

HABOUDANE, Driss et al. Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: modeling and validation in the context of precision agriculture. **Remote Sensing of Environment**, 90 (2004) 337–352.

KIMBERLY, M. Carlson et al. Hyperspectral Remote Sensing of Canopy Biodiversity in Hawaiian Lowland Rainforests. **Ecosystems**, (2007) 10: 536–549; DOI: 10.1007/s10021-007-9041-z.

LEFSKY, Michael A. et al. Lidar remote sensing of above-ground biomass in three biomes. **Global Ecology and Biogeography**, v. 11, Issue 5, pages 393-399, 2002.

LIECHTI, Felix; GASTEREN, Hans Van. **Current stage of bird radar systems**, 1, 2010.

LIECHTI, Felix; GASTEREN, Hans Van. Current stage of bird radar systems, **29th Meeting of the International Bird Strike Committee**, Cairns (Australia), 2010.

MARZLUFF, John M.; EWING, Kern. Restoration of fragmented landscapes for the conservation of birds: a general framework and specific recommendations for urbanizing landscapes. **Restoration Ecology**, v. 9, n. 3, p. 280–292, 2001.

MCKINNEY, Michael L. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. **Biological Conservation**, 127 (2006) 247-260.

MORAIS, Francisco José de Azevedo. Evolução do risco aviário no Brasil entre 2006 e 2010: estatísticas e probabilidades. **Revista Conexão SIPAER**, v. 3, n. 2, mar-abr. 2012.

NASA. 2013. Disponível em: <<http://landsat.gsfc.nasa.gov/>> Acesso em: Dezembro de 2013.

ÖZYAVUZ, Murat. Analysis of Igneada and its surrounding vegetation dynamics using normalized difference vegetation index data from 1987-2000. **Journal of Coastal Research**, v. 26, Issue 6: p. 1001-1006, 2010.

ROGAN, John; FRANKLIN, Janet; ROBERTS, Dar A. A comparison of methods for monitoring multitemporal vegetation change using thematic mapper imagery. **Remote Sensing of Environment**, 80, p. 143-156, 2002.

ROUSE, J. W. et al. **Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS**, 1973.

SAVARD, Jean-Pierre L.; CLERGEAUB, Philippe; MENNECHEZ, Gwenaëlle. Biodiversity concepts and urban ecosystems. **Landscape and Urban Planning**, 48, 131-142, 2000.

SEAMANS, Thomas W. et al. Comparison of 2 vegetation-height management practices for wildlife control at airports. (2007). Human-Wildlife Interactions. **Paper 131**. Disponível em: <<http://digitalcommons.unl.edu/hwi/131>> Acesso em: Março de 2012.

SHAMOUN-BARANES, J. et al. Avian information systems: developing web-based bird avoidance models. **Ecology and Society**, 13(2): 38. [online], 2008. Disponível em: <<http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art38/>> Acesso em: Agosto de 2011.

SHOSHANY, Maxim. Satellite remote sensing of natural mediterranean vegetation: a review within an ecological context. DOI: 10.1177/030913330002400201. **Progress in Physical Geography**, 24: 153, 2000.

SODHI, Navjot S. Competition in the air: birds versus aircraft. **The Auk**, 119(3):587-595. 2002. The American Ornithologists' Union. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1642/0004-8038\(2002\)119\[0587:CITABV\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1642/0004-8038(2002)119[0587:CITABV]2.0.CO;2)> Acesso em: Março de 2012.

