

**ALEXSANDER JOSÉ DOS SANTOS**

**MODELAGEM FUZZY APLICADA PARA O GERENCIAMENTO DE  
RESÍDUOS EM AEROPORTOS: ESTUDO DE CASO DO AEROPORTO  
INTERNACIONAL DE CONGONHAS (SP)**

Sorocaba  
2020

**ALEXSANDER JOSÉ DOS SANTOS**

**MODELAGEM FUZZY APLICADA PARA O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS  
EM AEROPORTOS: ESTUDO DE CASO DO AEROPORTO INTERNACIONAL  
DE CONGONHAS (SP)**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" na Área de Concentração Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental.

Orientador: Profa. Dra. Sandra Regina Monteiro Masalskiene Roveda  
Coorientador: Prof.Dr. Sandro Doninni Mancini

Sorocaba  
2020

S237m Santos, Alexsander José dos  
Modelagem fuzzy aplicada para o gerenciamento de resíduos em aeroportos: : estudo de caso do Aeroporto Internacional de Congonhas (SP) / Alexsander José dos Santos. -- Sorocaba, 2020  
149 f. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba  
Orientadora: Sandra Regina Monteiro Masalskiene Roveda  
Coorientador: Sandro Doninni Mancini

1. Gerenciamento de resíduos. 2. Conjuntos difusos. 3. Aeroportos.  
I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Sorocaba



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: MODELAGEM FUZZY APLICADA AO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS  
NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE CONGONHAS (SP)

AUTOR: ALEXSANDER JOSÉ DOS SANTOS

ORIENTADORA: SANDRA REGINA MONTEIRO MASALSKIENE ROVEDA

COORIENTADOR: SANDRO DONNINI MANCINI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIAS AMBIENTAIS,  
área: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental pela Comissão Examinadora:

Profª. Drª. SANDRA REGINA MONTEIRO MASALSKIENE ROVEDA  
Engenharia Ambiental / Unesp - ICT Sorocaba

Profª. Drª. MAGDA DA SILVA PEIXOTO  
Departamento de Física, Química e Matemática (DFQM) / Universidade Federal de São Carlos - Câmpus de  
Sorocaba

Prof. Dr. JOSÉ LAZARO FERRAZ  
Departamento de Engenharia Mecânica / FATEC/Sorocaba

Sorocaba, 30 de janeiro de 2020

Dedico esse trabalho aos meus pais e aos meus irmãos  
que sempre me incentivaram nessa trajetória.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a minha família pelo apoio incondicional durante toda essa trajetória e por me ajudarem no que fosse preciso para a conclusão desta etapa de minha vida.

Agradeço também a minha orientadora Profa. Dra. Sandra Regina Masalskiene Roveda, pelos ensinamentos sobre Lógica Fuzzy e suas funcionalidades, pela paciência e compreensão durante o mestrado e pelo auxílio no desenvolvimento e acompanhamento da dissertação.

Ao Prof. Dr. Sandro Doninni Mancinni, meu coorientador, por auxiliar no desenvolvimento do presente trabalho, principalmente no que se refere ao conteúdo de resíduos sólidos.

Ao Prof. Dr. José Arnaldo Frutuoso Roveda pelos ensinamentos acerca de Lógica Fuzzy e pelo auxílio na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Henrique Ewbank pelo auxílio com a parte estatística e com outras questões relevantes dessa dissertação.

Aos professores e colegas de curso da UNESP-Sorocaba que contribuíram direta ou indiretamente para realização da dissertação e do mestrado.

Por fim, agradeço a Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais pela oportunidade que me foi dada de desenvolver esta pesquisa e contribuir para minha formação.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor,  
mas lutei para que o melhor fosse feito.  
Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus,  
não sou o que era antes”. (Marthin Luther King)

## RESUMO

Este estudo apresenta um modelo matemático para apoiar e avaliar o gerenciamento de resíduos em aeroportos. Composto por três dimensões que agrupadas resultaram em um índice de gerenciamento de resíduos, este modelo foi aplicado em um estudo de caso do Aeroporto de Congonhas, localizado no Brasil. Além do modelo matemático, o teste não-paramétrico de Mann-Kendall foi aplicado para verificar a existência de tendência nos resultados obtidos. Os resultados demonstram que há a preocupação por parte do aeroporto em relação ao manejo de resíduos, refletida nos resultados do IGRF (Índice de Gerenciamento de Resíduos Fuzzy). Indicam também que ocorreu um aperfeiçoamento do gerenciamento de resíduos em 2015 em comparação a 2014, resultante do aumento da contabilização dos recicláveis e da conscientização da comunidade aeroportuária. O modelo desenvolvido se mostrou uma importante ferramenta para apoiar a tomada de decisão dos gestores aeroportuários, incluindo aspectos relacionados a etapas de manejo de resíduos, existindo ajustes que podem ser realizados como a inclusão de novos indicadores.

**Palavras-chave:** Modelagem Fuzzy. Gerenciamento de resíduos sólidos. Aeroportos. Sistemas baseado em regras fuzzy. Resíduos Aeroportuários.



## ABSTRACT

This study presents a mathematical model to support and evaluate the airport waste management. It presents a waste management index, composed by three dimensions, and it was applied in a case study of Congonhas Airport, located in Brazil. In addition to the mathematical model, the nonparametric Mann-Kendall test was applied to verify the existence of bias in the obtained results. The results showed that there is concern on the part of the airport regarding waste management, reflected in the Fuzzy Waste Management Index (FWMI) results. They also indicated that there was an improvement in waste management in 2015 compared to 2014, resulting from increased accounting for recyclables and awareness of the airport community. The developed model proved to be an important tool to support the decision making of airport managers, including aspects related to waste management steps, and there may be adjustments that may be made to include new indicators.

**Keywords:** Fuzzy modeling. Solid waste management. Airports. Systems based on fuzzy rules. Airport waste.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> — Fluxo das etapas do gerenciamento de resíduos aeroportuários .....	31
<b>Figura 2</b> — Exemplos de símbolos de identificação de resíduos .....	34
<b>Figura 3</b> — Etapas de um SBRF .....	54
<b>Figura 4</b> — Estrutura da dimensão coleta, transporte e armazenagem temporária do modelo fuzzy proposto .....	62
<b>Figura 5</b> — Variáveis de entrada e de saída da dimensão coleta, transporte e armazenagem temporária.....	63
<b>Figura 6</b> — Variáveis de entrada e de saída da dimensão separação na fonte (quando houver) e armazenagem temporária.....	65
<b>Figura 7</b> — Variáveis de entrada e de saída da dimensão tratamento e destinação final.....	67
<b>Figura 8</b> — Estrutura do Índice de Gerenciamento de Resíduos Fuzzy (IGRF).....	67
<b>Figura 9</b> — Estrutura geral do SBRF proposto para o gerenciamento de resíduos aeroportuários .....	68
<b>Figura 10</b> —Fuzzificação da variável geração de resíduos (uma das entradas do ICTAT-GRUPO A) .....	69
<b>Figura 11</b> — Fuzzificação da variável de saída do ICTAT-GRUPO A .....	69
<b>Figura 12</b> — Inferência Fuzzy- Exemplo do ICTAT-GRUPO A .....	72
<b>Figura 13</b> — Exemplo Defuzzificação ITDF melhor cenário .....	72
<b>Figura 14</b> — Principais vias de acesso ao Aeroporto de Congonhas .....	74
<b>Figura 15</b> — Área de Influência Indireta do Aeroporto de Congonhas .....	75
<b>Figura 16</b> — Sistema de pistas do Aeroporto de Congonhas .....	76
<b>Figura 17</b> — Movimentação de passageiros no Aeroporto de Congonhas quanto a origem e destino no ano de 2014. ....	79
<b>Figura 18</b> —Distribuição por grupo dos resíduos gerados no Aeroporto de Congonhas-SP no ano de 2014.....	80
<b>Figura 19</b> — Distribuição por tipo dos resíduos gerados no Aeroporto de Congonhas-SP no ano de 2014.....	81
<b>Figura 20</b> —Distribuição por grupo dos resíduos gerados no Aeroporto de Congonhas-SP no ano de 2015.....	82
<b>Figura 21</b> — Caracterização por tipo dos resíduos gerados no Aeroporto de Congonhas-SP no ano de 2015.....	82

<b>Figura 22</b> — Fluxograma de gerenciamento de resíduos infectantes e perfurocortantes no Aeroporto de Congonhas .....	86
<b>Figura 23</b> —Acondicionamento de resíduos infectantes .....	87
<b>Figura 24</b> —Acondicionamento de resíduos perfurocortantes .....	87
<b>Figura 25</b> — Contêiner específico para resíduos infectantes .....	88
<b>Figura 26</b> —Área de armazenamento temporário de resíduos infectantes denominada A300 .....	88
<b>Figura 27</b> — Fluxograma de gerenciamento de resíduos químicos gerados no Aeroporto de Congonhas-SP .....	89
<b>Figura 28</b> —Área de acondicionamento TEMPORÁRIO de resíduos Grupo B – Óleos Inservíveis.....	90
<b>Figura 29</b> — Vista geral da área de acondicionamento TEMPORÁRIO de resíduos grupo B provenientes da oficina de Manutenção da Infraero.....	91
<b>Figura 30</b> — Acondicionamento de lâmpadas na área de armazenamento temporário A300 ..	91
<b>Figura 31</b> — Fluxograma de gerenciamento de resíduos do Grupo D gerados no Aeroporto de Congonhas-SP .....	92
<b>Figura 32</b> — Exemplo de contêineres de resíduos comuns.....	93
<b>Figura 33</b> — Veículo Coletor para resíduos comuns .....	93
<b>Figura 34</b> — Coletor de resíduos recicláveis .....	94
<b>Figura 35</b> — Contêinêres utilizados para resíduos recicláveis.....	94
<b>Figura 36</b> — Evolução dos valores obtidos de 2014 e 2015 das dimensões do modelo e do IGRF .....	101
<b>Figura 37</b> —Comparação dos resultados do IGRF no período analisado .....	101
<b>Figura 38</b> —Evolução dos valores obtidos dos indicadores de coleta e do ICTAT-GERAL	111

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Normas técnicas em vigor aplicadas a resíduos aeroportuários .....	23
Quadro 2- Legislação sanitária em vigor relacionada à resíduos aeroportuários .....	25
Quadro 3 - Legislação federal em vigor relacionada à resíduos em aeroportos.....	26
Quadro 4- Legislação estadual relacionada à resíduos em aeroportos .....	28
Quadro 5 - Legislação municipal relacionada à resíduos em aeroportos .....	29
Quadro 6 - Procedimentos de segregação dos resíduos aeroportuários .....	32
Quadro 7 - Procedimentos para acondicionamento de resíduos aeroportuários.....	33
Quadro 8 - Procedimentos para identificação de resíduos aeroportuários .....	34
Quadro 9 - Procedimentos para coleta e transporte de resíduos aeroportuários.....	36
Quadro 10- Procedimentos para o armazenamento temporário de resíduos aeroportuários ...	37
Quadro 11- Procedimentos para tratamento e disposição final de resíduos aeroportuários .....	39
Quadro 12 -Dissertações e teses sobre gerenciamento/gestão de resíduos sólidos em aeroportos no período de 2000 á 2019.....	41
Quadro 13- Artigos Nacionais sobre gerenciamento/gestão de resíduos sólidos em aeroportos no período de 2000 á 2019 .....	42
Quadro 14- Artigos Internacionais sobre gerenciamento/gestão de resíduos sólidos em aeroportos no período de 2000 á 2019.....	44
Quadro 15- Melhores práticas realizadas no manejo de resíduos nos aeroportos mais movimentados do mundo .....	47
Quadro 16- Melhores práticas realizadas no manejo de resíduos nos aeroportos do BRASIL .....	48
Quadro 17 - Dimensões e variáveis de entrada do modelo fuzzy para gerenciamento de resíduos em aeroportos .....	59
Quadro 18- Check-List do cumprimento da Legislação Federal em vigor relacionada á resíduos aeroportuários.....	95
Quadro 19- Check-List do cumprimento da Legislação Sanitária em vigor relacionada à resíduos aeroportuários.....	97
Quadro 20- Check-List do cumprimento da Legislação Estadual em vigor relacionada à resíduos aeroportuários.....	97
Quadro 21- Check-List do cumprimento da Legislação Municipal em vigor relacionada à resíduos aeroportuários.....	98

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1— Descrição das variáveis de entrada e de saída do ICTAT-GRUPO A.....	70
Tabela 2— Critérios de Classificação do desempenho do aeroporto estudado no gerenciamento de resíduos.....	73
Tabela 3 — Movimentação de aeronaves e de passageiros no Aeroporto de Congonhas no período de 2010 á 2018.....	77
Tabela 4— Movimentação de carga aérea e correios no Aeroporto de Congonhas no período de 2010 á 2018.....	79
Tabela 5 — Representação por grupo e tipo dos resíduos gerados no Aeroporto de Congonhas.....	83
Tabela 6— Indicador de geração de resíduos.....	84
Tabela 7 —Dados de entrada do IGRF para 2014 e 2015 .....	100
Tabela 8— Desempenho do aeroporto estudado no gerenciamento de resíduos em 2014 e 2015.....	102
Tabela 9 —Desempenho do aeroporto estudado em cada dimensão do modelo proposto no período analisado.....	104
Tabela 10— Resultados do teste de tendência de Mann-Kendall (Nível de significância de 95%).....	105
Tabela 11— Dados de entrada do ICTAT-Grupo A, ICTAT-Rejeitos e ICTAT-Recicláveis para 2014 e 2015.....	106
Tabela 12— Dados de entrada do ICTAT-Geral para 2014 e 2015.....	107
Tabela 13— Dados de entrada da dimensão separação na fonte (quando houver) e armazenagem temporária para 2014 e 2015.....	113
Tabela 14—Dados de entrada e dimensão tratamento e destinação final para o ano de 2014 e 2015.....	115

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	21
<b>2.1 Definição, Classificação e Caracterização dos resíduos sólidos</b> .....	21
<b>2.2 Legislação Aplicável a Resíduos Sólidos em Aeroportos</b> .....	23
2.2.1 Normas Técnicas.....	23
2.2.2 Legislação Federal.....	24
2.2.3 Legislação Estadual.....	27
2.2.4 Legislação Municipal.....	28
<b>2.3 Gerenciamento de resíduos sólidos em instalações aeroportuárias</b> .....	29
2.3.1 Etapas do gerenciamento de resíduos sólidos em aeroportos.....	30
2.3.2 Estudos atuais relacionados ao gerenciamento de resíduos em aeroportos.....	40
2.3.3 Melhores práticas no gerenciamento de resíduos aeroportuários.....	46
<b>2.4 Teoria dos Conjuntos Fuzzy</b> .....	50
2.4.1 Conceitos fundamentais.....	51
2.4.2 Raciocínio Aproximado e Variáveis Linguísticas.....	52
<b>2.5 Sistemas Baseados em Regras Fuzzy (SBRF)</b> .....	53
2.5.1 Módulo de Fuzzificação.....	54
2.5.2 Base de Regras.....	55
2.5.3 Inferência Fuzzy.....	55
2.5.4 Defuzzificação.....	55
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	57
<b>3.1 Natureza da Pesquisa</b> .....	57
<b>3.2 Modelo Fuzzy para Gerenciamento de Resíduos Sólidos em Aeroportos</b> .....	58
3.2.1 Seleção das Variáveis.....	58
3.2.2 Elaboração do modelo Fuzzy.....	68
3.2.2.1 Fuzzificação.....	68
3.2.2.2 Base de Regras.....	71
3.2.2.3 Inferência Fuzzy, Defuzzificação e Implementação.....	71
<b>4 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO</b> .....	74
<b>4.1 Localização e Área de Influência Indireta</b> .....	74
<b>4.2 Histórico do Empreendimento</b> .....	75
<b>4.3 Infraestrutura Atual do Aeroporto de Congonhas</b> .....	76
<b>4.4 Movimentação Operacional</b> .....	77

<b>4.5 Diagnóstico do Gerenciamento de Resíduos no Aeroporto de Congonhas.....</b>	<b>80</b>
4.5.1 Caracterização dos resíduos gerados.....	80
<b>4.6 Análise dos procedimentos operacionais adotados para o Gerenciamento de Resíduos.....</b>	<b>85</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>100</b>
<b>5.1 Análise dos Resultados do modelo fuzzy proposto.....</b>	<b>100</b>
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>118</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>120</b>
<b>APÊNDICE A- FUZZIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE ENTRADA E DE SAÍDA DO MODELO FUZZY PROPOSTO.....</b>	<b>133</b>
<b>APÊNDICE B –BASE DE REGRAS DA DIMENSÃO COLETA, TRANSPORTE E ARMAZENAGEM TEMPORÁRIA.....</b>	<b>137</b>
<b>APÊNDICE C –BASE DE REGRAS ICTAT-GERAL.....</b>	<b>139</b>
<b>APÊNDICE D –BASE DE REGRAS DIMENSÃO SEPARAÇÃO NA FONTE (QUANDO HOVER) E ARMAZENAGEM TEMPORÁRIA.....</b>	<b>140</b>
<b>APÊNDICE E –BASE DE REGRAS DIMENSÃO TRATAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL.....</b>	<b>142</b>
<b>APÊNDICE F –BASE DE REGRAS IGRF.....</b>	<b>144</b>
<b>APÊNDICE G – HISTÓRICO DO AEROPORTO DE CONGONHAS-SP.....</b>	<b>145</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, as questões ambientais estão em evidência em todo o planeta devido à importância do tema, aliada a busca pela preservação ambiental e pelo desenvolvimento sustentável.

Após a consolidação da Agenda 21, a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu em 2015 a Agenda 30 que se refere à um plano de ação para o planeta, para as pessoas e para o futuro, que é composta por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e 169 metas. Dentre os seus 17 objetivos, pode-se destacar o objetivo 12 que versa sobre os padrões de consumo e produção sustentáveis, que, por sua vez, traz no item 12.5 a redução significativa da geração dos resíduos até 2030 por intermédio da prevenção, redução, reciclagem e reuso (ONU, 2015), tema de grande importância para o planeta.

De acordo com Barros (2012) a questão da geração de resíduos sólidos (suas causas e consequências), em virtude de sua relevância, está ganhando cada vez mais espaço nos debates acerca de políticas sociais e econômicas no mundo todo. O autor acrescenta que os países mais desenvolvidos já discutem o tema há mais tempo que o Brasil, existindo um amadurecimento da situação e de outros temas como saúde, planejamento urbano e ocupação do solo, que são reconhecidos e valorizados mais facilmente pela população.

A publicação da Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010a) que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), após anos de tramitação no Congresso Nacional, fez com que o Brasil passasse a ter um instrumento normativo importante para guiar as ações a serem realizadas na gestão/gerenciamento de resíduos de diferentes origens como os resíduos domiciliares, urbanos, industriais, de serviços de saúde e de serviços de transporte, entre outras.

Um dos setores que produzem quantidade significativa de resíduos sólidos se refere ao setor de transportes, principalmente os aeroportos. Segundo Pitt, Brown e Smith (2002) estes últimos geram, em alguns casos, volumes de resíduos equivalentes a de pequenas cidades, representando um impacto ambiental considerável nas regiões em que estão situados ou localizados (PITT e SMITH, 2003). Isso ressalta a importância do gerenciamento adequado dos resíduos nas instalações aeroportuárias, pois se este último não for bem executado, pode ocasionar impactos negativos como a contaminação do solo e da água, a propagação de doenças e os altos custos para reversão dos problemas relacionados (CARRA *et al.*, 2013).

Sobre o gerenciamento de resíduos em aeroportos, Pitt e Smith (2003) destacam que isto é, principalmente, uma questão ambiental, apesar de ter impactos sociais e econômicos, sendo



que questões como ruído e emissões de aeronaves têm mais importância nos planos ambientais de aeroportos do que o manejo de resíduos sólidos.

Além de suas operações fundamentais, as instalações aeroportuárias estão adotando medidas para aperfeiçoar a gestão ambiental (Kilkis e Kilkis, 2016), buscando se desfazer do crescimento econômico advindo da pressão ambiental- um fator chave para o desenvolvimento sustentável (Cropper, 2008), incluindo nisso o gerenciamento de resíduos sólidos.

As diversas atividades que ocorrem nos aeroportos geram uma grande quantidade de resíduos, sendo que de acordo com o princípio do "poluidor-pagador", os aeroportos necessitam elaborar um sistema completo de gestão de resíduos que englobe, entre outros aspectos, a separação de resíduos na fonte e a reciclagem (DIMITRIOU e VOSKAKI, 2011).

Um sistema de gestão/gerenciamento de resíduos aeroportuários envolve geralmente a identificação das diversas fontes, instalações, equipamentos e infra-estrutura necessários para lidar com os diferentes tipos e volumes de resíduos e, finalmente, a eficiência e eficácia da coleta, armazenamento, reciclagem e disposição final dos resíduos (JÁNIC, 2011).

Baxter *et al.* (2018a) citam que um sistema eficiente e eficaz de gestão/gerenciamento de resíduos aeroportuários inclui a redução, a minimização da geração e a disposição final dos resíduos, que consiste na separação (classificação) dos resíduos nos pontos de coleta de em sólidos e líquidos, perigosos e resíduos não perigosos; redução dos volumes de resíduos gerados; aumento contínuo da reutilização, reciclagem e reprocessamento de resíduos e melhoria permanente nas práticas de gestão de resíduos.