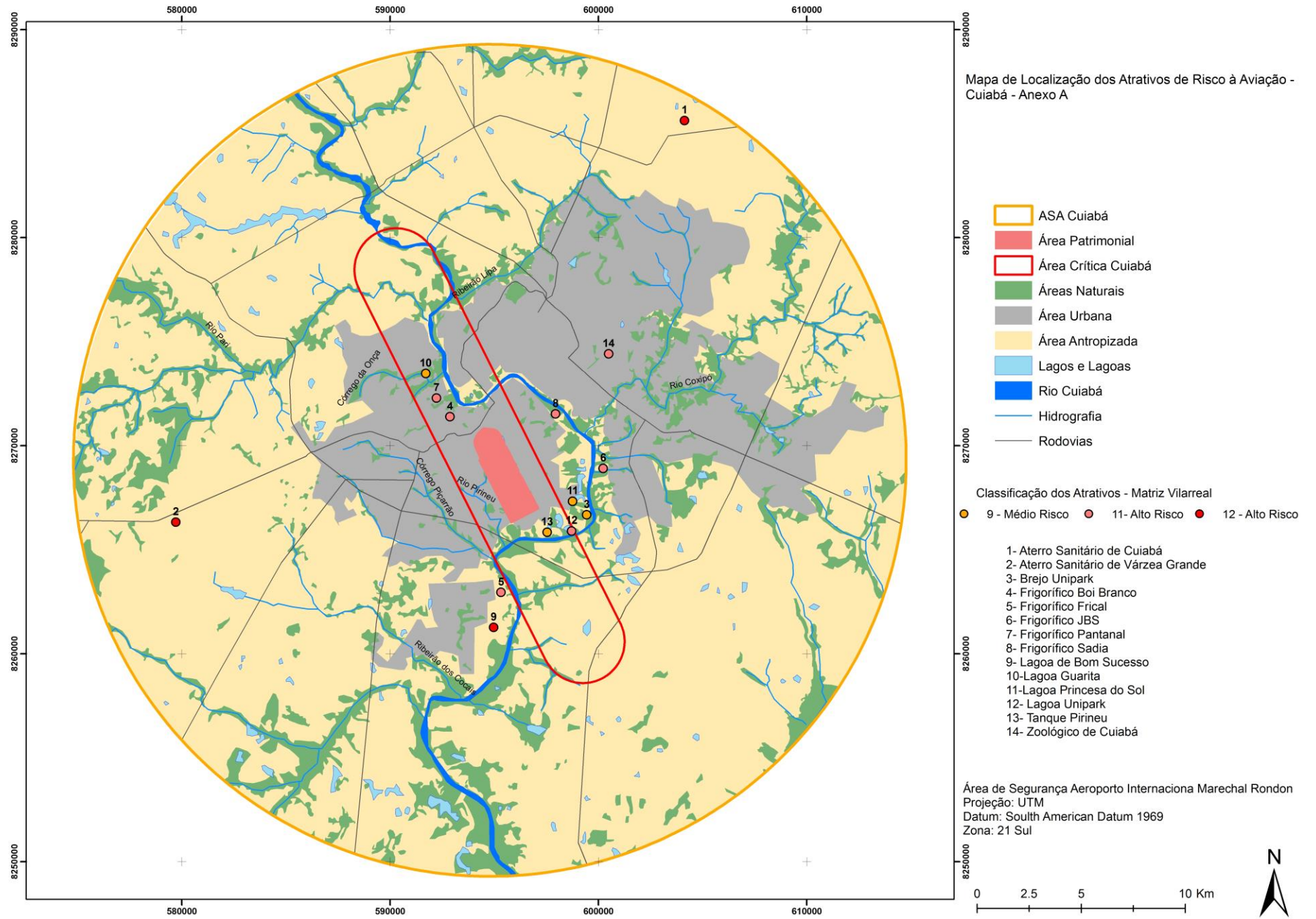
SONNENSCHNEIN, Ruth, et al. Differences in Landsat-based trend analyses in drylands due to the choice of vegetation estimate; **Remote Sensing of Environment**, 115 (2011) 1408-1420.

STANLEY, H. Faeth et al. Trophic dynamics in urban communities; bioscience, 55(5):399-407. 2005. **American Institute of Biological Sciences**. DOI: Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568\(2005\)055\[0399:TDIUC\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[0399:TDIUC]2.0.CO;2). URL: <http://www.bioone.org/doi/full/10.1641/0006-3568%282005%29055%5B0399%3ATDIUC%5D2.0.CO%3B2>> Acesso em: Julho e 2013.