Dimitriou e Voskaki (2011) apontam ainda algumas medidas que podem ser adotadas para o gerenciamento/gestão dos resíduos aeroportuários são: a separação na fonte e a reciclagem no sítio aeroportuário, a minimização dos resíduos gerados, a reutilização de equipamentos e materiais sempre que possível e promoção do uso de produtos que sejam renováveis e tenham o menor impacto ambiental.

Os aspectos do gerenciamento de resíduos em aeroportos citados anteriormente, somados ao crescente aumento do número de passageiros nos aeroportos brasileiros, que tem como consequência o aumento da geração de resíduos, torna importante o debate sobre o tema no país. Acrescenta-se a isso a recente discussão no Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2011), não aprovado ainda, de metas, estratégias e planos para os resíduos gerados no setor aéreo e a redução da quantidade de resíduos produzidos nos aeroportos, reduzindo assim os custos de disposição final e o impacto ambiental (Pitt, Brown e Smith, 2002).

No Brasil, o gerenciamento de resíduos aeroportuários é regulamentado por normas técnicas, leis e decretos federais, leis estaduais e municipais, resoluções do Conselho Nacional

do Meio Ambiente-CONAMA e da Agência Nacional de Vigilância Sanitária-ANVISA, entre outras normas. Pode-se destacar os seguintes instrumentos legais:

- ❖ Lei Federal nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010a) que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos;

- ❖ Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 56/2008 da ANVISA (2008) que aborda o Regulamento Técnico de Boas Práticas Sanitárias no Gerenciamento de Resíduos Sólidos nas áreas de Portos, Aeroportos, Passagens de Fronteiras e Recintos Alfandegados;

- ❖ Resolução 05/93 do CONAMA (1993) que trata do gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários;

- ❖ Manual de Procedimentos Operacionais da Vigilância Agropecuária Internacional, anexo da Instrução Normativa 36/2006, que estabelece a obrigatoriedade de tratamento em zona primária (interior do aeroporto) dos resíduos orgânicos a bordo de aeronaves no trânsito internacional (BRASIL, 2006a).

Embora haja um conjunto de normas e diretrizes mínimas para o gerenciamento de resíduos em aeroportos, são escassos os estudos sobre o assunto. Schneider (2004) destacou, na época, que se carecia de trabalhos técnicos e científicos que apresentam métodos e resultados que agrupam informações relacionadas ao gerenciamento de resíduos sólidos em aeroportos.

Esse fato é corroborado anos depois por Carra *et al.* (2013), que cita o pouco destaque do tema em comparação a outros temas, encontrando-se poucos autores que tratam do assunto tanto no Brasil quanto no exterior e também por Silva *et al.* (2015). Segundo estes últimos autores, em um levantamento acerca da produção científica nacional sobre resíduos sólidos nos últimos 20 anos, o assunto resíduos sólidos em aeroportos teve como frequência apenas 0,43% do total de artigos nacionais publicados no período de 2011 à 2013.

Apesar da pouca discussão do tema, identificou-se alguns estudos relevantes, sob o ponto de vista acadêmico e científico, a quantidade de citações e o ano, que abordaram o gerenciamento de resíduos em aeroportos como os estudos nacionais de Carra *et al.* (2013), Kunz *et al.* (2015) e os internacionais de Pitt e Smith (2003) e Baxter *et al.* (2018a).

Os estudos nacionais discutem aspectos como a avaliação do gerenciamento de resíduos em um aeroporto internacional e elaboração de indicadores (Carra *et al.*, 2013), investigação da geração de resíduos sólidos em um aeroporto da região Sul (Kunz *et al.*, 2015), entre outros itens.

Já os estudos internacionais trazem a avaliação do aperfeiçoamento do gerenciamento de resíduos em aeroportos do Reino Unido (Pitt e Smith, 2003) e a análise das estratégias e dos

sistemas de gerenciamento/gestão de resíduos adotados em um aeroporto da Dinamarca (Baxter *et al.*, 2018).

Os principais estudos encontrados acerca do gerenciamento de resíduos sólidos em aeroportos, citados anteriormente, possuem algumas lacunas que podem ser exploradas, como: dificuldade de se elaborar indicadores e em se obter um desempenho global do aeroporto; necessidade de informações e dados para fornecer diretrizes para os Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) dos aeroportos, avaliação do impacto ambiental da geração de resíduos aeroportuários, necessidade de uma abordagem mais coordenada de estratégia ambiental para aeroportos e uma abrangente gestão de resíduos; mapeamento da cadeia de geração e disposição dos resíduos e identificar como isso mudou ao longo do tempo e distinção do lado ar, onde ficam as pistas de pouso e decolagem, e do lado terra do aeroporto, local de uso público em que fica o terminal de passageiros, para análise de tendências.

Em função das lacunas encontradas sobre o assunto nos estudos levantados, dos poucos estudos na literatura, da falta de dados que tratam do gerenciamento de resíduos em aeroportos e considerando a importância do tema relacionada aos impactos ambientais causados, tem-se como problemática deste estudo:

“Como medir o desempenho global de um aeroporto no gerenciamento de resíduos sólidos por intermédio da construção de indicadores e considerando aspectos como geração, reciclagem de resíduos, entre outros?”

Uma das alternativas que podem ser utilizadas para se obter um desempenho global no gerenciamento de resíduos sólidos em um aeroporto, se refere ao uso da lógica fuzzy. Esta foi introduzida por Zadeh (1965) a partir da Teoria dos Conjuntos Fuzzy com o propósito de tratar matematicamente problemas que necessitam ser descritos a partir de determinados termos linguísticos como “aproximadamente”, “em torno de” etc. (BARROS e BASSANEZI, 2010).

Na avaliação de aspectos ambientais como, por exemplo, a qualidade da água e do ar, a elaboração de índices se faz necessária, pois permite a obtenção de um desempenho de determinado empreendimento ou situação, norteando assim a tomada de decisão dos gestores e auxiliando na execução de ações que visem melhorias ou adequações.

Os estudos de Silvert (2000) sobre condições ambientais, Roveda *et al.* (2010) sobre qualidade ambiental na gestão ambiental municipal e Oliveira *et al.* (2014) sobre o desenvolvimento de uma nova abordagem para o Índice de Qualidade de Água Bruta, entre outros, concluem que a lógica fuzzy pode ser uma excelente aliada na avaliação de desempenho ou em um diagnóstico situacional, pois sua natureza subjetiva e a incorporação de variáveis

linguísticas possibilitam a construção de um instrumento que mensure aspectos avaliados a partir de condições subjetivas.

Especificamente sobre gerenciamento/gestão de resíduos, são poucos os estudos na literatura que consideram a modelagem fuzzy. Porém, é possível destacar o trabalho de Fagundes (2015) e o de Li e Huang (2011).

Fagundes (2015) desenvolveu um modelo para avaliação de desempenho ambiental do gerenciamento de resíduos industriais, baseando-se em lógica fuzzy para auxiliar a tomada de decisão. O autor obteve como resultado um Índice de Desempenho Ambiental, composto de 26 indicadores e 23 índices, construídos a partir da metodologia *top-down soft decision tree*, que foi aplicado em uma indústria.

Li e Huang (2011) desenvolveram um método inexato de programação probabilística fuzzy voltado para a estratégia de gestão de resíduos sólidos municipais, lidando com informações incertas. Este método permitiu o apoio à avaliação de risco de violação das restrições associadas com características aleatórias e difusas, sendo que foi aplicado a um estudo de caso na cidade de Changchun na China.

Diante do que foi apresentado, o objetivo deste estudo é desenvolver um Índice de Gerenciamento de Resíduos para apoiar as questões relacionadas ao gerenciamento de resíduos em aeroportos, tendo como estudo de caso o Aeroporto de Congonhas (SP). Além disso, busca-se por intermédio da modelagem fuzzy avaliar o desempenho do aeroporto estudado no gerenciamento de resíduos.

Para atingir o objetivo do trabalho, busca-se especificamente:

- ❖ Levantamento de bibliografia sobre o gerenciamento de resíduos em aeroportos;
- ❖ Organização e tratamento das principais informações obtidas que servirão de base para construção do Índice de Gerenciamento de Resíduos Fuzzy (IGRF);
- ❖ Elaboração do sistema baseado em regras fuzzy a partir das informações e dados coletados;
- ❖ Realização de um estudo de caso a partir dos dados do Aeroporto Internacional de Congonhas, no estado de São Paulo;
- ❖ Análise e comparação dos resultados gerados.

É preciso destacar que o interesse pelo tema se iniciou com a realização, por parte do autor, de Iniciação Científica na graduação em Logística Aeroportuária, cujo assunto central envolvia a questão dos resíduos sólidos nos aeroportos do estado de São Paulo. Isso serviu como pontapé inicial para essa pesquisa, que incorporou a modelagem matemática nas questões

do gerenciamento de resíduos, possibilitando avançar nos estudos sobre tema e permitindo avaliar os aeroportos.

Busca-se com este estudo contribuir para o assunto no que tange a discussão de uma nova metodologia de avaliação do gerenciamento de resíduos sólidos em aeroportos, preenchendo uma das principais lacunas que é a obtenção de um desempenho global de um aeroporto e fornecendo subsídios para os tomadores de decisão na melhoria do manejo de resíduos em instalações aeroportuárias.

Visa também ressaltar a importância de se atingir operações mais sustentáveis, em conformidade com a Agenda 2030, mitigando os impactos ambientais advindos do inadequado gerenciamento de resíduos sólidos e incentivando a adoção da reciclagem e da compostagem para minimizar a geração de resíduos e destiná-los corretamente.

Por fim, a estrutura deste estudo é composta de cinco capítulos a saber: fundamentação teórica, metodologia, caracterização do objeto de estudo, resultados preliminares e discussão e considerações finais.

O primeiro capítulo apresenta uma revisão bibliográfica dos principais aspectos gerais sobre resíduos sólidos, como definição e classificação dos resíduos, e também assuntos específicos de resíduos aeroportuários, legislação aplicável e estudos que abordam o gerenciamento de resíduos em aeroportos. Apresenta-se ainda uma contextualização do que é a lógica fuzzy e também a descrição da ferramenta utilizada para obtenção dos resultados deste trabalho, ou seja, caracterização de um sistema baseado em regras fuzzy e suas etapas.

O segundo capítulo traz a metodologia adotada, descrevendo como foi realizada a seleção das variáveis e também detalhadamente as etapas do sistema baseado em regras fuzzy, como, por exemplo, dimensões do modelo proposto, métodos adotados, entre outros aspectos. Já o terceiro capítulo traz a caracterização do objeto de estudo (localização, características, etc.), no caso o Aeroporto Internacional de Congonhas localizado no estado de São Paulo e principal empreendimento aeroportuário sob a gestão da INFRAERO.

Já o quarto capítulo, apresenta os resultados obtidos do estudo por intermédio da aplicação do modelo proposto aos dados do Aeroporto Internacional de Congonhas e a análise envolvida, visto que é necessário discutir o desempenho do empreendimento em relação ao gerenciamento de resíduos, sugerindo melhorias e apontando os pontos que merecem destaque.

O quinto capítulo finaliza este estudo trazendo uma breve descrição do que foi realizado, destacando os itens mais relevantes dos resultados obtidos e direciona quais são as perspectivas para futuros estudos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Definição, Classificação e Caracterização dos resíduos sólidos

Existem diferentes definições para o termo resíduos sólidos (RS), buscando para este estudo definir especificamente os resíduos que são gerados em instalações aeroportuárias, denominados resíduos aeroportuários.

Os resíduos aeroportuários se referem a todo material, substância, objeto ou bem descartado que se encontra em estado sólido ou semi-sólido, incluindo também os gases em recipientes e líquidos (BRASIL, 2010a), que tem como origem atividades industriais, hospitalares, comerciais, de serviços e de varrição (ABNT, 2004a) realizadas no interior do sítio aeroportuário ou a bordo de aeronaves que tem como destino o aeroporto (OACI, 1996).

É possível classificar os resíduos, de maneira geral, em relação a sua periculosidade, a sua procedência ou em função de normas específicas. Apresenta-se a seguir, as categorizações existentes para os resíduos de modo geral e também para os que são gerados em aeroportos.

A ABNT (2004a) categoriza os resíduos em função de sua periculosidade em:

- Classe I-Perigosos: Resíduos que trazem em sua composição características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade;
- Classe II A- Não perigosos e Não Inertes: Inclui os resíduos que não estão na classe I e nem na Classe II B, apresentando propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
- Classe II B- Não perigosos e Inertes: em linhas gerais, são resíduos não perigosos que não apresentam constituintes solúveis em água.

Em relação a sua procedência, os resíduos sólidos podem ser classificados segundo o artigo 13 da PNRS (BRASIL, 2010a) em resíduos domiciliares, de limpeza urbana, urbanos (composto pelos dois últimos), de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, industriais, de serviços de saúde, da construção civil, agrossilvopastoris, de serviços de transportes e resíduos de mineração.

De forma geral, pode ocorrer a presença no sítio aeroportuário de materiais, substâncias ou objetos que sejam perigosos ou não, existindo a possibilidade de adotar a classificação ABNT. Pode-se utilizar também a denominação presente na PNRS, ou seja, os resíduos aeroportuários podem ser inclusos na categoria dos resíduos dos serviços de transporte (RST).

Especificamente, a ANVISA (2008) classifica os resíduos aeroportuários levando em conta as ameaças à saúde da população e ao meio ambiente em:

❖ GRUPO A: Resíduos que contenham ameaça potencial à saúde da população e ao meio ambiente em virtude da existência de agentes biológicos. Sangue, hemoderivados, peças anatômicas, objetos perfurantes ou cortantes são exemplos de resíduos desse grupo. São gerados a bordo de aeronaves, em ambulatórios, em terminais de passageiros, entre outros locais.

❖ GRUPO B: São os resíduos perigosos, considerando as suas características químicas. Exemplos: medicamentos farmacêuticos, os produtos corrosivos, tóxicos e inflamáveis, entre outros. Têm como locais de geração áreas industriais, áreas de manutenção, locais de manobras, etc.

❖ GRUPO C: Engloba os Rejeitos Radioativos, que são gerados em laboratórios de análises clínicas, de medicina nuclear e de radioterapia;

❖ GRUPO D: São os resíduos que não se encaixam nos outros três grupos, denominados resíduos comuns, como, por exemplo, resíduos recicláveis. Têm como locais de geração terminais de passageiros, escritórios de administração localizados no aeroporto, a bordo de aeronaves, entre outros.

❖ GRUPO E: Inclui os materiais perfurocortantes ou escarificantes (lâminas de barbear, agulhas, etc.).

Os resíduos do Grupo A podem incluir *Lavatory Waste* (resíduos de lavatório), que são gerados quando acontece o esvaziamento do tanque de um banheiro de uma aeronave por intermédio de uma mangueira, sendo que estes são bombeados para um veículo de serviço de lavatório (Federal Aviation Administration, 2013).

Já os resíduos do Grupo B englobam também os *Spill cleanup and remediation wastes* (resíduos de limpeza e remediação de derramamentos), gerados durante a limpeza de derramamentos e / ou a remediação de contaminação de muitos tipos de locais em um aeroporto (Federal Aviation Administration, 2013).

Os resíduos do grupo D podem englobar *Municipal Solid Waste* (resíduos sólidos municipais), *Construction and Demolition Waste* (resíduos de construção e demolição), *Green Waste* (resíduos verdes), *Food Waste* (resíduos de refeições) e *Deplaned Waste*, que são os resíduos de desembarque como jornais, garrafas, etc. (Federal Aviation Administration, 2013).

Para este trabalho, será adotada a classificação de resíduos da ANVISA (2008) por ser comumente aplicada aos aeroportos do Brasil, além de ser a norma mais atual, não invalidando as outras categorizações apresentadas, pois estas contribuem para visualizar distintas maneiras de se caracterizar os resíduos gerados em instalações aeroportuárias.

## 2.2 Legislação Aplicável a Resíduos Sólidos em Aeroportos

No Brasil, o gerenciamento de resíduos aeroportuários está fundamentado por uma série de instrumentos normativos e regulatórios, que vão desde normas técnicas até leis e decretos (federais, estaduais e municipais), que auxiliam os administradores/ responsáveis na condução das operações relacionadas a resíduos sólidos.

### 2.2.1 Normas Técnicas

As normas técnicas que tratam de questões associadas a aeroportos, direta ou indiretamente, são/foram elaboradas pela ABNT, apresentando-as no Quadro 1 com a norma, descrição e status (em vigor ou não) de cada uma.

Quadro 1- Normas técnicas em vigor aplicadas a resíduos aeroportuários

<b>NORMA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
<b>ABNT NBR – 11.174/1990<sup>1</sup></b>	Armazenamento de Resíduos Classes II – Não Inertes e III – Inertes.
<b>ABNT NBR – 12.235/1992<sup>2</sup></b>	Trata do armazenamento de resíduos sólidos perigosos.
<b>ABNT NBR – 8.843/1996<sup>3</sup></b>	Versa sobre o gerenciamento de resíduos em aeroportos.
<b>ABNT NBR – 10.004/2004<sup>4</sup></b>	Refere-se a classificação de resíduos sólidos.
<b>ABNT NBR– 15.112/2004<sup>5</sup></b>	Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação
<b>ABNT NBR– 9.191/2008<sup>6</sup></b>	Trata dos sacos plásticos para acondicionamento dos resíduos, especificamente dos requisitos e métodos de ensaio.
<b>ABNT NBR –7.500/2013<sup>7</sup></b>	Identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos.
<b>ABNT NBR–17505-1/2013<sup>8</sup></b>	Versa sobre o armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis, propondo disposições gerais.
<b>ABNT NBR–7503/2015<sup>9</sup></b>	Trata do transporte terrestre de produtos perigosos.
<b>ABNT NBR–17505-5/2015<sup>10</sup></b>	Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis. Parte 5: Operações

Fonte: ABNT (1990)<sup>1</sup>, ABNT (1992)<sup>2</sup>, ABNT (1996)<sup>3</sup>, ABNT (2004a)<sup>4</sup>, ABNT(2004b)<sup>5</sup>, ABNT (2008)<sup>6</sup>, ABNT(2013a)<sup>7</sup>, ABNT (2013b)<sup>8</sup>, ABNT (2015a)<sup>9</sup>, ABNT(2015b)<sup>10</sup>.

Observa-se nas normas técnicas apresentadas, a predominância da preocupação com os produtos perigosos, além de serem abordados outros temas como resíduos da construção civil, transporte, armazenamento e acondicionamento de resíduos.

Destaca-se do Quadro 1, a norma 8.843/96 (ABNT, 1996) que versa especificamente sobre o gerenciamento de resíduos aeroportuários, trazendo informações importantes como



classificação de resíduos, acondicionamento, coleta e transporte, tratamento e disposição final, com enfoque na preservação da saúde da população e do meio ambiente.

Outro item a ser enfatizado refere-se ao manuseio de resíduos perigosos em instalações aeroportuárias, cujos cuidados envolve análise prévia de propriedades físicas e químicas para armazenamento, adoção de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), controle da poluição, planos de emergência em casos de acidentes, particularidades para o transporte de cada tipo de resíduo químico (ABNT 1992, 2015a, 2015b).

Já em relação aos resíduos da construção civil, que representam um volume significativo principalmente nas operações de construção e reformas em aeroportos, existem ações que devem ser realizadas como a implantação de um sistema de proteção ambiental (controle de poeira, dispositivos de contenção de ruído, etc.), controle de recebimento dos resíduos, adoção de equipamentos de segurança, entre outras (ABNT, 2004b).

Em vista de identificação dos resíduos, a ABNT (2008) determina que os sacos plásticos utilizados para resíduos infecciosos (equivalente ao GRUPO A) devem estar na cor branca leitosa e os resíduos domiciliares (equivalente ao GRUPO D) qualquer cor, excetuando-se a branca e aplicando-se tudo isso aos aeroportos para separação e acondicionamento adequado dos resíduos.

### 2.2.2 Legislação Federal

A legislação federal relacionada a resíduos aeroportuários envolve legislação sanitária, portarias, resoluções, leis e decretos publicados e editados pela esfera federal, apresentando esses itens a seguir.

A legislação sanitária relacionada a aeroportos é elaborada pela ANVISA, autarquia sob regime especial, cuja função institucional é viabilizar a proteção da saúde populacional, utilizando o controle sanitário da produção e do consumo de produtos e serviços sujeito à vigilância sanitária, englobando ambientes, processos, insumos e tecnologias envolvidos (BRASIL, 1999).

No Quadro 2 estão expostas as principais resoluções da ANVISA que versam sobre resíduos em aeroportos, com o nome, descrição e status de cada uma, ressaltando que estas foram colocadas em ordem cronológica.

Quadro 2- Legislação sanitária em vigor relacionada à resíduos aeroportuários

NORMA	DESCRIÇÃO
<b>LEI Nº 6.437/1977<sup>1</sup></b>	Configura infrações à legislação sanitária federal, estabelece as sanções respectivas, e dá outras providências
<b>RESOLUÇÃO-RDC ANVISA Nº 342/2002<sup>2</sup></b>	Institui e aprova o Termo de Referência para elaboração dos Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos a serem apresentados a ANVISA, e dá outras providências.
<b>RESOLUÇÃO-RDC ANVISA Nº 345/2002<sup>3</sup></b>	Trata do regulamento técnico para autorizar o funcionamento de empresas interessadas em prestar serviços de interesse da saúde pública em aeroportos e em outras instalações de transporte.
<b>RESOLUÇÃO-RDC ANVISA Nº 2/2003<sup>4*</sup></b>	Aborda o Regulamento Técnico para fiscalização e controle sanitário em aeroportos e aeronaves
<b>RESOLUÇÃO-RDC ANVISA Nº 56/2008<sup>5</sup></b>	Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas Sanitárias no Gerenciamento de Resíduos Sólidos nas áreas de Portos, Aeroportos, Passagens de Fronteiras e Recintos Alfandegados

Fonte: BRASIL (1977)<sup>1</sup>; ANVISA (2002a)<sup>2</sup>; ANVISA (2002b)<sup>3</sup>; ANVISA (2003)<sup>4</sup>; ANVISA (2008)<sup>5</sup>.