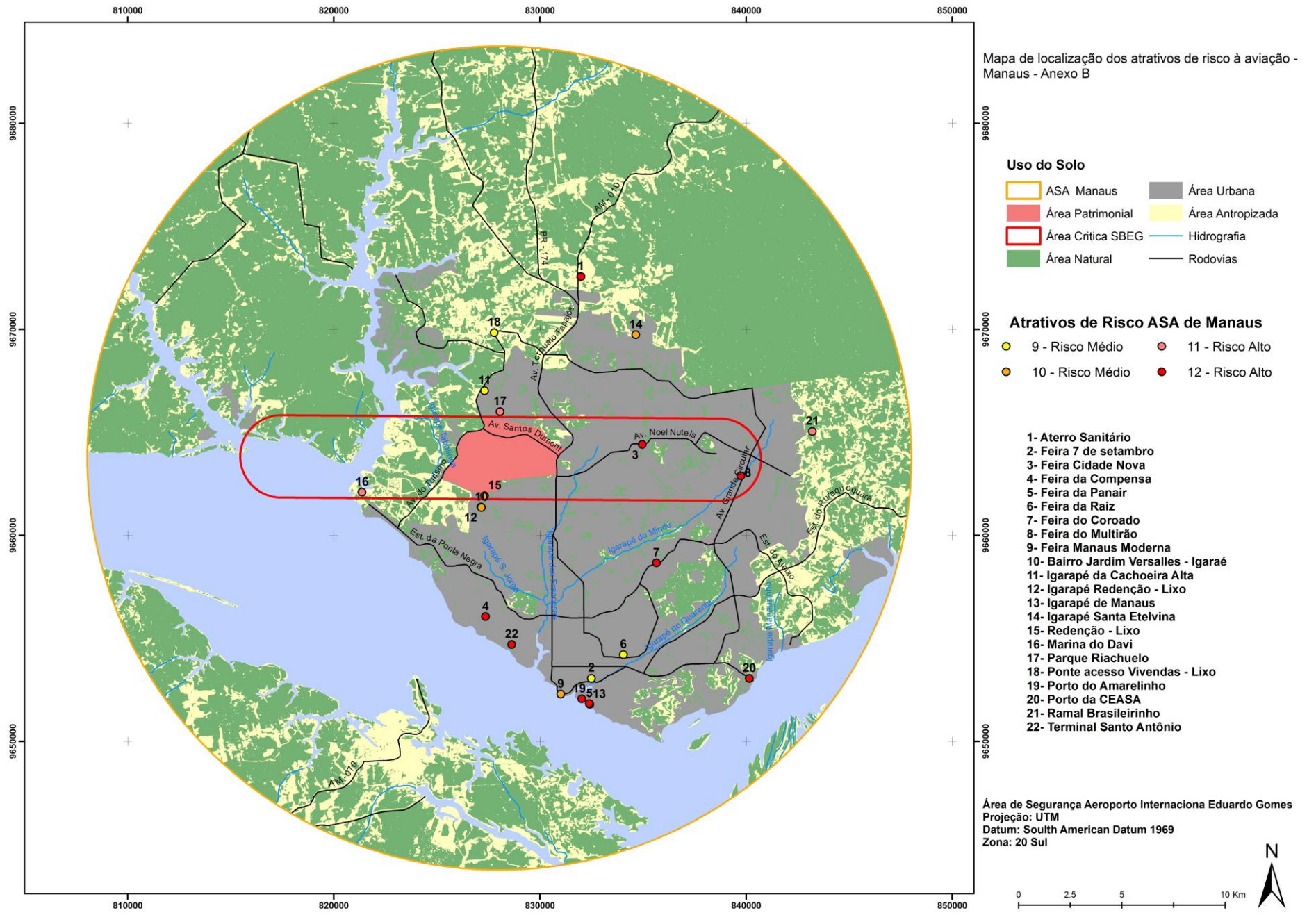
STEYER, Gregory D.; COUVILLION, Brady R.; BARRAS, John A. Monitoring vegetation response to episodic disturbance events by using multitemporal vegetation indices. **Journal of coastal research**, 63, 118-130, 2013.

- THORPE, John. Fatalities and destroyed civil aircraft due to bird strikes, 1912-2002. **International Bird Strike Committee**, Varsóvia, 2003.
- TIRPAK, John M.; GIULIANO, William M. Using multitemporal satellite imagery to characterize forest wildlife habitat: the case of ruffed grouse. **Forest Ecology and Management**, 260 (2010) 1539-1547.
- TRANSPORT CANADA. Aviation Land Use in the Vicinity of Airports. TP 1247E, 47p. Maio, 2005.
- TRAVIS L. Devault, et al. Flight behavior of black and turkey vultures: implications for reducing bird-aircraft collisions. **Journal of Wildlife Management**, 69(2):601-608. The Wildlife Society, 2005.
- VILLARREAL, L.M.A. 2008. Programa Nacional de Limitación de Fauna en Aeropuertos. Republica de Colômbia. Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. Version II. 104p.
- WANG, Quan; TENHUNEN, John D. Vegetation mapping with multitemporal NDVI in North Eastern China Transect (NECT). **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, 6 (2004) 17–31.
- WASHBURN, Brian E.; SEAMANS, Thomas W. Management of vegetation to reduce wildlife hazards at airports. (2004). USDA National Wildlife Research Center - Staff Publications. **Paper 396**. Disponível em: <http://digitalcommons.unl.edu/icwdm_usdanwrc/396> Acesso em: Maio de 2013.
- WEISS, Jeremy L. et al. Long-term vegetation monitoring with NDVI in a diverse semi-arid setting, central New Mexico, USA. **Journal of Arid Environments**, 58 (2004) 249–272.
- XU, Hanqiu; ZHANG, Tiejun. Assessment of consistency in forest-dominated vegetation observations between ASTER and Landsat ETM+ images in subtropical coastal areas of southeastern China. **Agricultural and Forest Meteorology**, 168 (2013) 1-9.
- ZAKRAJSEK, Edward J.; BISSONETTE, John A. Ranking the risk of wildlife species hazardous to military aircraft. **Wildlife Society Bulletin**, 33(1):258-264. 2005. The Wildlife Society. DOI: Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.2193/0091-7648\(2005\)33\[258:RTROWS\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.2193/0091-7648(2005)33[258:RTROWS]2.0.CO;2)> Acesso em: Setembro de 2012.

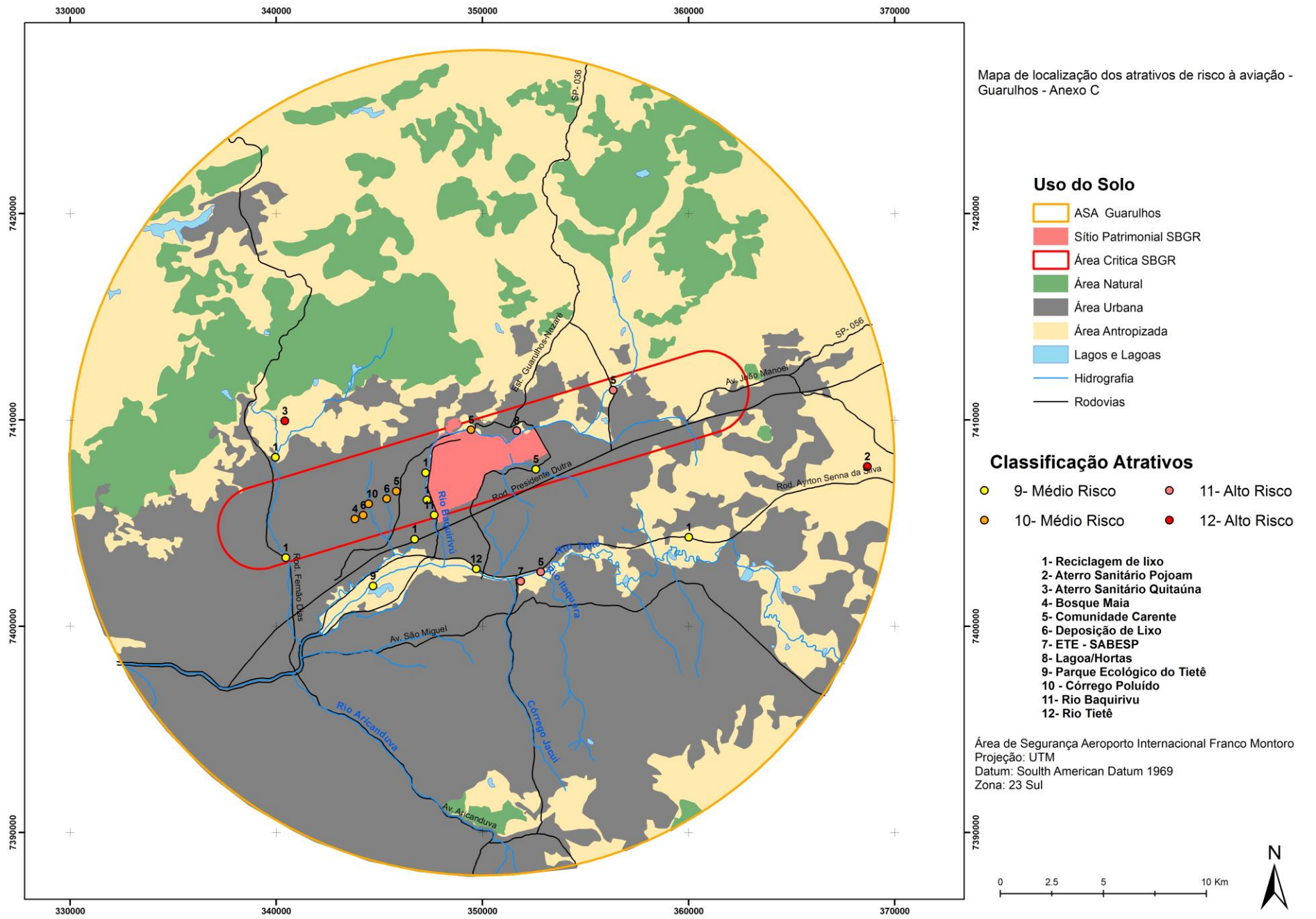
ANEXO A - MAPA DOS ATRATIVOS DE RISCO À AVIAÇÃO NA ÁREA DE SEGURANÇA AEROPORTUÁRIA DE CUIABÁ