\* Em vigor com revogações de alguns artigos (22 e 23 por exemplo).

Apesar de não ser uma determinação legal da ANVISA, que só foi criada anos depois, a Lei nº 6437/77 (BRASIL, 1977) atribuía aos administradores e concessionários das instalações aeroportuárias o cumprimento da legislação sanitária existente, para que não sofressem penalidades.

Tratando especificamente das operações que envolvam resíduos sólidos, a Resolução – RDC ANVISA nº 2/2003 (ANVISA, 2003) apresenta alguns procedimentos como permitir o ingresso de passageiros em aeronaves somente após a retirada de todos os resíduos sólidos, apresentar os EPIs utilizados para procedimentos de limpeza e desinfecção de depósitos de resíduos sólidos, instruções para edificações e instalações físicas dos estabelecimentos na área alimentícia, entre outros.

Há a necessidade por parte de cada aeroporto ter um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), cujo objetivo é regulamentar os métodos operacionais de manejo de resíduos sólidos, além de conter a identificação do gestor, a caracterização da instalação aeroportuária, a legislação envolvida, o diagnóstico situacional e as diretrizes desse plano (ANVISA, 2002a, ANVISA, 2003). Esse plano deve ser submetido aos órgãos ambientais e de saúde competentes (ANVISA, por exemplo) para aprovação e é documento integrante do licenciamento ambiental dos aeroportos, sendo que a ANVISA estabeleceu um termo de referência para elaboração dos mesmos (ANVISA, 2002a).

Já em relação as boas práticas sanitárias no gerenciamento de resíduos, a RDC 56/2008 (ANVISA, 2008) apresenta a classificação de resíduos, obrigações e responsabilidade técnica, ações a serem realizadas na segregação, acondicionamento, identificação, coleta e transporte,

armazenamento temporário, tratamento e disposição final, etc. Essa resolução é o principal instrumento que guia os gestores/administradores responsáveis pelas operações com resíduos sólidos em aeroportos, devido a isso merece destaque neste estudo, apresentando-a em detalhes com a descrição dos procedimentos para cada grupo de resíduos na seção 2.3.

Apesar da legislação sanitária englobar leis relativamente antigas, nota-se que estas são atualmente aplicadas ao manejo de resíduos em aeroportos, essencialmente no que tange a fiscalização desses empreendimentos e a atualização dos PGRSs

No Quadro 3 apresenta-se as principais normas federais sobre resíduos em aeroportos, excetuando-se a legislação sanitária, contendo o nome, a descrição e status de cada instrumento legal.

Quadro 3 - Legislação federal em vigor relacionada à resíduos em aeroportos

<b>NORMA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
<b>LEI Nº 6.938/1981<sup>1</sup></b>	Aborda a Política Nacional de Meio Ambiente.
<b>RESOLUÇÃO CONAMA Nº 002/1991<sup>2</sup></b>	Dispõe sobre o tratamento a ser dado às cargas deterioradas, contaminadas ou fora de especificações
<b>RESOLUÇÃO CONAMA Nº 006/1991<sup>3</sup></b>	Dispõe sobre o tratamento de resíduos sólidos provenientes de estabelecimentos de saúde, portos e aeroportos.
<b>RESOLUÇÃO CONAMA Nº 005/1993<sup>4</sup></b>	Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários.
<b>RESOLUÇÃO CONAMA Nº 275/2001<sup>5</sup></b>	Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva
<b>RESOLUÇÃO CONAMA Nº 358/2005<sup>6</sup></b>	Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências.
<b>DECRETO Nº 5.940/2006<sup>7</sup></b>	Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências.
<b>LEI Nº 12.305/2010<sup>8</sup></b>	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.
<b>DECRETO Nº 7.404/2010<sup>9</sup></b>	Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências.
<b>RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307/2002<sup>10</sup></b>	Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.
<b>RESOLUÇÃO CONAMA Nº 348/2004<sup>11</sup></b>	Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos.
<b>RESOLUÇÃO CONAMA Nº 431/2011<sup>12</sup></b>	Altera o art. 3º da Resolução no 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso.

Fonte: BRASIL (1981)<sup>1</sup>, CONAMA (1991a)<sup>2</sup>, CONAMA (1991b)<sup>3</sup>, CONAMA(1993)<sup>4</sup>, CONAMA (2001)<sup>5</sup>, CONAMA (2005a)<sup>6</sup> BRASIL (2006)<sup>7</sup>, BRASIL (2010a)<sup>8</sup>, BRASIL(2010b)<sup>9</sup>, CONAMA(2002)<sup>10</sup>, CONAMA (2004)<sup>11</sup> e CONAMA (2011)<sup>12</sup>

A partir das outras normas que compõe a legislação federal acerca do gerenciamento de resíduos aeroportuários, pode-se realizar algumas considerações.

Primeiramente, destaca-se a Lei nº12.305/2010 (BRASIL, 2010a), também denominada Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que é considerado o mais importante instrumento regulatório acerca do tema resíduos sólidos no país, que trouxe aspectos inovadores com base em legislações mais avançadas ao redor do mundo.

Relacionando a PNRS com resíduos em aeroportos, o artigo 9 estabelece a seguinte ordem de prioridades para o gerenciamento: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Além disso as instalações aeroportuárias devem elaborar um plano de gerenciamento de resíduos (artigo 20), e instituir a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos (artigo 30).

Acerca do manejo de resíduos, com base nas normas em âmbito federal, existem procedimentos gerais a serem realizados para o tratamento de cargas deterioradas como o armazenamento e a comunicação do órgão ambiental competente (CONAMA, 1991a); especificações gerais no acondicionamento, transporte, tratamento e disposição cada grupo de resíduo do A ao D (CONAMA, 1993); instituição da separação de resíduos recicláveis e destinação final para as cooperativas (BRASIL, 2006b), o que é uma solução ambientalmente adequada.

Acrescenta-se que para alguns produtos que são encontrados em aeroportos, existem legislações específicas a saber: para óleo lubrificante (BRASIL, 2007), para pneus inservíveis (CONAMA, 2009), para óleo lubrificante usado ou contaminado (CONAMA, 2005b) e para pilhas e baterias (CONAMA, 2008).

### 2.2.3 Legislação Estadual

Em âmbito estadual, o governo de São Paulo, estado no qual o aeroporto deste estudo está localizado, em parceria com a Secretaria de Meio Ambiente, estabelece normas (leis, decretos e resoluções) para o gerenciamento correto dos resíduos aeroportuários, conforme exposto a seguir no Quadro 4.

Quadro 4- Legislação estadual relacionada à resíduos em aeroportos

NORMA	DESCRIÇÃO
<b>LEI Nº 6.134/1988<sup>1</sup></b>	Dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo, e dá outras providências.
<b>LEI Nº 10.083/1998<sup>2</sup></b>	Dispõe sobre o Código Sanitário do Estado.
<b>LEI Nº 10.888/2001<sup>3</sup></b>	Dispõe sobre o descarte final de produtos potencialmente perigosos do resíduo urbano que contenham metais pesados e dá outras providências.
<b>LEI Nº 12.300/2006<sup>4</sup></b>	Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes.
<b>RESOLUÇÃO SMA-024/2010<sup>5</sup></b>	Estabelece a relação de produtos geradores de resíduos de significativo impacto ambiental.
<b>DECRETO Nº 57.817/2012<sup>6</sup></b>	Institui, sob coordenação da Secretaria do Meio Ambiente, o Programa estadual de implementação de projetos de resíduos sólidos e dá providências correlatas

Fonte: SÃO PAULO (1988)<sup>1</sup>, SÃO PAULO (1998)<sup>2</sup>, SÃO PAULO (2001)<sup>3</sup>, SÃO PAULO (2006)<sup>4</sup>, SÃO PAULO (2010)<sup>5</sup>, SÃO PAULO (2012)<sup>6</sup>.

De acordo com as normas estaduais, interligando com resíduos sólidos em aeroportos, tem-se a sujeição a fiscalização por parte da autoridade sanitária competente, obediência as normas técnicas que versam sobre as condições sanitárias de resíduos perigosos como o acondicionamento, transporte e formas de disposição final, entre outros (SÃO PAULO, 1998); a responsabilidade de importadores e distribuidores pelo recolhimento, descontaminação e destinação final de pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes e frascos de aerossóis (SÃO PAULO, 2001).

Em consonância com a Política Estadual de Resíduos Sólido, destaca-se ainda o desenvolvimento de um PGRS como parte integrante do processo de licenciamento das atividades aeroportuárias, apresentação anual de declaração formal contendo dados sobre resíduos (quantidade gerada, armazenada, transportada e destinadas), proibição de destinação e utilização de resíduos sólidos como a queima a céu aberto, deposição inadequada em solo (SÃO PAULO, 2006); apoio à reciclagem, coleta seletiva e aperfeiçoamento da destinação final de resíduos sólidos (SÃO PAULO, 2012); entre outros aspectos.

#### 2.2.4 Legislação Municipal

Apresenta-se no Quadro 5 a legislação do município de São Paulo (onde está o objeto de estudo de caso desta Dissertação de Mestrado) referente a resíduos sólidos de maneira geral,

mas que de certa forma se aplica ao aeroporto estudado por este ser localizado dentro do perímetro municipal, estando sujeito às normas vigentes.

Quadro 5 - Legislação municipal relacionada à resíduos em aeroportos

<b>NORMA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
<b>LEI N° 12.563/1998<sup>1</sup></b>	Dispõe sobre a forma de acondicionamento de ferro-velho, sucatas e materiais reutilizáveis e/ou recicláveis nos locais que especifica, e dá outras providências.
<b>LEI N° 12.653/1998<sup>2</sup></b>	Fixa normas para o descarte como lixo, de lâmpadas fluorescentes, e dá outras providências.
<b>DECRETO N° 37.952/1999<sup>3</sup></b>	Regulamenta a coleta, o transporte e a destinação final de entulho, terras e sobras de materiais de construção.
<b>LEI N° 13.478/2002<sup>4</sup></b>	Dispõe sobre a organização do Sistema de Limpeza Urbana do Município de São Paulo.
<b>LEI N° 14.698/2008<sup>5</sup></b>	Dispõe sobre a proibição de destinar óleo comestível servido no meio ambiente.
<b>DECRETO MUNICIPAL N° 50.446/ 2009<sup>6</sup></b>	Regulamenta o transporte de produtos perigosos por veículos de carga nas vias públicas do Município de São Paulo, nos termos da legislação específica.
<b>DECRETO N° 52.647/2011<sup>7</sup></b>	Regulamenta a Lei n° 14.802, de 26 de junho de 2008, que dispõe sobre a proteção ao meio ambiente por meio do controle da destinação de óleos lubrificantes servidos, no âmbito do município de São Paulo.

Fonte: SÃO PAULO (1998b)<sup>1</sup>, SÃO PAULO (1998c)<sup>2</sup>, SÃO PAULO (1999)<sup>3</sup>, SÃO PAULO (2002)<sup>4</sup>, SÃO PAULO (2008)<sup>5</sup>, SÃO PAULO (2009)<sup>6</sup>, SÃO PAULO (2011)<sup>7</sup>.

Identifica-se nas normas apresentadas, a preocupação com o descarte das lâmpadas fluorescentes (SÃO PAULO, 1998c); normas gerais para destinação de restos da construção civil (SÃO PAULO, 1999); a proibição da disposição inadequada de óleo oriundo da preparação de refeições (SÃO PAULO, 2008); responsabilidade compartilhada no manejo do óleo lubrificante para impedir que se contamine o meio ambiente, além de permitir a reciclagem desse produto (SÃO PAULO, 2011), entre outros aspectos.

Acrescenta-se que o aeroporto estudado por utilizar os serviços municipais de coleta de resíduos domiciliares (equivalente ao Grupo D), está enquadrado em disposições que tratem da limpeza urbana, como o caso da Lei n° 13.478/2002 (SÃO PAULO, 2002).

### 2.3 Gerenciamento de resíduos sólidos em instalações aeroportuárias

O termo gerenciamento de resíduos sólidos, muitas vezes, é empregado ou utilizado como sinônimo de gestão de resíduos, o que à primeira vista parece adequado, mas há diferenças significativas no que cada um engloba.

Segundo Barros (2012), na língua inglesa há a utilização do termo *management* tanto para gestão quanto para gerenciamento de resíduos sem diferenciação, incluindo todos os pontos dessa questão, enquanto nas línguas neolatinas há distinção no conteúdo e no alcance de ambos termos. Nos estudos internacionais sobre gerenciamento de resíduos aeroportuários observa-se que, em sua maioria, o termo “management “está mais relacionado a gestão dos resíduos (parte estratégica), mas sem desconsiderar o que envolve o gerenciamento (parte operacional).

O gerenciamento de resíduos trata de uma sequência de processos e operações aplicados ao manejo de determinado tipo de resíduo (Araújo e Juras, 2011), englobando práticas executadas, diretamente ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final, em conformidade, no caso dos aeroportos, com um plano de gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010a). Complementa-se que o gerenciamento de resíduos deve ser realizado em consonância com princípios de saúde da população, de conservação e proteção ao meio ambiente. (TCHOBANOGLIOUS et al., 2002).

Já a gestão de resíduos envolve o delineamento e a organização das etapas do gerenciamento, trabalhando com os distintos tipos de resíduos sólidos ao mesmo tempo (Araújo e Juras, 2011) e também um conjunto de práticas orientadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, considerando as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e ante o princípio do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010a).

Desse modo, com as explicações apresentadas, entende-se que o gerenciamento trata de questões operacionais ligadas as etapas de resíduos sólidos, enquanto a gestão lida com questões de origem estratégica, principalmente na busca por soluções para o resíduos. Com isso, reforça-se que este estudo tem como foco as práticas adotadas nas etapas de gerenciamento de resíduos aeroportuários, mas sem desconsiderar aspectos relacionados á gestão.

### 2.3.1 Etapas do gerenciamento de resíduos sólidos em aeroportos

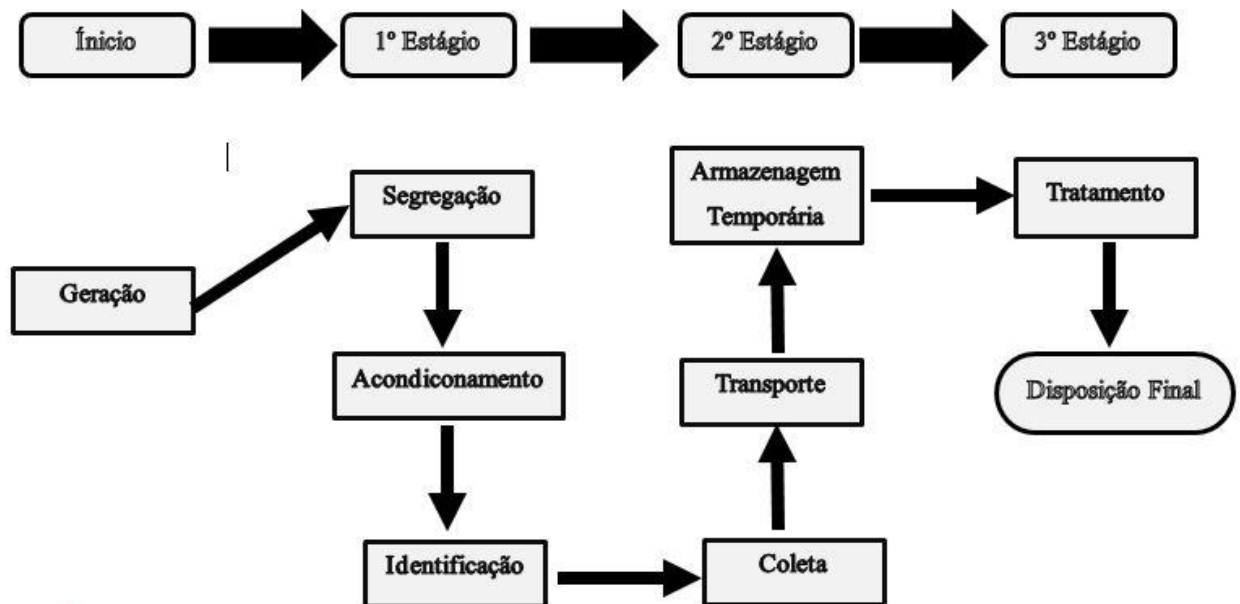
No gerenciamento de resíduos em instalações aeroportuárias, segundo ANVISA (2008) deve-se observar algumas disposições, como, por exemplo, levar em conta bases científicas, técnicas e normativas nos procedimentos delineados e executados, com o intuito de minimizar riscos na geração e possibilitar o encaminhamento seguro de resíduos, protegendo os trabalhadores e preservando o meio ambiente, a saúde pública e os recursos naturais.

Além disso, toda unidade geradora deve se atentar aos procedimentos sanitários adequados no manejo de resíduos sólidos (ANVISA, 2008), para definir procedimentos como

a identificação dos locais geradores de resíduos, as condições de operações, os aspectos qualitativos e quantitativos e a classificação adotada. Agrega-se a isso, as fases de planificação de recursos físicos, materiais e qualificação de recursos humanos englobados.

Considerando as disposições citadas anteriormente, tem-se as seguintes etapas de manejo de resíduos gerados em instalações aeroportuárias: segregação, acondicionamento, identificação, coleta e transporte, armazenagem temporária, tratamento e disposição final, como mostra a Figura 1.

**Figura 1**— Fluxo das etapas do gerenciamento de resíduos aeroportuários



Fonte: Elaborado com base em ANVISA (2008)

A segregação de resíduos envolve a separação dos resíduos em seus locais de geração, na área de armazenagem temporária ou em uma central de resíduos sólidos em consonância com aspectos físicos, químicos, biológicos e riscos inclusos (ANVISA, 2008). Para aeroportos, adota-se os procedimentos presentes no Quadro 6 para a segregação dos resíduos, considerando cada grupo de resíduos aeroportuários, definido na seção 2.1, e o objetivo a ser atingido.



Quadro 6 - Procedimentos de segregação dos resíduos aeroportuários

GRUPO	DESCRIÇÃO RESUMIDA	PROCEDIMENTOS	OBJETIVO (S)
A	Risco biológico	Devem ser separados dos demais grupos de resíduos.	Garantia da proteção da saúde e do meio ambiente.
B	Risco químico	Devem ser separados em função de suas características.	Garantia da proteção da saúde e do meio ambiente; Minimização do volume de resíduos a serem tratados e dispostos.
D	Resíduos Comuns	Devem ser segregados em conformidade acordo com suas características.	Facilitar a Reciclagem, Reutilização, Redução e Disposição Final; Garantia da proteção da saúde e do meio ambiente
E	PerfuroCortantes	Descarte separado após utilização ou situação que indique a necessidade de descarte. As agulhas e seringas devem ser segregadas em conjunto.	Proibir a ação de reencapar agulhas usadas ou proceder à separação dos componentes

Fonte: Adaptado de ANVISA (2008)

Ressalta-se que para o grupo C (rejeitos radioativos) aplica-se as disposições da Norma NE 6.02 da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN (BRASIL, 2014) que trata do licenciamento de instalações radiativas.

Ainda sobre a segregação de resíduos, Barros (2003) sugere que esta última seja realizada na fonte geradora, apresentando como justificativas a extração de materiais recicláveis dos resíduos com o intuito de valorizá-los como tal, a redução quantitativa do fluxo de resíduos a serem eliminados para desacelerar a saturação do aterro ou realizar economia do custo de tratamento e melhorar a qualidade do fluxo de resíduos sólidos separando conforme as fileiras mais convenientes.

Em relação ao acondicionamento, pode-se entendê-lo como ação de acondicionar os resíduos separados em sacos ou recipientes que impeçam vazamentos e que sejam resistentes à atos de rupturas, além da organização dos resíduos para a coleta de maneira sanitariamente correta, sendo ainda coadunável com o tipo e a quantidade de resíduos (ANVISA, 2008). Em complemento, o Quadro 7 apresenta os procedimentos a serem realizados no acondicionamento de cada grupo de resíduos gerados em aeroportos.

Quadro 7 - Procedimentos para acondicionamento de resíduos aeroportuários

GRUPO	PROCEDIMENTOS	OBJETIVO (S)
A (Resíduos de risco biológico)	Devem ser acondicionados em sacos de cor branco leitosa.	Evitar a contaminação cruzada com os demais resíduos sólidos.
B (Resíduos de risco químico)	Devem ser acondicionados de acordo com o tipo de substância química, respeitando as suas características físico-químicas.	Garantir a contenção total de gases, líquidos e vapores depois do fechamento definitivo dos recipientes de acondicionamento.
D (Resíduos Comuns)	Devem ser acondicionados em sacos ou recipientes resistentes a ruptura, vazamentos, com capacidade compatível a geração de resíduos.	Atender as normas técnicas que tratem do assunto; Evitar contaminação cruzada com outros tipos de resíduos.
E (Resíduos perfurocortantes)	Os recipientes devem ser rígidos, resistentes à ruptura, punctura e vazamento, apresentar alça e possuir um bocal, além de uma tampa.	Possibilitar o manuseio seguro dos resíduos com as alças, permitir o fechamento seguro com a tampa e permitir colocação do material descartado utilizando apenas uma das mãos.

Fonte: Adaptado de ANVISA (2008)

Existem especificações de acondicionamento para alguns resíduos como, por exemplo, as lâmpadas, pilhas e baterias descartadas (GRUPO B) deverão ser acondicionadas de maneira que as mantenha integras e armazenadas separadamente, acatando-se as normas relativas à meio ambiente e saúde populacional que são aplicáveis a esse assunto, assim como as sugestões estabelecidas por fabricantes ou importadores (ANVISA, 2008). Cita-se também os pneus inservíveis (GRUPO B) que precisam ficar guardados em locais abrigados de intempéries e de maneira que minimize as chances de desenvolvimento de abrigos para fauna sinantrópica ou criadouros de larvas de insetos vetores (ANVISA, 2008).

Sobre a identificação dos resíduos aeroportuários, esta última engloba as ações que possibilitam reconhecer o tipo de resíduo sólido existente nos sacos, recipientes, no transporte e no armazenamento de resíduos (ANVISA, 2008), apresentando as ações a serem adotadas para esta etapa no Quadro 8.

Quadro 8 - Procedimentos para identificação de resíduos aeroportuários

GRUPO	PROCEDIMENTOS	OBJETIVO (S)
A (Resíduos de risco biológico)	A identificação deve estar exposta nos sacos, nos carros coletores, nos recipientes de acondicionamento e no veículo coletor, em local de fácil visualização, empregando-se símbolos, cores e frases, de substância infectante, com rótulos de fundo branco, desenhos e contornos	Garantir a resistência de elementos utilizados para identificação dos resíduos aos processos de manuseio dos sacos, dos recipientes e transporte.
B (Resíduos de risco químico)	A identificação deve estar exposta nos sacos, nos carros coletores, nos recipientes de acondicionamento e no veículo coletor, em local de fácil visualização, de forma inapagável, indicando a substância química conforme legislação vigente.	Garantir a resistência de elementos utilizados para identificação dos resíduos aos processos de manuseio dos sacos, dos recipientes e transporte.
D (Resíduos Comuns)	A identificação deve ser realizada nos recipientes de acondicionamento empregando símbolos, e quando possível também o código de cores conforme legislações vigentes.	Garantir a resistência de elementos utilizados para identificação dos resíduos aos processos de manuseio dos sacos, dos recipientes e transporte.
E (Resíduos perfurocortantes)	A identificação deverá ser realizada empregando símbolo, acrescido da inscrição de "RESÍDUO PERFUROCORTANTE", em consonância com as legislações vigentes.	Garantir a resistência de elementos utilizados para identificação dos resíduos aos processos de manuseio dos sacos, dos recipientes e transporte.

Fonte: Adaptado de ANVISA (2008)

Acrescenta-se que a identificação, em recipientes e sacos de acondicionamento, dos resíduos de bordo dos grupos A, B, D e E é compulsória apenas a partir do recolhimento e movimentação desses resíduos (ANVISA, 2008). A Figura 2 apresenta exemplos de símbolos utilizados para identificação dos resíduos, ressaltando que os símbolos do grupo B podem variar de acordo com o risco da substância química, e o símbolo apresentado grupo D se refere à materiais recicláveis.

**Figura 2**— Exemplos de símbolos de identificação de resíduos



Fonte: BRASIL (2006c)

A coleta de resíduos é a atividade de agregar os resíduos sólidos do local de geração ou área de armazenagem temporária adequadamente acondicionados, com o intuito de realizar seu transporte, enviar para tratamento ou disposição final (ANVISA, 2008; BARROS, 2012).

De acordo com Barros (2012), existem quatro sistemas distintos para realização da coleta de resíduos sólidos: sistema regular, coleta especial, coleta realizada pelo próprio gerador e coleta seletiva.

Destaca-se que o dimensionamento e a programação da coleta estão correlacionados segundo Barros (2012), com a frequência (números de vezes na semana que é realizada a coleta), horário, frota (quantidade de veículos utilizados para esse serviço), guarnição (indivíduos que recolhem e armazenam os resíduos no veículo ou caminhão) e itinerário (trajeto realizado pelo veículo coletor).

O transporte de resíduos pode ser entendido como a transferência de resíduos em qualquer estágio do manejo de resíduos sólidos, sendo complementar a coleta, fundamentando-se no deslocamento do ponto de encerramento da coleta até locais de transbordo ou as unidades de tratamento ou destinação final (ANVISA, 2008; BARROS, 2012).

De acordo com Bilitewski (1996), há dois sistemas de transporte de resíduos, ou seja, o transporte local e transporte por longas distâncias. O transporte local consiste na coleta de resíduos na fonte geradora, seguida pelo transporte dos resíduos para uma instalação de processamento próxima, estação de transferência ou aterro sanitário; enquanto no transporte por longas distâncias é realizado o transporte dos resíduos para uma estação de transferência para uma instalação de processamento ou disposição.

O Quadro 9 traz os procedimentos/recomendações tanto para coleta quanto para o transporte dos resíduos, que foram consideradas como uma etapa única conforme ANVISA (2008), e também por serem suplementares.

Quadro 9 - Procedimentos para coleta e transporte de resíduos aeroportuários

GRUPO	PROCEDIMENTOS	OBJETIVO (S)
A (Resíduos de risco biológico)	Os resíduos devem ser coletados diretamente dos recipientes de acondicionamento. Para o transporte até a área de armazenamento temporário deverão ser utilizados carros coletores ou os próprios recipientes de acondicionamento, enquanto para tratamento e disposição final, veículos coletores específicos.	Não interferir no fluxo de meios de transporte e de pessoas; Preservar as condições higiênico - sanitárias adequadas dos veículos coletores, carros coletores e os recipientes de acondicionamento.
B (Resíduos de risco químico)	Os carros e veículos coletores precisam ser compostos de material coadunável com a especificidade dos resíduos transportados diretamente ou por recipientes.	Garantir a segurança nas atividades de transporte e coleta; Não interferir no fluxo de meios de transporte e de pessoas;
D (Resíduos Comuns)	Os carros e as caçambas dos veículos coletores devem ser fechados, compostos de material rígido, lavável e impermeável.	Não interferir no fluxo de meios de transporte e de pessoas; Preservar as condições higiênico - sanitárias adequadas dos veículos coletores, carros coletores e os recipientes de acondicionamento.
E (Resíduos perfurocortantes)	Os carros coletores e as caçambas dos veículos coletores para esse grupo devem ser próprios para este serviço e identificados, além de serem compostos de material rígido, lavável, impermeável cantos e bordas arredondados.	Não interferir com o fluxo de meios de transporte e de pessoas; Garantir a segurança do trabalhador tampas articuladas ao próprio corpo dos carros coletores;

Fonte: Adaptado de ANVISA (2008)

Observa-se que os carros e os veículos coletores empregados no transporte de resíduos do Grupo A, podem ser os mesmos empregados para o Grupo E e vice-versa, e as normas referentes ao transporte de resíduos perigosos (apresentadas na seção 2.2.1) se aplicam para os resíduos aeroportuários.

Após a coleta e transporte de resíduos, é realizado o armazenamento temporário que trata da guarda temporária dos recipientes que contém os resíduos acondicionados, com a finalidade de acelerar a coleta e aprimorar a movimentação entre os pontos de geração de resíduos e o ponto designado ao tratamento ou disposição final (ANVISA, 2008).

A Central de Resíduos, área destinada para o armazenamento temporário dos distintos tipos de resíduos sólidos gerados, exerce papel importante no que se refere à minimização dos riscos característicos à guarda dos resíduos, e essa estrutura física deve possuir alguns requisitos como a exclusividade para tal fim (guarda de resíduos), sendo dimensionada em função do volume de resíduos produzidos, tamanho e quantidade de recipientes de acondicionamento; os pisos devem ser revestidos de material liso, que permita a sua lavagem, que seja impermeável e que resista à circulação de carros e/ou veículos coletores ; possuir acesso restrito às pessoas permitidas e capacitadas para realização das operações, entre outros aspectos (ANVISA, 2008).

O Quadro 10 traz as boas práticas sanitárias para a etapa armazenamento temporário dos resíduos gerados em aeroportos, considerando cada grupo de resíduos e os objetivos a serem atingidos com os procedimentos admitidos.

Quadro 10- Procedimentos para o armazenamento temporário de resíduos aeroportuários

<b>GRUPO</b>	<b>PROCEDIMENTOS</b>	<b>OBJETIVO (S)</b>
A (Resíduos de risco biológico)	Envolve a não disposição direta dos sacos de acondicionamento sobre o piso. Os locais de armazenamento para esse grupo de resíduos necessitam ser específicos para tal finalidade e identificados.	Atender a legislação vigente e as determinações dos órgãos ambientais competentes; Garantir as condições higiênico-sanitárias adequadas;
B (Resíduos de risco químico)	O armazenamento deve ser feito em conformidade com regulamentos pertinentes, principalmente normas que versem sobre produtos perigosos.	Atender a legislação vigente e as determinações dos órgãos ambientais competentes; Seguir as recomendações das normas técnicas vigentes.
D (Resíduos Comuns)	Os locais devem ser identificados para tal finalidade, estando situado em áreas diferentes das do abastecimento de alimentos, reservatórios de água potável ou de outros sistemas ou produtos passíveis de contaminação cruzada.	Garantir as condições higiênico-sanitárias adequadas; Atender a legislação vigente e as determinações dos órgãos ambientais competentes;
E (Resíduos perfurocortantes)	. A área de armazenamento temporário poderá ser a mesma adotada para armazenar os resíduos do Grupo A.	Atender a legislação vigente e as determinações dos órgãos ambientais competentes;

Fonte: Adaptado de ANVISA (2008)

O tratamento de resíduos se refere à execução de método, técnica ou processo que altere as características dos riscos intrínsecos aos resíduos, diminuindo ou extinguindo a ameaça de contaminação, de acidentes de trabalho ou de destruição ambiental (ANVISA, 2008).

Cita-se como exemplos de tipos de tratamento de resíduos a incineração (tratamento térmico), a reciclagem (tratamento manual), a compostagem (tratamento bioquímico) que serão descritos abaixo.

A incineração é utilizada para tratar materiais que não são recicláveis e nem reutilizáveis em um método que resulta em tornar inertes os resíduos perigosos, diminuindo as emissões no ar e na água, além de destruir contaminantes orgânicos e contaminantes inorgânicos concentrados e minimizar a quantidade de resíduos que são descartados, especialmente em relação ao seu etc. (BILITEWSKI,1996).

Já a reciclagem segundo a PNRS (BRASIL, 2010a) trata do método de modificação de resíduos sólidos que engloba a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com a finalidade de conversão em insumos ou novos produtos, analisando-se as exigências e os modelos definidos pelos órgãos competentes do Sistema Nacional de Meio Ambiente, entre outros. Pode ser entendida ainda como o grupo de técnicas em que os resíduos sólidos são recolhidos e manufaturados para servirem como matéria-prima na obtenção de novos produtos (ANVISA, 2008).

O último tratamento de resíduos a ser descrito refere-se à compostagem, que é a transformação dos resíduos sólidos orgânicos, por intermédio de processos físicos, químicos e biológicos –que necessitam ser vigiados–, em material mais estável e que resista à atuação de espécies consumidoras, tendo como produto final um condicionador orgânico denominado composto (BARROS, 2012).

Em relação à disposição final, esta pode ser compreendida como o destino final para os resíduos seja este o local de depósito ou processo final (BARROS, 2012). Em um sentido mais amplo, refere-se à ação de dispor os resíduos, em lugares ou instalações antecipadamente preparadas para recebê-los, seguindo critérios técnicos de construção e operação, e com licenciamento ambiental em conformidade com a legislação aplicável (ANVISA, 2008).

A disposição de resíduos deve ser realizada de maneira adequada, observando os procedimentos mais seguros, pois caso contrário, poderá acarretar em alguns efeitos prejudiciais ao meio ambiente e à saúde da população. A má disposição leva à poluição das águas superficiais e subterrâneas (tem como causa a geração e escoamento de chorume), à poluição dos solos pelo acúmulo de metais pesados, à poluição do ar (causados por poeira, fumaça, maus cheiros, etc.), à existência de animais, à existência de pessoas vivendo e trabalhando em condições inadequadas e suscetíveis à muitos riscos, entre outros aspectos (BARROS, 2012).

A técnica de aterramento é a forma mais usada para disposição final de resíduos, sendo que é possível citar o aterro sanitário como uma instalação/local que faz uso dessa técnica. Os aterros sanitários são úteis como método único permitido de disposição de resíduos, pois a tecnologia empregada é bastante simples, e as considerações operacionais de curto prazo e os

baixos custos associados, dependendo da localização, do tamanho e da idade do aterro, também são significativas (BILITEWSKI,1996).

O Quadro 11 apresenta as boas práticas sanitárias para a etapa de tratamento e disposição final dos resíduos aeroportuários, considerando cada grupo de resíduos e também os objetivos a serem alcançados com os procedimentos adotados.

Quadro 11- Procedimentos para tratamento e disposição final de resíduos aeroportuários

GRUPO	PROCEDIMENTOS	OBJETIVO (S)
A (Resíduos de risco biológico)	Há a necessidade de tratamento prévio antes da disposição no meio ambiente. Além disso, não podem ser reciclados, reutilizados ou reaproveitados. Para fins de disposição final, os resíduos do GRUPO A após tratamento são considerados resíduos do Grupo D;	Eliminar as características de periculosidade; Preservar os recursos naturais; Atender os padrões de qualidade ambiental e de saúde pública.
B (Resíduos de risco químico)	Os resíduos desse grupo podem ser reciclados, reutilizados, recuperados ou passar por um processo de tratamento pertinente.	Atender as legislações aplicáveis a resíduos perigosos; Atender exigências dos órgãos ambientais competentes.
D (Resíduos Comuns)	Os resíduos podem ser reutilizados ou reciclados, não necessitando de tratamento prévio para disposição final.	Atender exigências dos órgãos ambientais competentes.
E (Resíduos perfurocortantes)	Aplica-se para esse grupo os mesmos procedimentos citados para o GRUPO A.	Atender exigências dos órgãos ambientais competentes.

Fonte: Adaptado de ANVISA (2008)

Ademais, as empresas que realizem operações em qualquer estágio do manejo de resíduos aeroportuários, deverão ter em seu quadro de funcionários um profissional, que possua registro ativo em seu respectivo conselho de classe, com apresentação de Anotação de Responsabilidade Técnica - ART, Certificado de Responsabilidade Técnica ou documento semelhante, quando necessário, para observar a execução e garantir o atendimento às Boas Práticas Sanitárias no Gerenciamento de Resíduos Sólidos (ANVISA, 2008).

A segurança ocupacional nas operações com resíduos também necessita ser levada em conta, visto que os profissionais presentes nos estágios/etapas de gerenciamento, assim como aqueles incluídos na higienização das áreas e de materiais empregados, devem realizar exame médico admissional, periódico, de retorno ao trabalho, de mudança de função e demissional, em consonância com a legislação pertinente (ANVISA, 2008).



Acrescenta-se que os equipamentos de proteção individual (EPIs) devem ser adotados em qualquer etapa do manejo de resíduos e deverão ser limpos, desinfetados ou descartados após utilização, sendo que os trabalhadores envolvidos devem passar por capacitação no manejo dos resíduos tanto na ocasião de sua admissão quanto durante o tempo do exercício da profissão (ANVISA, 2008).

Cabe à autoridade sanitária, a ANVISA, as seguintes prerrogativas no gerenciamento de resíduos: a promoção de atividades elucidativas e educativas que tenham como objetivo a boa execução do controle sanitário dos riscos e agravos da saúde populacional e do meio ambiente; a disponibilidade e atualização da lista das áreas afetadas; a comunicação às autoridades competentes sobre ocorrência de agravos à saúde pública e o livre acesso às instalações para a execução de ações de fiscalização e controle sanitário (ANVISA, 2008).

### 2.3.2 Estudos atuais relacionados ao gerenciamento de resíduos em aeroportos

Para fundamentar a discussão acerca do tema, apresentando o que tem sido produzido nas últimas décadas, foi realizado um levantamento de teses/dissertações, artigos nacionais e internacionais que versam sobre o gerenciamento de resíduos sólidos aeroportuários, englobando o período de 2000 a 2019.

O levantamento de teses e dissertações que abordam o gerenciamento de resíduos em aeroportos teve como referência o catálogo de teses e dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior [CAPES] (2019), sendo realizada a leitura do título, do resumo e das palavras chaves do trabalho, utilizando para a busca as seguintes expressões: “resíduos de aeroportos”; “resíduos sólidos aeroportuários”; “gestão de resíduos sólidos de aeroportos”; “gerenciamento de resíduos sólidos de aeroportos”; “gestão ambiental de aeroportos”; “planejamento ambiental de aeroportos” e “sistema de gestão ambiental de aeroportos”.

O Quadro 12 apresenta os trabalhos produzidos na pós-graduação que foram identificados no levantamento realizado, contendo o título do trabalho, o nome do autor, o tipo (tese ou dissertação) e o ano do estudo. Observa-se que existem, nos últimos 20 anos, apenas oito dissertações que tratam do manejo de resíduos em instalações aeroportuários, destacando-se os estudos de Schneider (2004), Kunz (2013) e de Coentro (2017), em virtude da contribuição e dos aspectos discutidos nestes trabalhos.

O estudo de Schneider (2004) apresenta uma proposta de PGRS para o Aeroporto Internacional Salgado Filho, em que foi efetuada a caracterização dos resíduos gerados no

aeroporto, a estimativa da geração per capita e da geração de resíduos. O estudo contribuiu para o tema ao discutir questões relacionadas a redução da geração dos resíduos e valorização destes, da importância do PGRS para o licenciamento ambiental dos aeroportos e a necessidade de mais estudos do assunto.

Já Kunz (2013) abordou em seu estudo a geração de resíduos no Aeroporto Hugo Cantergiani, localizado em Caxias do Sul, realizando uma pesquisa de campo para caracterizar a massa e a composição gravimétrica dos resíduos gerados, além do levantamento de dados secundários e de observação direta, tendo como enfoque o turismo e o desenvolvimento sustentável.

Coentro (2017) desenvolveu uma matriz de sustentabilidade considerando as dimensões política e institucional, ecológica ambiental, social, tecnológica e econômica e financeira para avaliar a gestão de resíduos no Aeroporto de Congonhas-SP, servindo de referência em função de se tratar do mesmo objeto de estudo e tema dessa dissertação.

Quadro 12 -Dissertações e teses sobre gerenciamento/gestão de resíduos sólidos em aeroportos no período de 2000 á 2019

TÍTULO	AUTOR	TIPO	ANO
Avaliação dos resíduos sólidos gerados nos principais aeroportos da região metropolitana de Belo Horizonte-MG	Rodrigo Soares Hatem	Dissertação	2003
Gerenciamento de Resíduos Sólidos em Aeroportos Estudo de Caso Aeroporto Internacional Salgado Filho	Soraia Cristina Ribas Fachini Schneider	Dissertação	2004
Aspectos ambientais em pequenos e médios aeroportos públicos civis: levantamento e análise no Estado de São Paulo	Mika Saito	Dissertação	2007
A geração de resíduos sólidos e suas interfaces com o turismo: o caso do aeroporto Hugo Cantergiani, Caxias do Sul-RS	Jaciel Gustavo Kunz	Dissertação	2013
Gerenciamento de resíduos sólidos no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro: Estudo de alternativas	Priscila da Silva Souza Aranha	Dissertação	2014
Custos ambientais aeroportuários: Um estudo aplicado ao Aeroporto Santos Dumont	Fued Abrao Junior	Dissertação	2015
Gestão de resíduos sólidos em Aeroportos: Estudo de caso do Aeroporto de Congonhas-São Paulo	Rita Maria Cunha Leite Coentro	Dissertação	2017
Avaliação do gerenciamento de resíduos sólidos infectantes no Aeroporto Internacional Antônio Carlos Jobim	Maria Eleonora Iozzi da Silva	Dissertação	2017

Fonte: Elaborado com base em Hatem (2003), Schneider (2004), Saito (2007), Kunz (2013), Aranha (2014), Junior (2015) , Coentro (2017) e Silva (2017)

Já em relação ao levantamento de artigos nacionais, utilizou-se como fontes de pesquisa as bases de dados Periódico Capes, Scielo e Google Acadêmico, efetuando a leitura do título, do resumo e das palavras chaves do trabalho, fazendo uso das mesmas expressões de busca utilizadas para a pesquisa de teses e dissertações. Inicialmente, foram encontrados no total 30 registros de artigos nacionais acerca do gerenciamento de resíduos aeroportuários, sendo que deste total apenas 6 estavam em concomitância com o tema.

O Quadro 13 traz os estudos nacionais encontrados nos últimos 20 anos que abordam diretamente o gerenciamento de resíduos em aeroportos, assim como os que tratam indiretamente no sentido de abordar o tema mas não como assunto central, englobando o título do estudo, autor(es), periódico e ano em que foi publicado e as palavras-chaves do artigo.