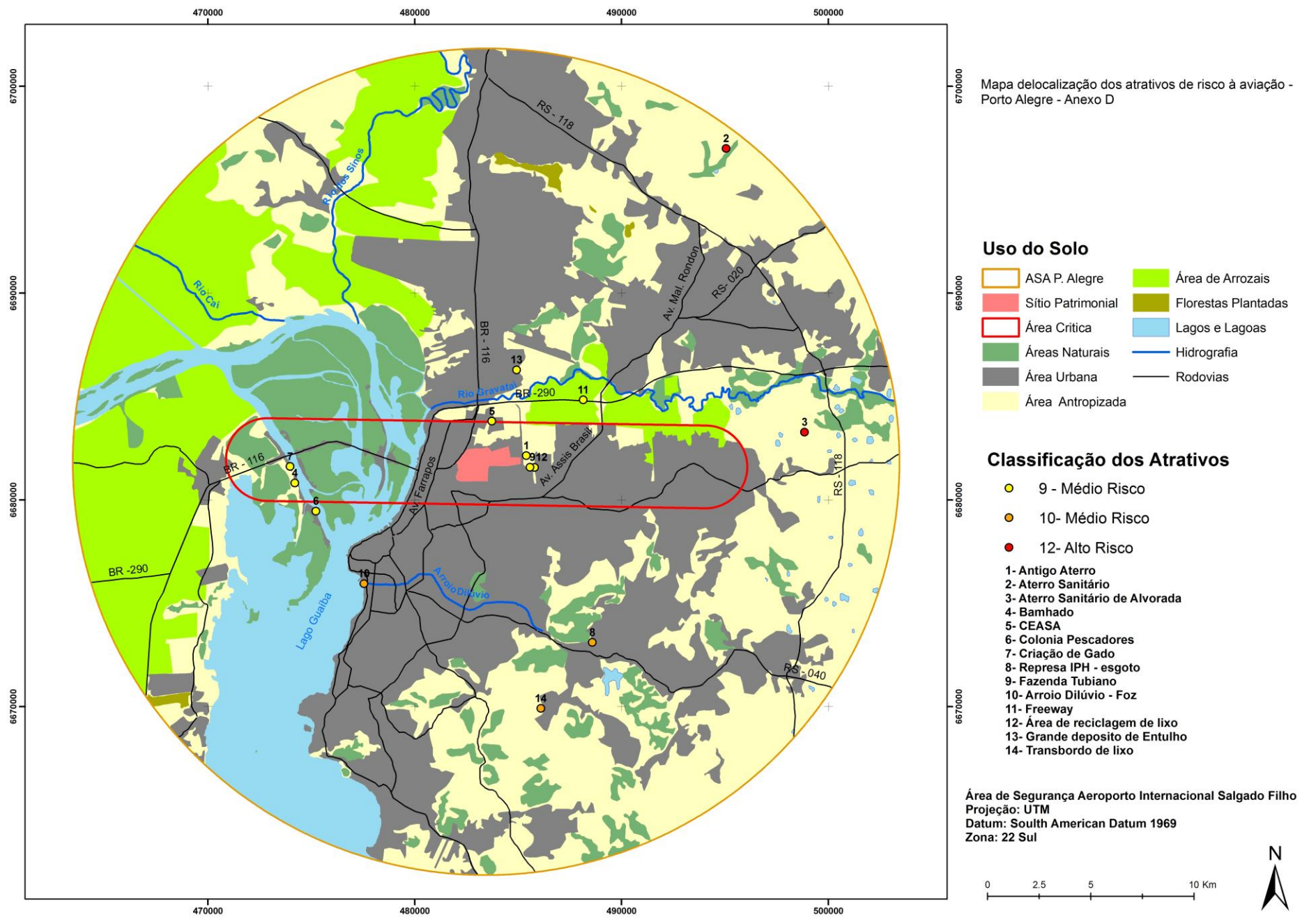
ANEXO B - MAPA DOS ATRATIVOS DE RISCO À AVIAÇÃO NA ÁREA DE SEGURANÇA AEROPORTUÁRIA DE MANAUS