Quadro 13- Artigos Nacionais sobre gerenciamento/gestão de resíduos sólidos em aeroportos no período de 2000 á 2019

<b>TÍTULO</b>	<b>AUTOR (ES)</b>	<b>PERÍODICO</b>	<b>ANO</b>	<b>PALAVRAS-CHAVE</b>
Indicadores para a gestão de resíduos sólidos em aeroportos e sua aplicação no Aeroporto Internacional de Viracopos, Campinas, São Paulo,	Fabiano Tomazini da Conceição; Thales André Carra; Bruno Bernardes Teixeira.	Revista Engenharia Sanitária e Ambiental	2013	resíduos sólidos; aeroportos; gerenciamento ambiental.
A geração de resíduos sólidos aeroportuários e suas interfaces com o turismo: o caso do Aeroporto Hugo Cantergiani, Caxias do Sul-RS, Brasil	Jaciel Gustavo Kunz Suzana Maria De Conto Morgana Klipp Demori	Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo	2015	Turismo; Transporte aéreo; Geração de resíduos sólidos aeroportuários; Aeroporto Hugo Cantergiani. Caxias do Sul.
Resíduos Sólidos Urbanos, Meio Ambiente e Risco Aviário: o caso do Aeroporto Estadual de Presidente Prudente/SP	Alba Regina Azevedo Arana Rafael Medeiros Hespagnol	Revista GEOGRAFIA (Londrina)	2015	Resíduos Sólidos. Risco Aviário. Legislação
Gestão de resíduos sólidos no Aeroporto de CONGONHAS-S.P	Rita Maria Cunha Leite Coentro Antônio Carlos Demanboro	Revista REVERTE	2017	-
A gestão ambiental no setor aeroportuário brasileiro: Um balanço e análise da eficácia do regulador e dos regulados	Geovane da Silva Boaventura Leila Queiroz	Revista Eletrônica Cosmopolita em Ação	2017	Aeroportos; Meio Ambiente; Gestão Ambiental
Aplicação de ferramentas da Qualidade para o descarte de resíduos sólidos no Aeroporto de Guarulhos	Elisabeth Granzoto Pacheco Marcelo Almeida Fernandes Vagner Oliveira Mourão	INOVAE - Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation	2017	Gestão de projetos; Inovação; Reciclagem; Aeroporto; Impactos; Gestão ambiental

Fonte: Elaborado com base em Carra et al. (2013), Kunz et al.(2015), Arana e Hespagnol (2015), Coentro e Demanboro (2017), Boaventura e Queiroz (2017) e Pacheco et al.(2017)

Os estudos nacionais de Carra et al. (2013) e o de Coentro e Demanboro (2017) podem ser destacados aqui com maior ênfase, em função de abordar uma metodologia/ferramenta para avaliar a gestão de resíduos em aeroportos, o que está diretamente relacionando aos objetivos deste estudo.

Carra et al. (2013) construíram 17 indicadores para avaliar o desempenho de aeroportos em relação à gestão de resíduos, tendo como objeto de estudo o Aeroporto Internacional de Viracopos (SP). Esses indicadores foram elaborados levando em conta o desempenho gerencial, operacional e ambiental do aeroporto no gerenciamento de resíduos sólidos, possuindo uma pontuação que vai de 1 (ruim) à 5 (bom). Os autores adotaram uma metodologia baseada na NBR 14.031/2004 (ABNT, 2004c), que trata da avaliação de desempenho ambiental, e na metodologia do Carbono Social™ – Social Carbon (REZENDE e MERLIN, 2003; SANTOS, 2008), composta de quatro etapas.

O estudo de Carra et al. (2013) contribuiu ao assunto estudado neste trabalho no sentido de apresentar uma metodologia/ferramenta que permita a avaliação da gestão/gerenciamento de resíduos sólidos em aeroportos, baseando-se em indicadores que considerem aspectos como a geração, transporte, tratamento e destinação final de resíduos, entre outros, sendo considerado um estudo essencial e pioneiro para o tema

Já Coentro e Demanboro (2017), trazem um diagnóstico da gestão de resíduos sólidos do Aeroporto de Congonhas, levando em conta as dimensões tecnológica, social, institucional, ambiental, política e econômica. Para isso, foi realizado, primeiramente, um levantamento bibliográfico acerca da gestão de resíduos em aeroportos e de conceitos de gestão integrada e sustentável de resíduos sólidos. Após esse levantamento, foram analisadas informações da geração dos diferentes tipos de resíduos do aeroporto estudado, dos contratos ligados ao gerenciamento de resíduos e do número de passageiros durante os anos de 2014 e 2015. Por fim, foram avaliados os dados coletados que permitiram a realização da avaliação da gestão de resíduos e de aspectos relacionados, sob a perspectiva da sustentabilidade.

A principal contribuição do estudo de Coentro e Demanboro (2017) é trazer uma nova metodologia para avaliação da gestão/gerenciamento de resíduos em aeroportos, por intermédio do levantamento de documentos, considerando aspectos como geração de resíduos, reciclagem, atuação institucional do aeroporto no assunto, trazendo dados mais atuais acerca do Aeroporto de Congonhas.

O levantamento de artigos internacionais referente ao gerenciamento de resíduos em aeroportos, foi realizado na base de dados *Web of Science* com a leitura do título, do resumo e das palavras-chave dos artigos, utilizando as seguintes expressões no campo de busca: “ *waste*

*AND airport*”, “*waste AND management AND airport*”, “*waste AND management AND airport AND index OR indice*”, “*waste AND management AND airport AND assesment*” e “*sustainable OR sustainability AND waste AND management AND airport*”.

O Quadro 14 traz os estudos internacionais encontrados nos últimos 20 anos que tratam do gerenciamento de resíduos em aeroportos, englobando o título do estudo, autor(es), periódico e ano em que foi publicado e as palavras-chaves do artigo.

Quadro 14- Artigos Internacionais sobre gerenciamento/gestão de resíduos sólidos em aeroportos no período de 2000 á 2019

(continua)

<b>TÍTULO</b>	<b>AUTOR (ES)</b>	<b>PERÍODICO</b>	<b>ANO</b>	<b>PALAVRAS-CHAVE</b>
A comparison of sustainability theory with UK and European airports policy and practice	Paul Upham	Journal of Environmental Management	2001	airports, aviation sustainability sustainable development environmental management mitigation, environmental reporting.
Waste management efficiency at UKairports	Michael Pitt Andrew Smith	Journal of Air Transport Management	2003	Airports Environment Management Recycling Waste
Developing an Indicator System for Monitoring, Analyzing, and Assessing Airport Sustainability	Milan Janic	European Journal of Transport and Infrastructure Research	2010	Airport Sustainability indicator system monitoring, analysis assessment
Evaluation of efficiency of aircraft liquid waste treatment and identification of daily inspection indices: a case study in Changchun, China	Jianling Xu Jiaqi Yang Nan Zhao Lianxi Sheng Yuanhui Zhao Zhanhui Tang	Environ Monit Assess	2013	Aircraft liquid waste Treatment Evaluation Efficiency Inspection indices
Building integrated bioenergy production (BIBP): Economic sustainability analysis of Bari airport CHP (combined heat and power) upgrade fueled with bioenergy from short chain	Livio de Santoli Francesco Mancini Benedetto Nastasi Valentina Piergrossi	Renewable Energy	2015	Building integrated bioenergy Zero kilometer energy CHP Biomass Economic sustainability Airport buildin
An Assessment of Airport Sustainability, Part 1—Waste Management at Copenhagen Airport	Glenn Baxter Panarat Srisaeng GrahamWild	Resources	2018	Airport construction waste Copenhagen Airport incinerated waste landfill waste recycling waste waste disposal waste management

Quadro 14- Artigos Internacionais sobre gerenciamento/gestão de resíduos sólidos em aeroportos no período de 2000 á 2019

(conclusão)

TÍTULO	AUTOR (ES)	PERÍODICO	ANO	PALAVRAS-CHAVE
Passengers waste production during flights	Niki Tofalli Pantelitsa Loizia Antonis A. Zorpas	Environmental Science and Pollution Research	2018	Air transport Airlines waste production Strategic planning Circular economy .Waste on board Aviation industry
Life-cycle cost-benefit analysis on sustainable food waste management: The case of Hong Kong International Airport	Chor-Man Lam Iris K.M. Yu Francisco Medel, Daniel C.W. Tsang, Shu-Chien Hsu Chi Sun Poon	Journal of Cleaner Production	2018	Organic waste Incineration Anaerobic digestion Energy recovery Organic resource recovery On-site treatment
Sustainable AirportWaste Management: The Case of Kansai International Airport	Glenn Baxter Panarat Srisaeng GrahamWild	Recycling	2018	airlines; airports; case study; Kansai International Airport; landfill waste; non-combustibles waste; recycled waste; sustainable waste management
Metagenomic analysis of viruses in toilet waste from long distance flights—A new procedure for global infectious disease surveillance	Mathis Hjort HjelmsøI , Sarah Mollerup Randi Holm Jensen Carlotta Pietroni Oksana Lukjancenکو Anna Charlotte Schultz, Frank M. Aarestrup, Anders Johannes Hansen	PLOS ONE	2019	-

Fonte: Elaborado com base em Upham (2001), Pitt e Smith (2003), Janic (2010), Xu et al. (2013), Santoli et al. (2015), Baxter et al. (2018a), Baxter et al. (2018b), Tofalli et al. (2018), Lam et al. (2018) e Hjort et al. (2019)

Os estudos internacionais de Baxter et al. (2018a e 2018b), presentes no quadro 15 , por tratarem da análise da gestão/gerenciamento de resíduos merecem maior destaque na discussão acerca do tema deste trabalho.

Baxter et al. (2018a) analisaram as estratégias adotadas pelo Aeroporto de Copenhague (Dinamarca) no gerenciamento/gestão de resíduos, tratando do sistema de gestão adotado, da quantidade de geração de resíduos e da mitigação dos impactos ambientais dos resíduos no sítio aeroportuário. Os autores analisaram qualitativamente documentos como relatórios ambientais anuais do aeroporto, comunicados de imprensa e o website do aeroporto, abrangendo o período de 1999 a 2016. Em complemento a análise qualitativa, uma análise quantitativa dos resíduos gerados foi realizada, tendo como base o ano de 1999 e utilizando o método de análise horizontal.

Já Baxter et al. (2018b) avaliaram a gestão/gerenciamento de resíduos do Aeroporto de Internacional de Kansai (Japão) no período de 2002 a 2015. A metodologia adotada para este estudo envolveu uma análise documental de dados qualitativos coletados e uma análise quantitativa dos resíduos gerados por intermédio do teste t, que permitiu identificar melhorias ou problemas no gerenciamento de resíduos no aeroporto estudado.

Os dois estudos internacionais citados anteriormente contribuíram para o assunto por trazer uma utilização de diferentes métodos (análise documental com teste estatístico, por exemplo) que permitem avaliar aspectos como ações adotadas no manejo dos resíduos, os tipos de resíduos gerados e identificar tendência de aumento ou diminuição de resíduos ao longo do ano, abrangendo períodos superiores a 10 anos, o que aumenta a importância do estudo ao tratar também de diferentes aeroportos.

Foram identificadas as seguintes lacunas nos estudos sobre gerenciamento/gestão de resíduos em aeroportos: a dificuldade de elaboração de indicadores e de obtenção de um desempenho global, a indisponibilidade de dados para comparação, a necessidade de explorar novas tecnologias na reciclagem e na compostagem e mapeamento da cadeia de suprimentos de disposição de resíduos ao longo do tempo.

### 2.3.3 Melhores práticas no gerenciamento de resíduos aeroportuários

Para exemplificar as melhores práticas adotadas no manejo de resíduos em aeroportos, serão apresentadas as ações efetuadas pelos aeroportos mais movimentados dos Estados Unidos e da Europa no ano de 2017 conforme ranking da *Air Help* (2019), acrescentando o Aeroporto de Copenhague (Dinamarca) que não está incluído neste último, mas é citado no estudo de Baxter *et al.* (2018). Além disso, ações realizadas pelos aeroportos brasileiros também serão citadas, com a finalidade de fundamentar e auxiliar a discussão do tema

O Quadro 15 apresenta as melhores ações adotadas no gerenciamento de resíduos nos aeroportos mais movimentados do mundo, exceto os aeroportos brasileiros, enquanto o Quadro 16 traz as ações realizadas em aeroportos nacionais.

Quadro 15- Melhores práticas realizadas no manejo de resíduos nos aeroportos mais movimentados do mundo

(continua)

AEROPORTO	ADMINISTRADORA (OPERADOR)	PAÍS	AÇÕES REALIZADAS
Aeroporto Hartsfield- Jackson (ATL) <sup>1,2</sup>	Departamento de Aviação de Atlanta	Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Possui uma política denominada “ Zero Waste Policy”, cujo propósito é não encaminhar para aterros sanitários 90% do total de resíduos gerados no aeroporto;</li> <li>❖ Irá construir uma instalação de compostagem e reciclagem de última geração nos próximos anos.</li> </ul>
Aeroporto Internacional de Los Angeles <sup>3,4,5</sup>	Los Angeles World Airports	Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Engloba desde 1992 em suas operações diárias a redução da geração de resíduos e a reciclagem, trabalhando juntamente com seus stakeholders para aperfeiçoar, expandir e desenvolver essas duas ações</li> <li>❖ Reutilização, reciclagem e redução de mais de 408.550 toneladas de materiais na fonte em 2016;</li> <li>❖ Em 2015, 66% dos resíduos produzidos não foram encaminhados para aterros ou incineração;</li> <li>❖ Envio de resíduos verdes para uma instalação de compostagem da cidade de Los Angeles e o processamento de fluxo único e de materiais recicláveis misturados nas estações de transferência;</li> <li>❖ Processamento de resíduos de alimentos em um digestor anaeróbico.</li> </ul>
Aeroporto Internacional de O'Hare <sup>6,7</sup>	Departamento de Aviação de Chicago	Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Possui um programa de compostagem onde são destinados resíduos alimentares pré-consumo de restaurantes e borras de café para a compostagem;</li> <li>❖ Possui ainda um programa de reciclagem de fluxo único;</li> <li>❖ Mantém pontos de coletas de baterias em várias áreas dos escritórios presentes no aeroporto.</li> </ul>
Aeroporto de Heathrow (Londres) <sup>8</sup>	Heathrow Airport Holdings	Inglaterra	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Aumento da taxa de reciclagem de 30% de 2011 para 46% em 2014;</li> <li>❖ O óleo de cozinha utilizado para o preparo de refeições, não é jogado fora sendo encaminhado para uma empresa de reciclagem transformá-lo em biodiesel.</li> </ul>
Aeroporto de Frankfurt <sup>9</sup>	FRAPORT	Alemanha	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ O gerenciamento de resíduos é norteado pela reciclagem tanto dos resíduos inevitáveis (aqueles que, aparentemente, não podem ser reciclados) quanto dos possíveis (aqueles que tem potencial para serem reciclados);</li> <li>❖ Os resíduos perigosos gerados no aeroporto são coletados separadamente e canalizados para serem recuperados ao máximo;</li> <li>❖ Nomeação de um profissional para aconselhar e auxiliar o manejo de resíduos no aeroporto.</li> </ul>



Quadro 15- Melhores práticas realizadas no manejo de resíduos nos aeroportos mais movimentados do mundo

(conclusão)

AEROPORTO	ADMINISTRADORA (OPERADOR)	PAÍS	AÇÕES REALIZADAS
Aeroporto Charles de Gaulle (Paris) <sup>10</sup>	Groupe ADP	França	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Organização de restos de comida em bandejas de restaurantes;</li> <li>❖ Expansão progressiva da coleta de bio-resíduos para todos os restaurantes;</li> <li>❖ Organização do processamento de bio-resíduos em planta de metanização</li> </ul>
Aeroporto de Copenhague <sup>11</sup>	Københavns Lufthavne	Dinamarca	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Garantia de uma coleta mais eficiente e eficaz de garrafas de papelão, papel e plástico;</li> <li>❖ Redução de erros de classificação com um sistema de resíduos mais transparente;</li> <li>❖ Realização de uma adaptação contínua dos procedimentos de tratamento de resíduos às mudanças realizadas no aeroporto.</li> </ul>

Fonte: ATL (2016)<sup>1</sup>, ATL (2017)<sup>2</sup>, LAW A (2018)<sup>3</sup>, LAW A (2019a)<sup>4</sup>, LAW A (2019b)<sup>5</sup>, FLYCHICAGO (2019a)<sup>6</sup>, FLYCHICAGO (2019b)<sup>7</sup>, HEATHROW (2015)<sup>8</sup>, FRAPORT (2017)<sup>9</sup>, GROUPE ADP (2018)<sup>10</sup>, Baxter et al. (2018a)<sup>11</sup>

Quadro 16- Melhores práticas realizadas no manejo de resíduos nos aeroportos do BRASIL

(continua)

AEROPORTO	ADMINISTRADORA (OPERADOR)	AÇÕES REALIZADAS
Aeroportos Públicos <sup>1</sup>	INFRAERO	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Programa ambiental voltado para o manejo de resíduos, utilizando o princípio “3Rs” –Redução, Reutilização e Reciclagem;</li> <li>❖ Envio de grande parte de materiais coletados para associações e cooperativas de catadores de materiais recicláveis;</li> <li>❖ Implantação dos pontos de coleta seletiva nos ambientes acessados por passageiros e visitantes.</li> </ul>
Aeroporto Internacional Tom Jobim (RJ) <sup>2,3</sup>	RIOGaleão	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Investimento em um plano denominado Waste and Energy Zero, cujo objetivo era reduzir o consumo energético do aeroporto em um patamar de 10% em 2016 e 20% até 2025;</li> <li>❖ Desenvolvimento do projeto Ciclo Orgânico que tinha como finalidade reaproveitar os resíduos orgânicos, restos de alimentos e aparas de grama e poda gerados no terminal para produzir adubo.</li> </ul>

Quadro 16- Melhores práticas realizadas no manejo de resíduos nos aeroportos do BRASIL

(conclusão)

AEROPORTO	ADMINISTRADORA (OPERADOR)	AÇÕES REALIZADAS
Aeroporto Internacional de Florianópolis (Santa Catarina) <sup>4</sup>	Floripa Airport	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Iniciou em 2018 um projeto de gerenciamento de resíduos que envolveu todo o fluxo de passagem dos resíduos nas áreas internas e externas do aeroporto;</li> <li>❖ No primeiro mês 22% dos resíduos gerados foram desviados do aterro sanitário e atualmente este índice ultrapassa a marca dos 60%.</li> </ul>
Aeroporto de Salvador (Bahia) <sup>5</sup>	Vinci Airports	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ O seu índice de reciclagem teve um aumento de 34% no primeiro semestre de 2019 em relação a 2018, sendo que a expectativa é atingir é 50% de reciclagem dos resíduos gerados até o fim de 2019 e no posterior alcançar o índice de 100%;</li> <li>❖ Encontra-se na etapa de ajustes finais a construção de uma nova Central de Resíduos, que irá processar de forma mais eficiente aproximadamente a quantidade anual de 3 mil toneladas de resíduos.</li> </ul>

Fonte: INFRAERO (2019)<sup>1</sup>, VEJARIO (2015)<sup>2</sup>, REVISTA AVIAÇÃO NOTÍCIAS (2017)<sup>3</sup>, BRASIL (2019)<sup>4</sup>, SALVADOR AIRPORT(2019)<sup>5</sup>

## 2.4 Teoria dos Conjuntos Fuzzy

Os seres humanos, ao longo do tempo, têm lidado com diversos problemas que envolvem informações imprecisas e subjetivas, sejam estes relacionados à simples situações do cotidiano (definição do que é alto ou baixo) ou às formulações mais complexas (avaliação de impacto ambiental, por exemplo).

A Teoria dos Conjuntos Fuzzy foi proposta por Zadeh (1965), com a finalidade de apresentar um tratamento matemático a problemas complexos que contenham informações imprecisas e subjetivas. Esse formalismo abriu possibilidades para a programação e armazenamento de conceitos imprecisos em computadores, possibilitando a realização de cálculos com informações incertas, assim como faz o ser humano (BARROS e BASSANEZI, 2010).

Segundo Demicco e Klir (2004), a Teoria dos Conjuntos Fuzzy disponibiliza um suporte adequado para modelar informações obtidas por intermédio de variáveis linguísticas, agrupando dados qualitativos e quantitativos, e ainda possibilitando trabalhar, de maneira mais concreta, com incertezas e subjetividades.

A aplicabilidade da teoria formulada por Zadeh (1965) se deu, inicialmente, no controle de processos, exclusivamente relacionados às máquinas a vapor, proporcionando a modelagem matemática das atividades dos especialistas, automatizando suas tarefas. Neste sentido, Mamdani e Assilam (1975) com um trabalho inovador, ampliaram a aplicação do controle fuzzy para bens de consumo (máquinas de lavar, televisões, etc).

Em problemas ambientais, a lógica fuzzy vem sendo aplicada no saneamento de embarcações fluviais (Paula et al., 2019), no tratamento de água (Francisco e Arica, 2018), na avaliação da sustentabilidade em florestas (Lazarotto, 2018), na avaliação de efeitos da poluição do ar (David et al., 2017), na análise e mapeamento uso e ocupação do solo (Nunes e Roig, 2015), entre outros.

Especificamente no gerenciamento de resíduos sólidos, a modelagem fuzzy tem sido utilizada na inspeção sanitária de Resíduos de Serviços de Saúde (Silva et al, 2017), no planejamento de longo prazo para o gerenciamento de resíduos sólidos com ênfase na localização ótima das instalações de tratamento e disposição final (Srivastava e Nema, 2012), em problemas de incerteza no descarte de resíduos municipais (Singh, 2019), na tomada de decisão acerca da reciclagem e do gerenciamento de resíduos municipais (Muneeb et al., 2018), etc.

### 2.4.1 Conceitos fundamentais

Na obtenção da formulação matemática para um conjunto fuzzy, Zadeh fundamentou-se na caracterização de qualquer conjunto clássico, dada por sua função característica, que é definida da seguinte forma (BARROS e BASSANEZI, 2010):

Seja  $U$  um conjunto e  $A$  um subconjunto de  $U$ , a respectiva função característica de  $A$  é obtida por

$$X_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{se } x \in A \\ 0, & \text{se } x \notin A \end{cases} \quad (1)$$

A partir da definição da função característica, atribui-se 1 aos elementos que pertencem e 0 aos elementos que não pertencem ao conjunto. Porém, há situações em que a pertinência entre elementos e conjuntos é inexata, ou seja, não se sabe ao certo se um elemento pertence efetivamente a um conjunto ou não (BARROS e BASSANEZI, 2010). Com isso, busca-se apresentar a ideia de subconjuntos fuzzy, que englobe os casos citados.

Ao permitir um “relaxamento” no conjunto imagem da função característica de um conjunto, Zadeh apresentou a seguinte formalização matemática de imprecisões (BARROS e BASSANEZI, 2010):

Seja  $U$  um conjunto (clássico), o subconjunto fuzzy  $F$  de  $U$  é descrito pela função:

$$\varphi_F: U \rightarrow [0,1], \quad (2)$$

denominada função de pertinência, onde o valor de  $\varphi_F(x) \in [0,1]$  aponta o grau que o elemento  $x$  de  $U$  pertence ao conjunto fuzzy  $F$ .

Deve-se entender que a definição de um subconjunto fuzzy foi alcançada estendendo-se o contradomínio da função característica, representada pelo conjunto  $\{0, 1\}$ , para o intervalo  $[0,1]$ , podendo-se dizer que um conjunto clássico é um caso específico de conjunto fuzzy cuja função de pertinência  $\varphi_F$  é sua função característica  $X_F$  (BARROS e BASSANEZI, 2010).

Os subconjuntos clássicos, em uma abordagem fuzzy, são denominados subconjuntos *crisp* (BARROS e BASSANEZI, 2010), sendo que um subconjunto fuzzy  $F$  de  $U$  é dado por um conjunto (clássico) de pares ordenados:

$$F = \{(x, \varphi_F(x)), \text{ com } x \in U\} \quad (3)$$

Pode-se realizar operações com os subconjuntos fuzzy, a saber união, como intersecção e complementar, considerando  $A$  e  $B$  dois subconjuntos fuzzy e as suas respectivas funções de pertinência apontadas por  $\varphi_A$  e  $\varphi_B$  (BARROS e BASSANEZI, 2010), mostrando estas operações a seguir.

❖ Operação 1 (União). A união entre  $A$  e  $B$  é o subconjunto fuzzy de  $U$  cuja função de pertinência é dada por:

$$\varphi_{(A \cup B)}(x) = \max_{x \in U} \{ \varphi_A(x), \varphi_B(x) \} \quad (4)$$

❖ Operação 2 (Intersecção). A intersecção entre  $A$  e  $B$  se refere ao subconjunto fuzzy de  $U$  cuja função de pertinência é obtida por:

$$\varphi_{(A \cap B)}(x) = \min_{x \in U} \{ \varphi_A(x), \varphi_B(x) \} \quad (5)$$

❖ Operação 3 (Complementar). O complementar de  $A$  é o subconjunto fuzzy  $A'$  de  $U$  cuja função de pertinência é obtida por:

$$\varphi_{A'}(x) = 1 - \varphi_A(x), x \in U. \quad (6)$$

#### 2.4.2 Raciocínio Aproximado e Variáveis Linguísticas

Quando se fala em raciocínio aproximado, deve-se entender que este trata do processo onde se pode obter conclusões por intermédio de premissas incertas, sendo que se esta incerteza é fuzzy, geralmente utiliza-se o termo raciocínio fuzzy (BARROS e BASSANEZI, 2010). Já para Ross (2004), o raciocínio aproximado é semelhante à lógica clássica por se equiparar com proposições precisas e, portanto, é uma ampliação do cálculo proposicional clássico que lida com verdades parciais.

Tendo como exemplo a seguinte expressão utilizada no dia-a-dia:

“ Se a banana está amarela então a banana está madura” (Sentença 1)

De maneira geral tem-se algo como:

“Se  $X$  é  $\bigcirc$  então  $Y$  é  $\blacktriangle$ “ (Sentença 2)

Ao se expressar formalmente sentenças com variáveis que seguem a forma da sentença 2, faz-se necessário utilizar um conceito denominado “variável linguística”. Segundo Gomide

e Gudwin (1994), as variáveis linguísticas exercem um papel relevante na teoria dos Conjuntos fuzzy, apresentando-se como variáveis cujos valores são os nomes de conjuntos fuzzy, diferindo de uma variável, em geral, que é caracterizada a partir de um número.

Destaca-se que a lógica fuzzy utiliza variáveis linguísticas em substituição á variáveis numéricas, ou seja, permitem como valores expressões linguísticas, ou termos primários, e que podem ser termos atômicos, como os da variável cor ou sentenças que se encontram em uma linguagem característica (ZADEH, 1965).

Barros e Bassanezi (2010) sugerem que, instintivamente, uma variável linguística é um substantivo e seus valores são adjetivos, descritos por conjuntos fuzzy. Um exemplo que pode ser citado, é a valoração da temperatura a partir dos termos linguísticos baixa, média, alta, sendo que “temperatura” é a variável linguística e “baixa, média e alta” são os seus respectivos atributos.

Para Gomide et al. (1995), uma variável linguística pode ser descrita a partir de uma quintupla  $(X, T(X), U, G, M)$ , onde:

- 1) X se refere ao nome da variável;
- 2)  $T(X)$  é o conjunto de termos de X, isto é, refere-se ao conjunto de nomes dos valores linguísticos de X;
- 3) U trata-se do universo de discurso;
- 4) G se refere a regra sintática (gramática) para produzir os valores de X como uma composição de termos de  $T(X)$ , conectivos lógicos (negação, interseção e união), modificadores e delimitadores;
- 5) M trata da regra semântica que relaciona cada valor gerado por G a um conjunto fuzzy em U.

## 2.5 Sistemas Baseados em Regras Fuzzy (SBRF)

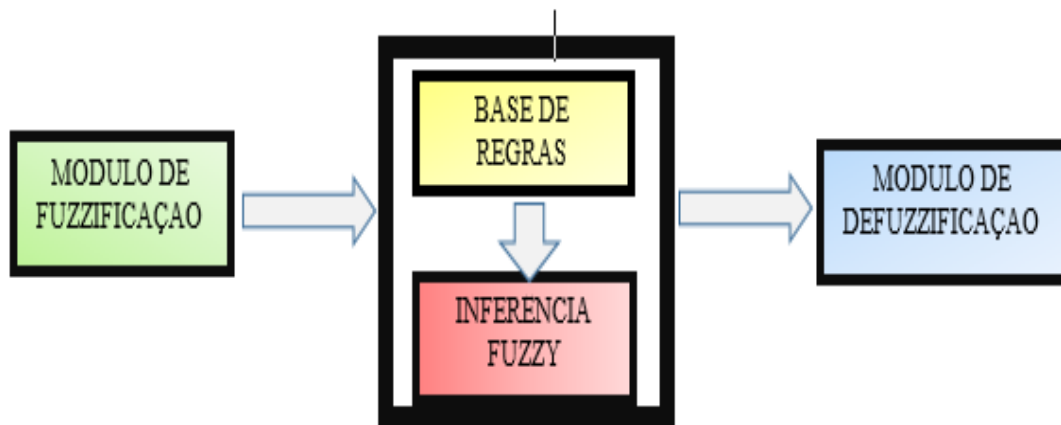
Um sistema baseado em regras fuzzy (SBRF) pode ser utilizado em diferentes áreas, como engenharia, ciências ambientais, ciências exatas, entre outras, onde se pretende aperfeiçoar e fundamentar a tomada de decisão de gestores com essa valiosa ferramenta.

Segundo Ross (2004), o sucesso do SBRF está relacionado à sua construção, que faz uso de variáveis linguísticas nas regras se-então (*if-then* em inglês) como seus antecedentes e consequentes e possibilita a automatização e a implantação de uma ampla estrutura de conhecimento humano que não tinham sido inseridos pela modelagem quantitativa.

Já para Barros e Bassanezi (2010), um sistema baseado em regras fuzzy utiliza a lógica fuzzy para gerar saídas para cada entrada, sendo que as tarefas são controladas por intermédio de termos da linguagem habitual traduzindo-os em conjuntos fuzzy. Estes termos transcrevem uma base de regras que produzirão uma relação fuzzy, pelo qual será obtida uma saída (resposta, ação) para cada entrada (estado, condição).

Um SBRF é composto de quatro módulos/etapas, a saber: fuzzificação, base de regras, inferência fuzzy e defuzzificação, conforme mostra a Figura 3. A seguir serão descritas cada módulo/etapa integrante do SBRF, destacando os principais aspectos envolvidos.

**Figura 3**— Etapas de um SBRF



Fonte: Adaptado de Barros e Bassanezi (2010)

### 2.5.1 Módulo de Fuzzificação

Na etapa de fuzzificação, as entradas do SBRF são modeladas por conjuntos fuzzy que identificam as variáveis de entrada e seus respectivos domínios, caracterizando o estado do sistema e normalizando em um universo de discurso padronizado (BARROS e BASSANEZI, 2010). Acrescenta-se que os especialistas no assunto em que se pretende estudar, têm papel importante na formulação das funções de pertinência para cada conjunto fuzzy, destacando que para o presente estudo serão consultados especialistas para construção dessas funções.

### 2.5.2 Base de Regras

A Base de Regras pode ser considerada a parte central do SBRF, pois é composta de proposições fuzzy, sendo que cada proposição é descrita na seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{Se } x_1 \text{ é } A_1 \text{ e } x_2 \text{ é } A_2 \text{ e } \dots \text{ e } x_n \text{ é } A_n \\ \text{Então } u_1 \text{ é } B_1 \text{ e } u_2 \text{ é } B_2 \text{ e } \dots \text{ e } u_m \text{ é } B_m \end{aligned} \quad (7)$$

Enfatiza-se que as variáveis e respectivas categorizações linguísticas são catalogadas, e previamente, modeladas através de conjuntos fuzzy, ou seja, funções de pertinência que podem ser obtidas a partir de diversos métodos (BARROS E BASSANEZI, 2010).

### 2.5.3 Inferência Fuzzy

Nesta etapa, cada proposição é traduzida matematicamente utilizando técnicas de lógica fuzzy, em que será fornecida uma saída fuzzy a ser adotada pelo modelador/controlador do sistema, a partir de cada entrada fuzzy.

Será adotado para este estudo, o método de inferência do tipo Mamdani, que utiliza o conhecimento de especialistas para montar sua estrutura de aplicação e caracteriza-se como intuitivo. Esse método realiza a agregação do conjunto de regras por intermédio de um operador de união de todas as relações individuais. Fundamentado na regra de composição de inferência “max-mín”, este método sugere uma relação fuzzy binária para modelar matematicamente a base de regras (BARROS E BASSANEZI, 2010).

### 2.5.4 Defuzzificação

Na etapa de Defuzzificação, um conjunto fuzzy é representado por um valor *crisp* (valor real), ou seja, converte-se uma quantidade fuzzy em uma quantidade real (BARROS e BASSANEZI, 2010; ROSS, 2004). Existem muitos métodos de defuzzificação, mas geralmente os mais utilizados são o Centro da Área ou Centróide, o Centro dos Máximos e a Média dos Máximos.

Para este trabalho, será utilizado o método de defuzzificação centróide, que apresenta a média das áreas de todas as figuras que representam os graus de pertinência de um subconjunto fuzzy, que é dado pela equação (BARROS E BASSANEZI, 2010):



$$G(B) = \frac{\sum_{i=0}^n u_i \varphi B(u_i)}{\sum_{i=0}^n \varphi B(u_i)}$$

(8)

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentados os itens que compõem o modelo fuzzy proposto para avaliar o manejo de resíduos sólidos no aeroporto estudado, assim como os procedimentos metodológicos adotados para atingir os objetivos deste estudo.

#### 3.1 Natureza da Pesquisa

Quanto ao objetivo, a pesquisa realizada neste estudo é tipificada como exploratória, com a finalidade de ampliar o referencial teórico sobre o gerenciamento de resíduos sólidos aeroportuários, além de possibilitar o desenvolvimento de novas abordagens sobre o tema proposto e identificar melhorias no manejo de resíduos.

De acordo com Gil (2010), a pesquisa exploratória tem como enfoque trazer maior proximidade com o problema estudado para assim torná-lo mais compreensível ou ainda auxiliar na construção de hipóteses, sendo aplicada em situações onde se há pouco conhecimento reunido e estruturado para compreender determinado fenômeno (VERGARA, 2009).

Diante da definição de pesquisa exploratória apresentada, considerando seu escopo, busca-se neste estudo estabelecer o estado da arte sobre o tema por intermédio de um levantamento em bases de dados nacionais e internacionais (*Scielo, Science Direct, etc.*), teses, dissertações, livros, entre outros instrumentos. Isso também garante a realização da primeira etapa, que visa a construção da revisão de literatura, abordando os principais tópicos envolvidos no gerenciamento de resíduos sólidos em aeroportos.

Já em relação aos procedimentos técnicos, a pesquisa realizada é tipificada como um estudo de caso, que tem como objeto de estudo, que será descrito posteriormente, um aeroporto internacional administrado pela INFRAERO localizado no estado de São Paulo.

Conforme Gil (2008), um estudo de caso visa investigar fatos do cotidiano cujos limites não estão definidos totalmente, detalhar a situação das circunstâncias em que está sendo realizada determinada investigação,

Acerca da análise dos resultados, esta última possui uma abordagem quantitativa ao levar em conta a natureza das variáveis e dos dados produzidos com o modelo proposto, como, por exemplo, índices de geração de resíduos infectantes, comuns e recicláveis, ocupação do veículo coletor, frequência de coleta, índice de recuperação de resíduos recicláveis, distância de transporte, entre outros.

Além da análise quantitativa dos resultados, efetuou-se a avaliação dos aspectos qualitativos do gerenciamento de resíduos sólidos que fazem referência as etapas de coleta, transporte, armazenagem temporária, tratamento e destinação final, que envolveu a verificação das ações realizadas pelo empreendimento aeroportuário estudado em relação ao que a legislação determina e também em consonância com melhores práticas sustentáveis no setor.

### **3.2 Modelo Fuzzy para Gerenciamento de Resíduos Sólidos em Aeroportos**

Esta seção apresenta a descrição das etapas de construção do sistema baseado em regras fuzzy aplicado ao gerenciamento de resíduos sólidos no aeroporto estudado, que contém os seguintes itens: seleção das variáveis e desenvolvimento do sistema de regras fuzzy proposto que, por sua vez, engloba etapa de fuzzificação, base de regras, implementação, inferência e defuzzificação.

#### **3.2.1 Seleção das Variáveis**

A escolha das variáveis para o modelo fuzzy teve como referências o estudo de Ferraz (2008), que desenvolveu um Índice de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos (IGR), não fuzzy, a partir da aplicação da agregação de indicadores definidos para as dimensões: estratégica, coleta e transporte tratamento e destinação final; o estudo de Carra et al. (2013) que aborda a utilização de indicadores para avaliar a gestão de resíduos sólidos do Aeroporto Internacional de Viracopos (SP) e também o trabalho de Coentro (2017) que construiu uma matriz de sustentabilidade para avaliar a gestão de resíduos no Aeroporto Internacional de Congonhas (SP).

Acrescenta-se que a RDC nº 56 da ANVISA (2008), que trata das boas práticas no manejo de resíduos aeroportuários, e o auxílio de especialistas em resíduos também foram importantes para a seleção das variáveis, visto que propiciaram a reprodução mais fidedigna dos aspectos e etapas do manejo de resíduos em aeroportos e dos ajustes a serem realizados no modelo.

O Quadro 17 traz as variáveis escolhidas para o sistema baseado em regras fuzzy, que foram agrupadas em três dimensões segundo as referências citadas anteriormente. A presença da armazenagem temporária em duas dimensões do modelo se dá em função dos resíduos serem armazenados em coletores no sítio aeroportuário (primeira dimensão) e em uma central para separação dos resíduos recicláveis e compostáveis (segunda dimensão).

Quadro 17 - Dimensões e variáveis de entrada do modelo fuzzy para gerenciamento de resíduos em aeroportos

<b>DIMENSÃO<sup>1</sup></b>	<b>VARIÁVEIS</b>	<b>UNIDADE</b>
<b>Coleta, Transporte e Armazenagem temporária</b>	Geração de Resíduos (IRS)	Kg/Passageiros
	Frequência de Coleta	Nº de vezes por dia
	Ocupação do veículo coletor	%
	Nível de utilização da armazenagem temporária	%
<b>Separação na fonte (quando houver) e Armazenagem Temporária</b>	Evolução da Reciclagem (IER)	Kg
	Evolução da Compostagem (IEC)	Kg
	Índice de recuperação de materiais recicláveis	%
	Recuperação de resíduo orgânico	%
<b>Tratamento e Destinação Final</b>	Taxa de resíduos destinados ao aterro sanitário	%
	Quantidade de resíduos recicláveis enviados às cooperativas	%
	Quantidade de resíduos destinados a compostagem	%
	Distância do percurso de transporte externo	Km

Fonte: Autoria própria

<sup>1</sup> As dimensões foram identificadas utilizando diferentes cores com o intuito de facilitar a visualização e a diferenciação destas últimas.

A dimensão coleta, transporte e armazenagem temporária avalia o aeroporto estudado em relação às ações executadas no recolhimento, no deslocamento interno e na guarda temporária dos resíduos aeroportuários. Essa dimensão é composta por quatro variáveis:

A variável **geração de resíduos** mensura o nível de minimização da geração dos resíduos por parte do empreendimento aeroportuário, observando se houve um acréscimo ou decréscimo na produção de resíduos em determinado período analisado. O seu desenvolvimento teve como referência um índice construído por Carra et al. (2013), relacionando neste estudo a quantidade de resíduos gerados pela movimentação de passageiros conforme Upham (2001) e Pitt e Smith (2003) realizaram. Essa medida é calculada da seguinte forma:

$$\text{IRS} = \frac{\text{geração de resíduos mensal (kg) / número de movimentos de passageiros(pax) do período analisado}}{\text{geração de resíduos mensal (kg) / número de movimentos de passageiros(pax) do período anterior}}$$

Os dados mensais de geração de resíduos referentes ao ano de 2014 foram obtidos a partir do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) do aeroporto estudado (INFRAERO, 2015a), enquanto em relação ao ano de 2015 teve-se como fonte o estudo de Coentro e Demanboro (2017). Já os dados mensais de movimentação de passageiros dos anos de 2014 e 2015 foram conseguidos a partir das estatísticas da INFRAERO (2014 e 2015b).

Destaca-se que os aeroportos devem elaborar um PGRS como parte integrante do licenciamento ambiental, com atualizações a cada 4 anos, descrevendo os procedimentos efetuados nas etapas de manejo de resíduos e cumprindo o que determina o CONAMA (1993) e a ANVISA (2003). O PGRS do Aeroporto de Congonhas teve sua última atualização no ano de 2015 (INFRAERO, 2015a), sendo que a próxima atualização estava prevista para ocorrer até o final do ano de 2019, mas conforme informações da INFRAERO esse processo será efetuado em 2020.

A **frequência de coleta** se refere ao número de vezes em que os resíduos são removidos diariamente de seus locais de geração ou de acondicionamento (coletores no caso), tendo como referência os valores adotados por Carra et al. (2013), que parte de uma escala de ruim até bom, em relação à frequência adotada pelo empreendimento aeroportuário para a coleta de resíduos. Os dados de 2014 e 2015 para essa variável foram coletados do PGRS (INFRAERO, 2015a) do empreendimento aeroportuário objeto deste estudo.

Já a variável **ocupação do veículo coletor** mede a utilização (em %) da capacidade disponível para coleta de resíduos, levando em conta a quantidade de resíduos gerados, em

média, diariamente, a frequência de coleta e a capacidade nominal do veículo coletor. Essa medida é calculada da seguinte maneira:

$$\text{ocupação do veículo coletor} = \frac{\text{geração média diária de resíduos (kg)}}{\text{capacidade real do veículo (kg)} \times \text{número de viagens diária}} * 100$$

A geração diária média dos resíduos nos meses do ano de 2014 foi obtida com base nos dados de geração mensais de resíduos presentes no PGRS do Aeroporto de Congonhas (INFRAERO, 2015a), e em relação aos meses de 2015 teve-se como referência o estudo de Coentro e Demanboro (2017). Já o número de viagens diárias corresponde a frequência de coleta diária adotada pelo aeroporto para os diferentes tipos de resíduos gerados, sendo a mesma para 2014 e 2015.

A capacidade real do veículo de coleta é calculada conforme IBAM (2001) a partir da capacidade nominal (ou capacidade total), considerando uma perda de produtividade que corresponde a 30% da capacidade, esta é calculada multiplicando a capacidade nominal por 70%. Para a capacidade do veículo coletor de resíduos infectantes (Grupo A) teve-se como referência NOVA OSASCO (2019), enquanto para os rejeitos (Grupo D) utilizou-se a planilha de dimensionamento de frota da FUNASA (2017) e para os resíduos recicláveis (GRUPO D) adotou-se o valor presente em DYNELSECO (2019).