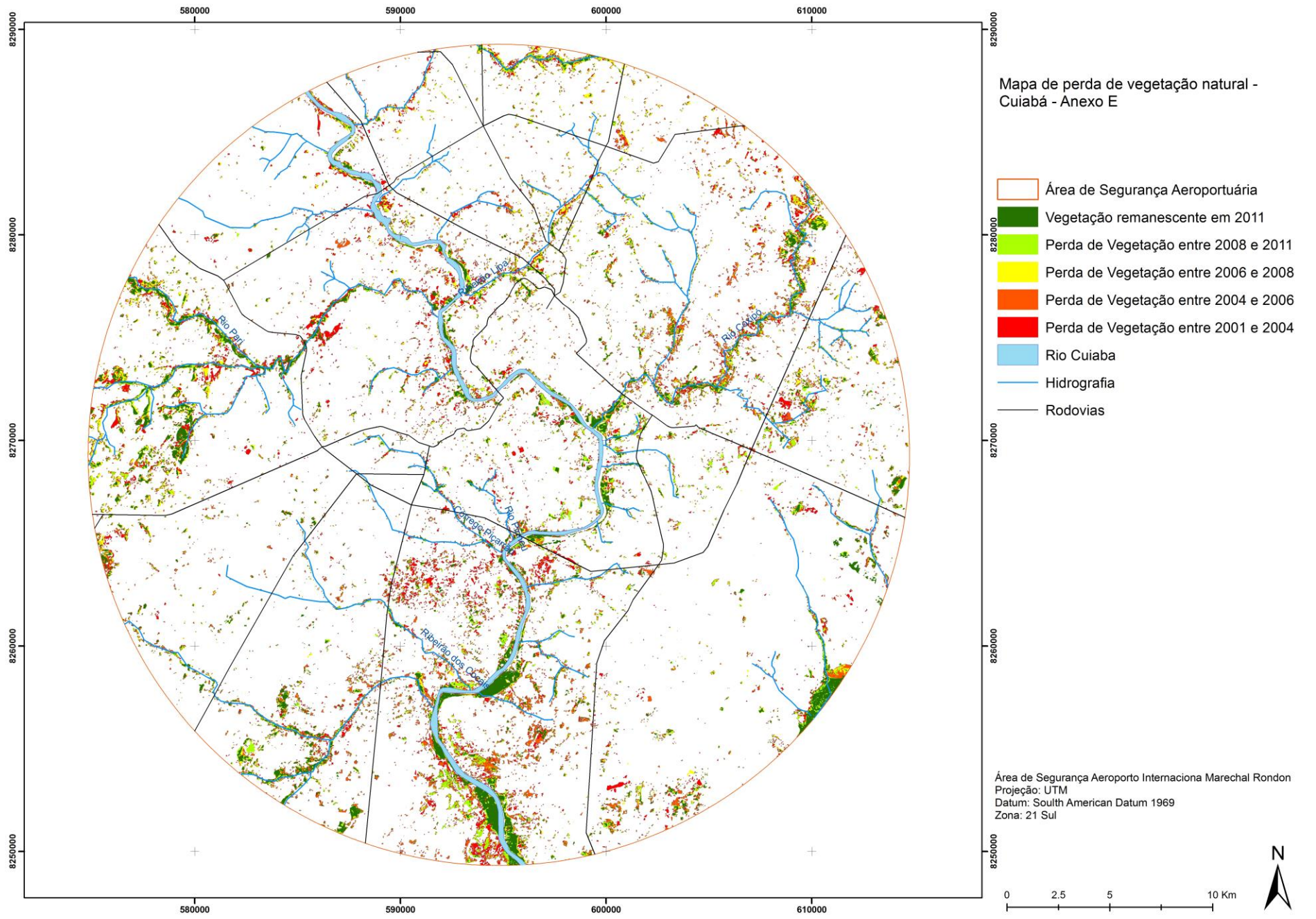
ANEXO C - MAPA DOS ATRATIVOS DE RISCO À AVIAÇÃO NA ÁREA DE SEGURANÇA AEROPORTUÁRIA DE GUARULHOS



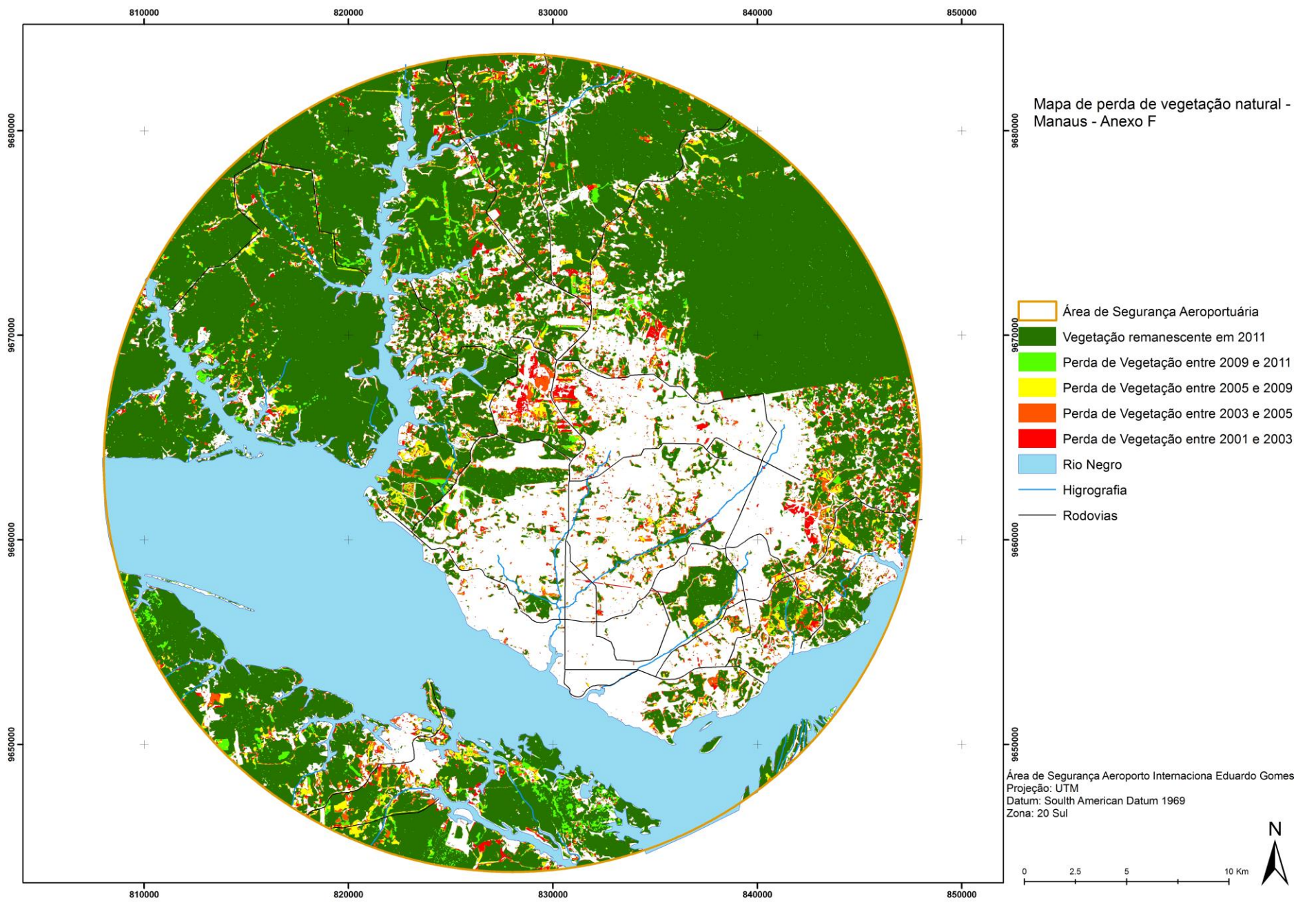
ANEXO D - MAPA DOS ATRATIVOS DE RISCO À AVIAÇÃO NA ÁREA DE SEGURANÇA AEROPORTUÁRIA DE PORTO ALEGRE