**O nível de utilização da armazenagem temporária** mensura a quantidade de coletores disponíveis (contêineres) e a respectiva capacidade de armazenamento atendem a geração diária média de resíduos para coleta e acondicionamento dos resíduos produzidos. É calculado utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{Nível de utilização da armazenagem temporária} = \frac{\text{geração mensal de resíduos (kg)}}{\text{capacidade de armazenagem do aeroporto (kg)}} * 100$$

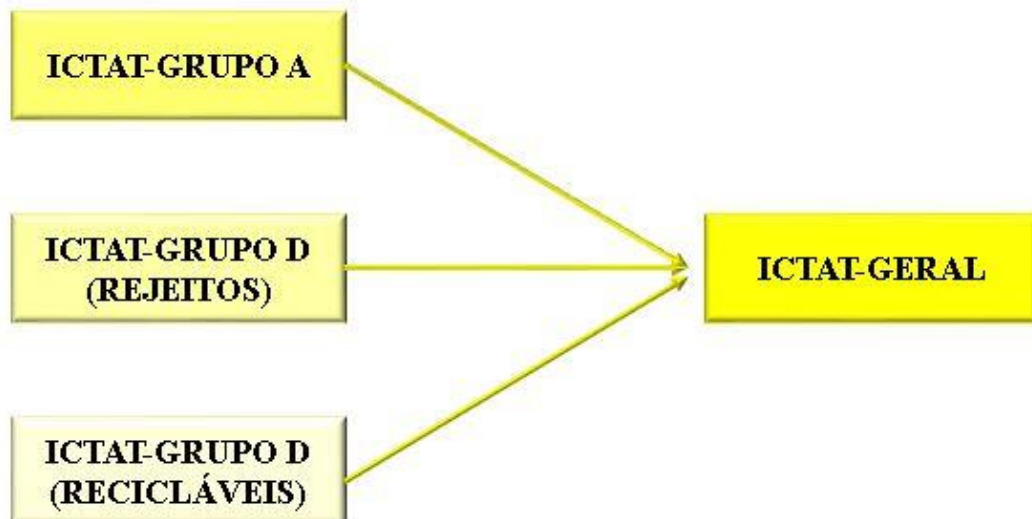
Os dados de geração mensal de resíduos foram obtidos do PGRS do aeroporto estudado (INFRAERO, 2015a), para o ano de 2014, e do estudo de Coentro e Demanboro (2017), para o ano de 2015. Em relação a capacidade de armazenagem, calculada por intermédio da multiplicação do número de coletores pela capacidade de cada coletor, utilizou-se como referência para o número de coletores utilizados para cada grupo de resíduos o PGRS do Aeroporto de Congonhas (INFRAERO, 2015a) e para as respectivas capacidades dos coletores os valores presentes em CONTEMAR (2019).

Inicialmente, foram construídos três SBRFs da dimensão coleta, transporte e armazenagem temporária para dois grupos de resíduos, Grupo A e Grupo D (rejeitos e recicláveis), em consonância com as diferentes características de cada tipo de resíduo, como mostra a Figura 4. Ressalta-se que o GRUPO B (resíduos químicos) não foi incluído, pois apresenta diferentes resíduos como óleos inservíveis, lâmpadas, pilhas e baterias que não são gerados em todos os meses do ano, além de representarem menos de 1% do total de resíduos gerados, o que inviabiliza o desenvolvimento de um SBRF específico para esse grupo em função da ausência de dados.

Já em relação aos Grupos C e E, a não inclusão desses grupos no modelo é justificada pela não contabilização da respectiva geração, seja pela não presença do resíduo (rejeito radioativo) ou pelo não controle da quantidade gerada (resíduos perfurocortantes).

Cada SBRF gerou um indicador de coleta, transporte e armazenagem temporária (ICTAT) para o respectivo grupo representado, que foram agrupados (dando origem a um novo SBRF) e produziram um ICTAT geral.

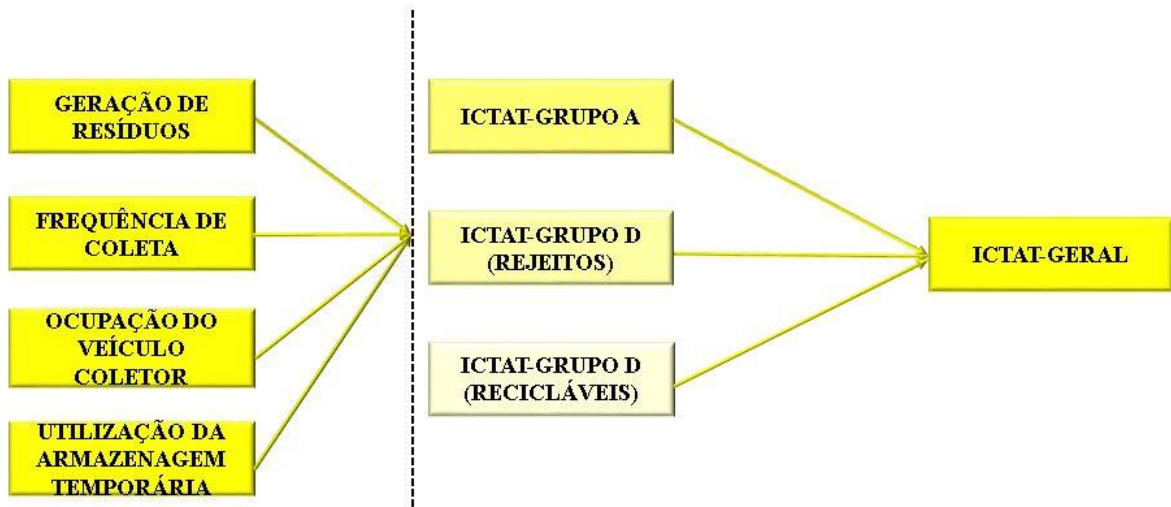
**Figura 4**— Estrutura da dimensão coleta, transporte e armazenagem temporária do modelo fuzzy proposto



Fonte: Autoria própria.

A Figura 5 apresenta a representação da dimensão coleta, transporte e armazenagem temporária com as variáveis de entrada e a variável de saída, que é aplicada para cada grupo de resíduo, especificamente, GRUPO A e Grupo D (rejeitos e recicláveis).

**Figura 5**— Variáveis de entrada e de saída da dimensão coleta, transporte e armazenagem temporária



Fonte: Autoria própria.

A dimensão separação na fonte (quando houver) e armazenagem temporária analisa se o empreendimento aeroportuário estudado realiza a recuperação adequada dos resíduos compostáveis e resíduos recicláveis, considerando a quantidade total dos resíduos gerados. Essa dimensão possui quatro variáveis, a saber:

A variável **evolução da reciclagem** mensura a evolução (aumento ou decréscimo) da quantidade de resíduos recicláveis de um período analisado em relação à um período anterior, sendo que quanto maior o valor melhor será a avaliação do indicador, indicando que houve um aumento da reciclagem dos resíduos do empreendimento aeroportuário. Essa medida é calculada da seguinte forma:

$$\text{Evolução da Reciclagem} = \frac{\text{geração mensal de resíduos recicláveis (kg) do período analisado}}{\text{geração mensal de resíduos recicláveis (kg) do período anterior}} - 1$$

Acrescenta-se que os dados de geração mensal de resíduos recicláveis (período analisado e anterior) de 2014 teve como fonte o PGRS do aeroporto estudado (INFRAERO, 2015a) e os de 2015 o estudo de Coentro e Demanboro (2017).

A **evolução da compostagem** se refere ao aumento ou decréscimo da quantidade de resíduos compostáveis em um período analisado em comparação com um período anterior. Quanto maior o valor desse indicador, maior será o nível de evolução da compostagem no empreendimento aeroportuário. Essa variável é obtida com o seguinte cálculo:



Evolução da Compostagem=

$$\frac{\text{geração mensal de resíduos compostáveis (kg) do período analisado}}{\text{geração mensal de resíduos compostáveis (kg) do período anterior}} - 1$$

Os dados de geração mensal de resíduos compostáveis referentes ao ano de 2014 tiveram como fonte o PGRS do Aeroporto de Congonhas (INFRAERO, 2015a) e os dados do ano de 2015 o estudo de Coentro e Demanboro (2017).

A variável **recuperação de materiais recicláveis**, com base em Santiago e Dias (2012), mede a porcentagem de resíduos recicláveis em relação à quantidade total de resíduos, variando em níveis de adequação conforme porcentagem obtida. Essa medida é gerada a partir da seguinte fórmula:

Recuperação de Materiais Recicláveis=

$$\frac{\text{geração mensal de resíduos recicláveis (kg)} - \text{quantidade de rejeitos}}{\text{geração mensal total de resíduos aeroportuários(kg)}} * 100$$

Os dados para geração mensal total de resíduos e para geração mensal de resíduos recicláveis do ano de 2014 foram coletados do PGRS do aeroporto estudado (INFRAERO, 2015a), enquanto os dados de 2015 tem como base Coentro e Demanboro (2017).

A **recuperação de resíduos orgânicos** mensura a quantidade de resíduos orgânicos que foram enviados para compostagem, considerando a quantidade total de resíduos gerados. Baseou-se em Santiago e Dias (2012), para determinar as diferentes escalas do indicador conforme determinada porcentagem encontrada. Essa variável é obtida a partir do seguinte cálculo:

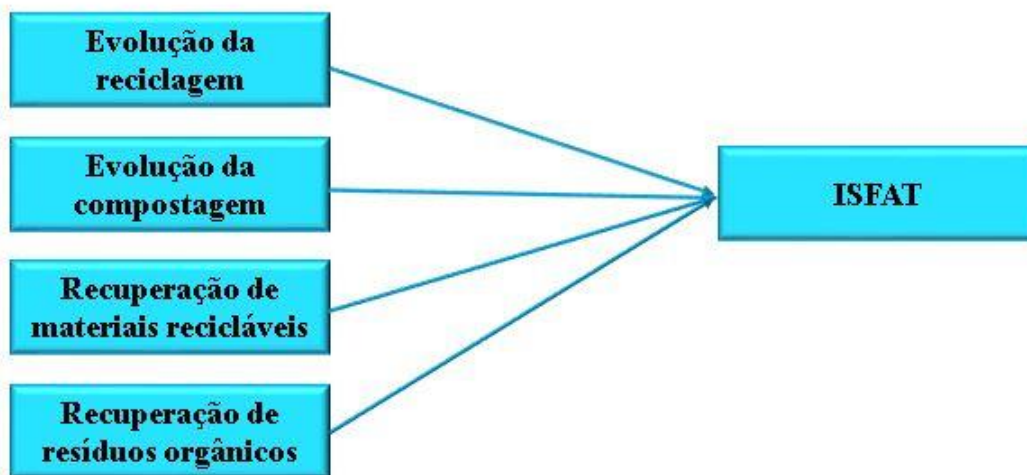
Recuperação de resíduos orgânicos=

$$\frac{\text{geração mensal de resíduos compostáveis (kg)}}{\text{geração mensal total de resíduos aeroportuários(kg)}} * 100$$

Os dados de geração mensal total de resíduos compostáveis e de geração mensal total dos resíduos do Aeroporto de Congonhas referentes ao ano de 2014 foram obtidos de INFRAERO (2015a) e os dados de 2015 do estudo de Coentro e Demanboro (2017).

A Figura 6 mostra a estrutura da dimensão separação na fonte (quando houver) e armazenagem temporária com as variáveis de entrada e a variável de saída, que é o Indicador de separação na fonte e armazenagem temporária (ISFAT).

**Figura 6** — Variáveis de entrada e de saída da dimensão separação na fonte (quando houver) e armazenagem temporária.



Fonte: Autoria própria.

A última dimensão se refere ao tratamento e destinação final dos resíduos que inclui as ações efetuadas no tratamento adotado para os resíduos aeroportuários e também a destinação dos distintos grupos de resíduos presentes nos recintos aeroportuários, que é composta pelas seguintes variáveis:

A variável **taxa de resíduos destinados ao aterro sanitário** teve como base EUROSTAT (2013), representada em porcentagem, que é calculada a partir da divisão do volume de resíduos enviados à aterros volume de resíduos tratados, considerando o período de um ano. A coleta de dados foi efetuada com o auxílio do PGRS do aeroporto estudado (INFRAERO, 2015a) e do estudo de Coentro e Demanboro (2017). A medida é obtida a partir da seguinte fórmula:

$$\text{Taxa de resíduos destinados ao aterro sanitário} = \frac{\text{quantidade mensal de resíduos destinados a aterros (kg)}}{\text{geração mensal total de resíduos aeroportuários(kg)}} * 100$$

Já a variável **quantidade de resíduos recicláveis enviados às cooperativas** mensura o nível destinação correta dos resíduos recicláveis, fundamentando-se no potencial de reciclagem do aeroporto, expressando esse indicador em porcentagem, considerando a análise dos resultados da composição gravimétrica dos resíduos do Grupo D (apenas os comuns) realizada pelo aeroporto nos anos de 2014 e 2015 (INFRAERO, 2015a) além do quantitativo declarado de resíduos recicláveis pelo empreendimento. Os dados para essa variável foram coletados de

INFRAERO (2015a) e Coentro e Demanboro (2017). Realiza-se para gerar os valores dessa medida o seguinte cálculo:

$$\text{Resíduos recicláveis enviados às cooperativas} = \frac{\text{quantidade mensal de resíduos recicláveis destinados às cooperativas (kg)}}{\text{geração mensal de resíduos recicláveis(kg)}} * 100$$

A **quantidade de resíduos destinados à compostagem** mede o nível de destinação adequada dos resíduos destinados a compostagem, expressando em porcentagem (de 0 á 100%). Considerou-se a composição gravimétrica dos resíduos do Grupo D (apenas os comuns) e a quantidade declarada de resíduos que são enviados para a compostagem, conforme INFRAERO (2015a). As fontes para essa variável incluíram o PGRS do aeroporto estuado (INFRAERO, 2015a) e o estudo de Coentro e Demanboro (2017) e sua fórmula de cálculo é:

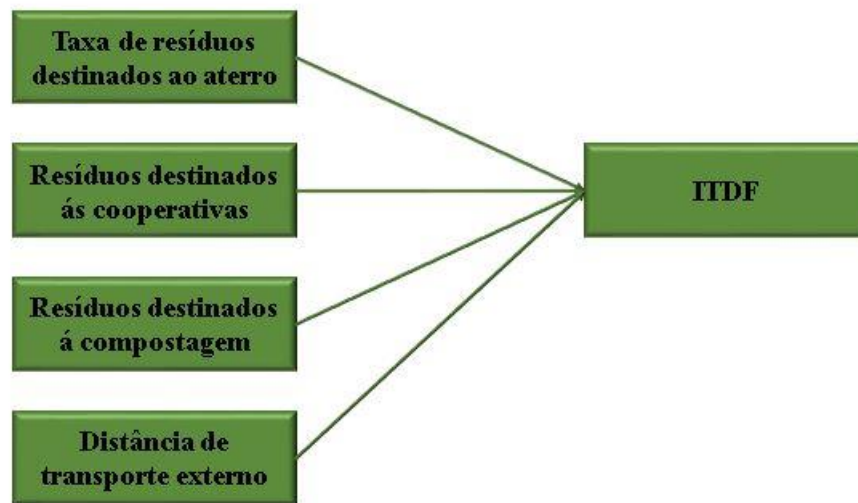
$$\text{Resíduos destinados à compostagem} = \frac{\text{quantidade mensal de resíduos destinados á compostagem (kg)}}{\text{geração mensal de resíduos compostáveis(kg)}} * 100$$

A **distância do percurso de transporte externo** mede o deslocamento médio (quilômetro/viagem) de destinação final, considerando todos os grupos de resíduos, com foco na redução de custos e otimização do transporte. Para essa medida, levou-se em conta que de acordo com Aslog (1997, apud Caixeta Filho, 2001) o modal rodoviário, utilizado para o transporte de resíduos, é ideal para distâncias de até 500 quilômetros, e os dados foram obtidos de INFRAERO (2015a) e Coentro e Demanboro (2017). A fórmula para calcular essa variável é:

$$\text{Distância média de transporte externo} = \frac{\text{soma da distância dos trajetos percorridos para destinação dos resíduos (km)}}{\text{número de trajetos}}$$

Na Figura 7 é apresentada a estrutura da dimensão tratamento e destinação final, que contém as variáveis de entrada e a variável de saída (ITDF) da respectiva medida.

**Figura 7**— Variáveis de entrada e de saída da dimensão tratamento e destinação final

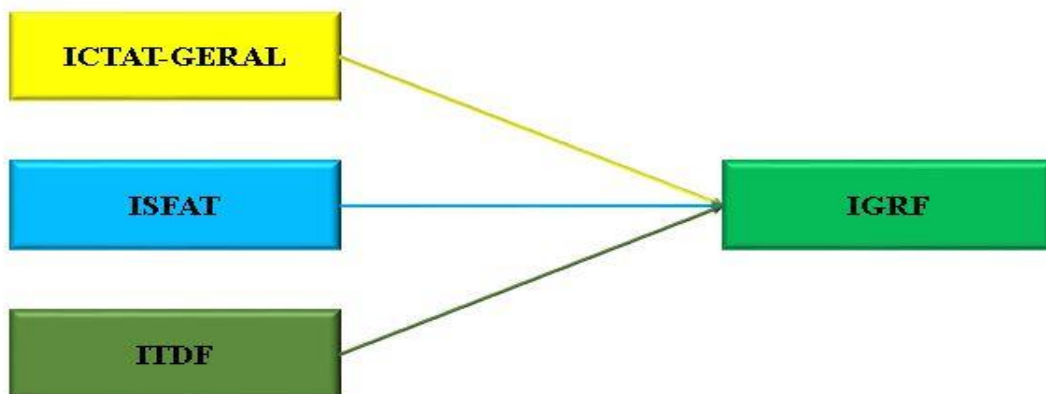


Fonte: Autoria própria.

Por fim, foi construído de um SBRF para agrupar as medidas de cada dimensão deste estudo, ou seja, ICTAT, ISFAT e ITDF, em um único índice denominado Índice de Gerenciamento de Resíduos Fuzzy (IGRF) que analisa o gerenciamento de resíduos em aeroportos.

Os resultados agrupados das três dimensões apresentadas neste estudo, conforme citado anteriormente, são a entrada do último SBRF e dão origem à um Índice de Gerenciamento de Resíduos Fuzzy (IGRF), como mostra a Figura 8, que avalia o gerenciamento de resíduos em um empreendimento aeroportuário e traz um diagnóstico situacional do desempenho deste último no manejo de resíduos.

**Figura 8**— Estrutura do Índice de Gerenciamento de Resíduos Fuzzy (IGRF)

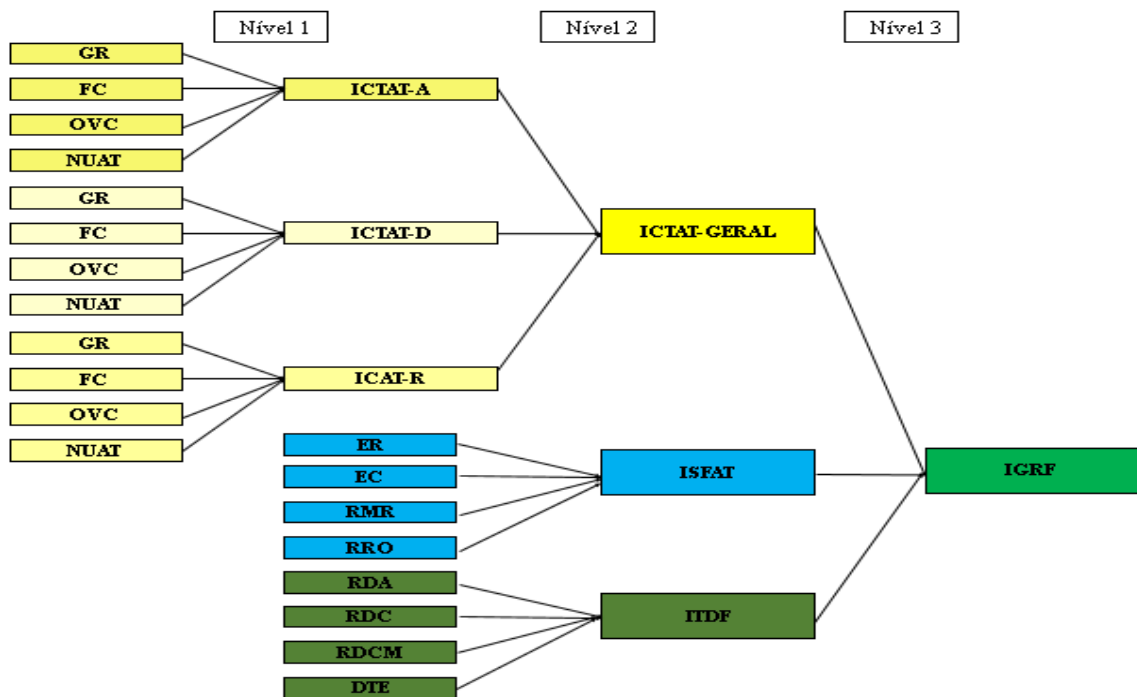


Fonte: Autoria própria.

### 3.2.2 Elaboração do modelo Fuzzy

Com as dimensões e respectivas variáveis definidas, foi estabelecida a estrutura do geral do modelo fuzzy para gerenciamento de resíduos em aeroportos, apresentada na Figura 9, que tem como saída o Índice de Gerenciamento de Resíduos Fuzzy (IGRF).

**Figura 9** — Estrutura geral do SBRF proposto para o gerenciamento de resíduos aeroportuários



Fonte: Autoria própria.

Legenda:(1) Indicadores Primários: Geração de Resíduos (GR), Frequência de Coleta (FQ), Ocupação do Veículo Coletor (OVC) e Utilização da Armazenagem Temporária (UAT).