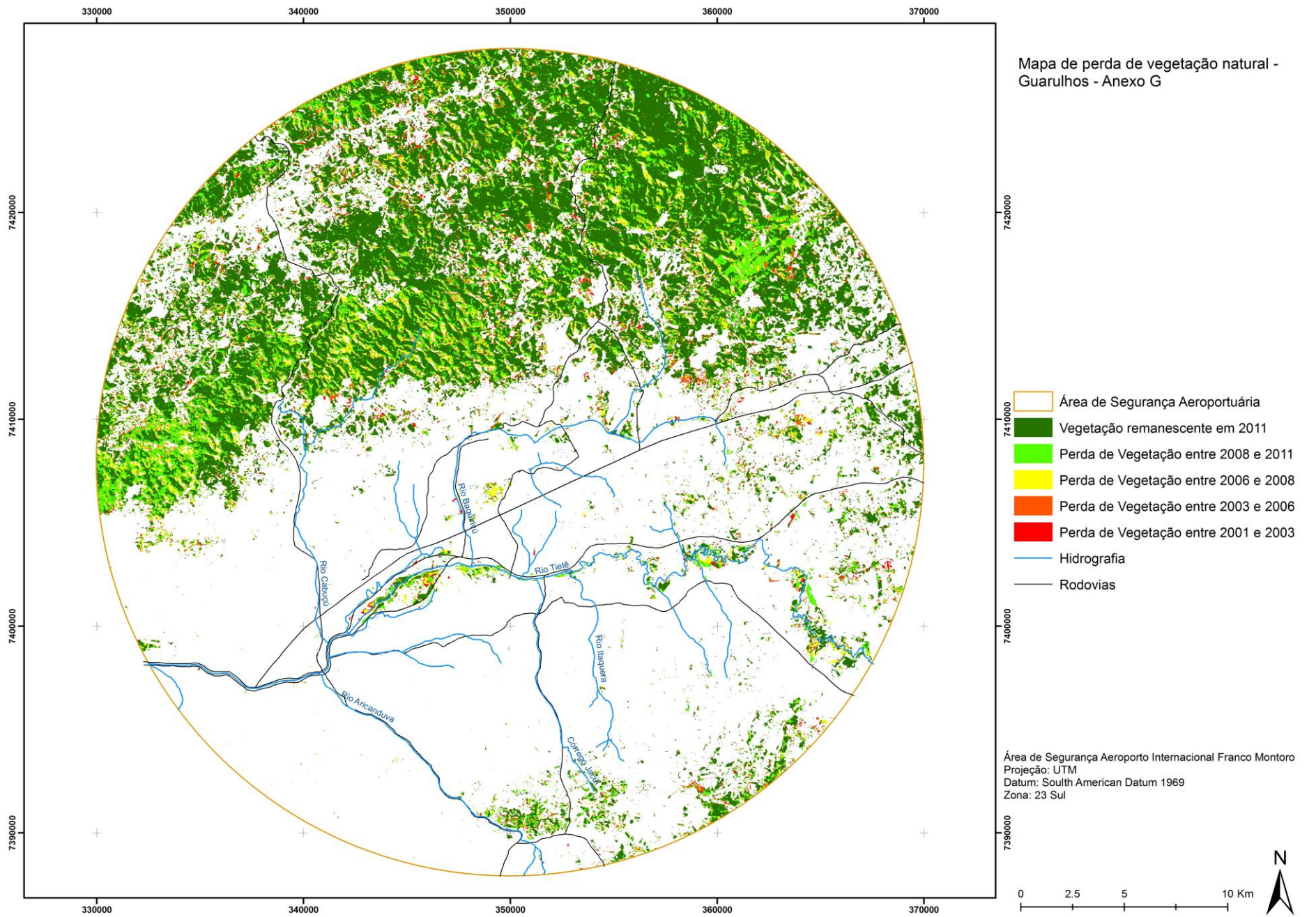
ANEXO E - MAPA DE PERDA DE VEGETAÇÃO DA ÁREA DE SEGURANÇA DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE CUIABÁ



ANEXO F - MAPA DE PERDA DE VEGETAÇÃO DA ÁREA DE SEGURANÇA DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE MANAUS



ANEXO G - MAPA DE PERDA DE VEGETAÇÃO DA ÁREA DE SEGURANÇA DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE GUARULHOS



ANEXO H - MAPA DE PERDA DE VEGETAÇÃO DA ÁREA DE SEGURANÇA DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE PORTO ALEGRE