(2) Indicadores Secundários, onde: ER (Evolução da Reciclagem), EC (Evolução da Compostagem), RMR (Recuperação de Materiais Recicláveis), RRO (Recuperação de Resíduos Orgânicos), RDA (Resíduos destinados ao aterro), RDC (Resíduos destinados a cooperativas), RDCM (Resíduos destinados a compostagem) e DTE (Distância de transporte externo)

(3) Indicadores de cada dimensão e Índice final.

#### 3.2.2.1 Fuzzificação

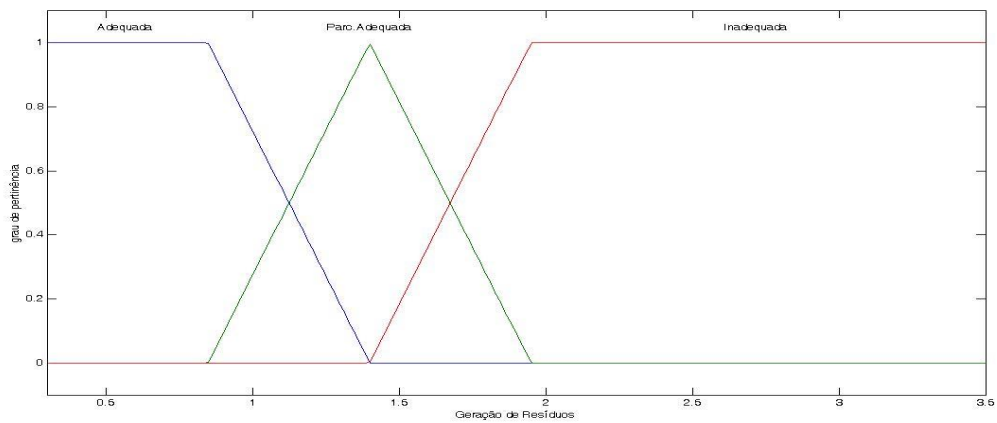
Na etapa de fuzzificação as variáveis (de entrada e de saída) são representadas por termos linguísticos e funções de pertinência adequadas caracterizando assim os conjuntos fuzzy, que representam cada dimensão do modelo fuzzy e também o SBRF que agrega os resultados das três dimensões e resulta no IGRF.

As dimensões do modelo fuzzy deste estudo são compostas por quatro variáveis de entrada e por uma variável de saída, atribuindo-se três termos linguísticos para as variáveis de entrada e cinco para a variável de saída. O SBRF final recebeu três variáveis de entrada

(representam as dimensões do estudo) com três termos linguísticos cada e o IGRF (variável de saída) recebeu cinco termos linguísticos, fazendo uso nesta etapa de funções de pertinência triangulares e trapezoidais.

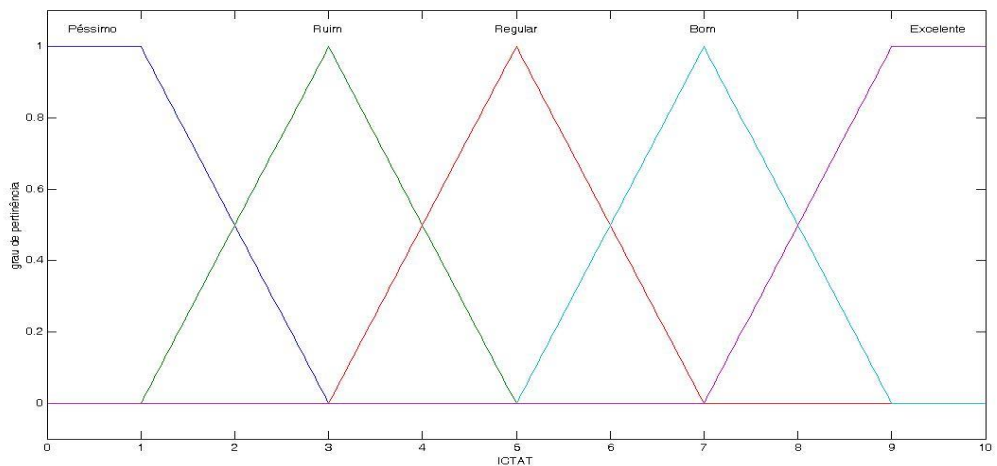
Para exemplificar a fuzzificação apresenta-se na Figura 10 a representação dos conjuntos fuzzy e das funções de pertinência de uma variável de entrada do ICTAT-Grupo A, enquanto a Figura 11 traz a representação da variável de saída do ICTAT-Grupo A, observando-se o domínio da variável e os termos linguísticos.

**Figura 10**—Fuzzificação da variável geração de resíduos (uma das entradas do ICTAT-GRUPO A)



Fonte: Autoria própria.

**Figura 11**— Fuzzificação da variável de saída do ICTAT-GRUPO A



Fonte: Autoria própria.

A representação da fuzzificação das variáveis de outros indicadores e respectivos SBRFs segue o modelo apresentado nas Figuras 10 e 11. Em complemento a isso, a Tabela 1 apresenta os termos linguísticos, os domínios e os respectivos intervalos e justificativas de cada variável (entrada e saída) do ICTAT-Grupo A, sendo que os outros indicadores e o IGRF são representados da mesma maneira conforme Apêndice A.

Tabela 1—Descrição das variáveis de entrada e de saída do ICTAT-GRUPO A

Variável	Termos linguísticos	Domínio	Justificativa para definição do domínio
Geração de Resíduos	Inadequada Parcialmente Adequada Adequada.	[1,05 1,25 4,00 4,00] [0,85 1,05 1,25] [0,50 0,50 0,85 1,05]	O domínio da variável possui o intervalo de [0,50 4,00], que foi definido com base em Carra et al. (2013)
Frequência de Coleta	Não atende Atende Parcialmente Atende	[0 0 1 2] [1 2 3] [2 3 4 4]	A definição do domínio da variável teve como referência Carra et al. (2013), determinando assim o intervalo [0 4] para a variável.
Ocupação do veículo coletor	Não Ideal Parcialmente Ideal Ideal	[0 0 10 30] [10 30 50] [30 50 70 70]	O domínio da variável tem como intervalo [0 70], em decorrência da utilização máxima da ocupação do veículo.
Nível de utilização da armazenagem temporária (% de utilização)	Não suficiente Parcialmente Suficiente Suficiente	[0 0 22,50 67,50] [22,50 67,50 112,50] [67,50 112,50 150 150]	O domínio da variável tem como intervalo [0 150], em decorrência da utilização máxima da armazenagem disponível.
Indicador de coleta, transporte e armazenagem temporária	Péssimo Ruim Regular Bom Excelente	[ 0 0 1 3] [ 1 3 5] [3 5 7] [ 5 7 9] [7 9 10 10]	O domínio da variável possui o intervalo [0 10], definido pelo autor para representar o desempenho pelo aeroporto nessa medida.

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho com base em Carra et al. (2013), Upham (2001), Pitt e Smith (2003) e Monteiro et al. (2001)

### 3.2.2.2 Base de Regras

A base de regras é um estágio fundamental na construção dos sistemas baseados em regras fuzzy (SBRF), sendo que para cada SBRF deste estudo foi realizada uma avaliação das variáveis de entrada e das variáveis de saída, associando-as para que se estimasse o resultado final de cada sistema proposto.

As regras foram elaboradas levando em conta a estrutura “se-então”, que relaciona as variáveis de entrada e saída estabelecidas por intermédio do conhecimento de especialistas na área de resíduos sólidos.

Para cada sistema referente às dimensões do estudo foram elaboradas 81 regras que exprimem todas as possibilidades de associações entre as variáveis de entrada e saída. Já em relação ao SBRF do ICTAT-Geral e para o SBRF final que dá origem ao IGRF, foram construídas 27 regras conforme variáveis de entrada (3 variáveis em cada sistema) e termos linguísticos de cada variável (3 termos para cada variável).

Apresenta-se os seguintes exemplos de regras elaboradas para o ICTAT-GRUPO A , contendo o pior e o melhor cenário dessa medida:

Exemplo 1: “Se a geração de resíduos é inadequada, a frequência de coleta não atende , a ocupação do veículo coletor é não ideal e o nível de utilização da armazenagem temporária é não suficiente, então o ICTAT-Grupo A é péssimo “.

Exemplo 2: “Se a geração de resíduos é adequada, a frequência de coleta atende , a ocupação do veículo coletor é ideal e o nível de utilização da armazenagem temporária é suficiente, então o ICTAT-Grupo A é excelente”.

Encontram-se nos apêndices B, C, D, E e F as figuras que contém a base de regras para cada SBRF desenvolvido neste estudo, ou seja, os SBRF das dimensões deste estudo, do ICTAT-Geral e do IGRF.

### 3.2.2.3 Inferência Fuzzy, Defuzzificação e Implementação

Após a elaboração da base de regras foi realizado o processo de inferência fuzzy, mostrando na Figura 12 o exemplo do ICTAT-Grupo A nesta etapa, onde é possível observar a aplicação do método de Mamdani.

Na etapa de inferência fuzzy, são inseridos valores para cada variável onde é fornecido o grau de pertinência (em amarelo) desses valores em cada regra elaborada. Após isso, para cada regra o sistema fornece o menor grau de pertinência (indicado pelo mínimo na figura), e



retorna o maior valor (representado pelo máximo em azul) entre o menor valor de todas as regras.

**Figura 12**— Inferência Fuzzy- Exemplo do ICTAT-GRUPO A



Fonte: Autoria própria

Já para a etapa de defuzzificação, utilizou-se o método do centróide, que traz a média das áreas de todas as figuras que retratam os graus de pertinência de um subconjunto fuzzy. A Figura 13 mostra um exemplo da defuzzificação do ITCTAT-Grupo A, sendo que o valor crisp retornado pelo sistema (8,94) é destacado em vermelho.

**Figura 13**— Exemplo Defuzzificação ITDF melhor cenário



Fonte: Autoria própria

Destaca-se que para implementar cada sistema proposto neste estudo foi utilizado o software MATLAB em sua versão 7.10.0 – R2010a (MATHWORKS, 2010), especificamente o pacote *Fuzzy Logic Toolbox* que oferece funções e aplicativos para avaliar, construir e reproduzir sistemas baseados em lógica fuzzy.

Os resultados do IGRF foram classificados de acordo com critérios de desempenho do aeroporto no gerenciamento de resíduos, tendo como finalidade representar cinco condições que variam do pior cenário (muito inadequado) até o cenário ideal (muito adequado) como mostra a Tabela 2. Em complemento a essa classificação, o teste estatístico não-paramétrico de Mann-Kendall (Mann, 1945) que avalia a possibilidade de existir tendências em séries temporais foi aplicado, considerando um nível de significância de 95%. Esse teste foi realizado com o auxílio do software livre R (R Core Team, 2017), utilizando o pacote “trend” (Pohlert, 2018) que engloba testes para identificação de tendências.

Tabela 2 — Critérios de Classificação do desempenho do aeroporto estudado no gerenciamento de resíduos

<b>Adequação do Gerenciamento de Resíduos Aeroportuários</b>	<b>IGRF</b>
Muito adequado	[8, 10]
Adequado	[6, 8[
Parcialmente adequado	[4, 6[
Inadequado	[2, 4[
Muito inadequado	[0, 2[

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Ferraz (2008)

Por fim, enfatiza-se que a análise dos resultados do modelo fuzzy foi quantitativa, com base nos valores numéricos do IGRF, que teve como propósito trazer as razões do desempenho do aeroporto estudado no manejo de resíduos, considerando todo o contexto e as ações efetuadas ao longo do período analisado. Já os resultados do teste de Mann-Kendall também estão inseridos nessa análise, trazendo a perspectiva da existência ou não de tendência (positiva ou negativa) de melhora do manejo de resíduos, o que aprimora a análise realizada.

## 4 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

### 4.1 Localização e Área de Influência Indireta

O Aeroporto de Congonhas é administrado pela INFRAERO, estando assim sob administração de uma empresa pública, possuindo uma localização privilegiada. Esse empreendimento se localiza na Região Sul da cidade de São Paulo, especificamente no distrito do Campo Belo bairro Aeroporto, Praça Comandante Lineu Gomes, Avenida Washington Luís s/nº, estando a 8 km ao sul em relação ao centro, sendo acessado pelas Avenidas Washington Luís e Bandeirantes (INFRAERO, 2015a). A Figura 14 apresenta as principais vias do aeroporto que possui os seguintes limites da área aeroportuária conforme VPC BRASIL (2008):

- ❖ Norte: Avenida dos Bandeirantes e Avenida Washington Luís;
- ❖ Sul: Parque Jabaquara e Rua Monsenhor Antonio Pepe;
- ❖ Leste: Avenida Jurandir e acesso a TAM;
- ❖ Oeste: Rua Tamoios, Rua Vieira de Moraes e acesso VASP.

**Figura 14**— Principais vias de acesso ao Aeroporto de Congonhas

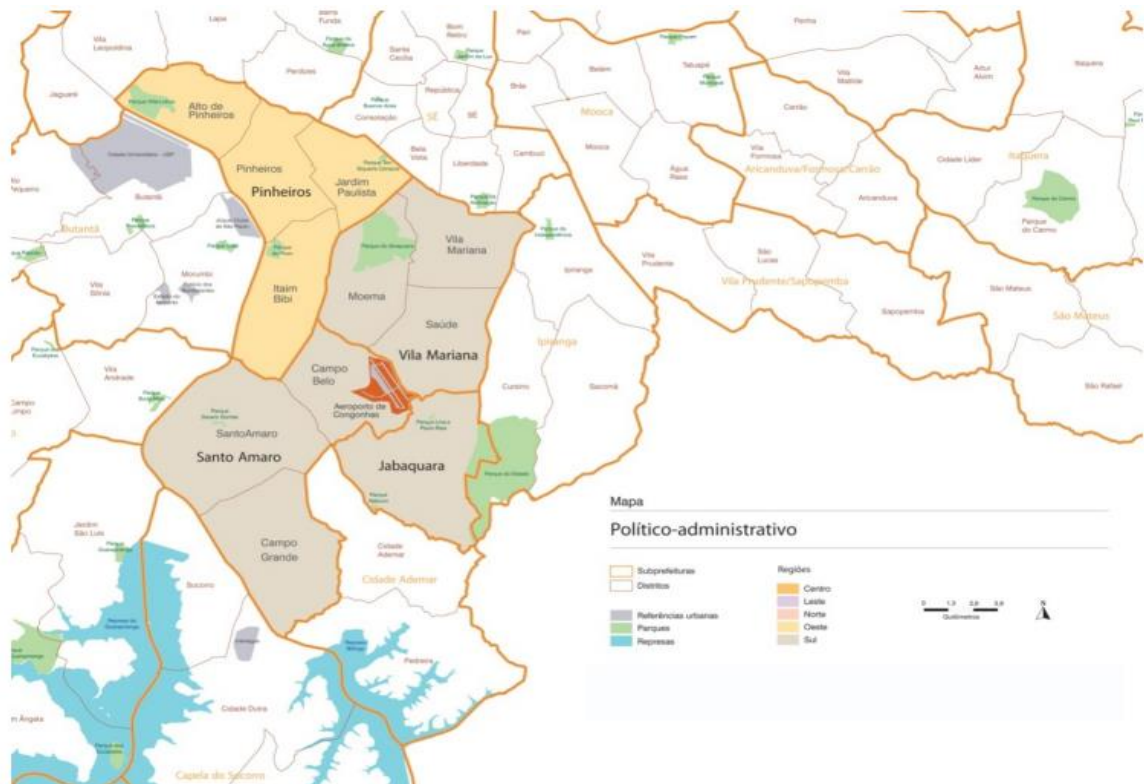


Fonte: INFRAERO (2015a)

Pode-se citar ainda que a Área de Influência Indireta, como mostra a Figura 15, é composta de três subprefeituras inclusas na definição e condução da política urbana da área do aeroporto - Jabaquara, Vila Mariana e Santo Amaro – acrescentando a subprefeitura de

Pinheiros, que tem em seu território algumas áreas com potencial de geração de passageiros e demanda por serviços complementares (VCP BRASIL, 2008).

**Figura 15**— Área de Influência Indireta do Aeroporto de Congonhas



Fonte: VCP BRASIL (2008)

## 4.2 Histórico do Empreendimento

O Aeroporto de Congonhas passou por muitas mudanças físicas ao longo dos anos, desde sua construção até sua consolidação na malha aeroviária brasileira, sendo necessário entender os principais acontecimentos que marcaram a história desse local.

Na década de 1930, o município de São Paulo possuía mais de um milhão de habitantes e obtinha o maior parque industrial da América do Sul, que associados a uma ampla expansão urbana, fizeram surgir a discussão sobre a construção de um novo empreendimento aeroportuário para a cidade (VCP BRASIL, 2008). Outros elementos como preferência por parte do governo federal pela aviação como modo de transporte para o interior do país, demanda crescente do tráfego aéreo e transformação de São Paulo em uma cidade de negócios e do trabalho (VCP BRASIL, 2008), contribuíram para a concepção de um novo aeroporto no município de São Paulo.

Apresenta-se no Apêndice G um histórico detalhado do Aeroporto de Congonhas, contendo uma cronologia de acontecimentos e fotos que demonstram a evolução desse empreendimento ao longo dos anos, tendo como fontes VCP BRASIL (2008), Jornal Folha de São Paulo (2001) apud VCP BRASIL (2008) e MELLO (2006).

### 4.3 Infraestrutura Atual do Aeroporto de Congonhas

A infraestrutura do Aeroporto de Congonhas é constituída da Área de Manobra, da Área do Terminal, da Área Secundária, de Áreas Especiais, possuindo 1.647.940,57 m<sup>2</sup>, das quais 261.077,89 m<sup>2</sup> de área construída segundo INFRAERO (2015a).

A área de Manobra é composta do sistema de pistas, que, por sua vez, possui 02 pistas de pousos e decolagens: uma principal (1.640m x 45m) e uma auxiliar (1.345m x 45 m). Existem ainda 16 pistas de táxi aéreo paralelas, pistas intermediárias perpendiculares e saídas ortogonais ao final da pista, que possibilitam acessar os hangares, exemplificando na Figura 16 o sistema de pistas do Aeroporto de Congonhas (INFRAERO, 2015a).

**Figura 16**— Sistema de pistas do Aeroporto de Congonhas



Fonte: INFRAERO (2015a)

A Área do Terminal é constituída do terminal de passageiros, da administração e manutenção, da área de apoio, de companhias aéreas e infraestrutura básica.

O Terminal de Passageiros tem área total de 64.579 m<sup>2</sup> de área total e é composto por um Prédio Central, alas Norte e Sul, conector e pontes de embarque e desembarque, abrigando serviços gerais, refeitório, central de equipamentos área comercial, área destinada ao embarque e o desembarque remoto (INFRAERO, 2015a).

O Aeroporto de Congonhas é administrado pela INFRAERO, dispondo de um escritório administrativo e uma sala operacional, totalizando 2.363 m<sup>2</sup>. Acrescenta-se que existe também a área de apoio que é integrada por serviços de comissária (preparação de refeições), empresas de serviços aeroportuários (atendimento de aeronaves; transporte de superfície; limpeza de aeronaves, entre outros), o parque de abastecimento de aeronaves (PAA) e a seção de combate a incêndio; as companhias aéreas GOL, AVIANCA, TAM e AZUL e infraestrutura básica como energia, saneamento e instalações de comunicação (INFRAERO, 2015a).

O Aeroporto de Congonhas ainda possui em sua infraestrutura a Área Secundária que envolve atividades complementares que não estão ligadas diretamente à aviação regular, e Áreas Especiais designadas a receber instalações do 4º Serviço Regional de Aviação Civil -, do Departamento de Controle do Espaço Aéreo – DECEA, estas localizadas no edifício do Terminal de Passageiros (INFRAERO, 2015a).

#### 4.4 Movimentação Operacional

A movimentação operacional do Aeroporto de Congonhas se refere às movimentações de aeronaves, passageiros e de carga, buscando caracterizar as operações realizadas por esse empreendimento. A Tabela 3 apresenta as movimentações de aeronaves e passageiros no período de 2010 a 2018, assim como sua participação na rede INFRAERO em relação a passageiros, com base no Anuário Estatístico Operacional desta última.

Tabela 3— Movimentação de aeronaves e de passageiros no Aeroporto de Congonhas no período de 2010 á 2018

Ano	Movimentação de passageiros (em milhões)	Movimentação de aeronaves (Doméstico+Internacional)	Participação na rede INFRAERO apenas passageiros (%)
2010	15.499.462	204.943	9,98
2011	16.756.452	209.280	9,30
2012	16.775.770	213.419	8,69
2013	17.119.530	209.555	12,61
2014	18.134.768	205.407	16,08
2015	19.279.644	213.833	17,17
2016	20.816.957	213.043	19,86
2017	21.859.453	217.918	20,15
2018	22.125.712 <sup>2</sup>	222.298	26,21

Fonte: Elaborado com base INFRAERO (2011, 2012, 2013, 2014,2015b,2016, 2017, 2018 e 2019a)

<sup>2</sup> O aeroporto apresentou uma movimentação de 507 passageiros em voos internacionais, que foram contabilizados ao quantitativo de voos domésticos.

Observa-se nos números de movimentação de passageiros um crescimento constante ao longo do período levantado, atingindo em média 5,34% de aumento por ano, o que é um número significativo em relação às variações do setor aéreo e da economia nacional nos últimos anos. Outro fato que chama a atenção é o aumento da participação no número de passageiros do Aeroporto de Congonhas na rede de aeroportos administrados pela INFRAERO, principalmente de 2012 para 2013 e de 2013 para 2014. Isso pode ser explicado pela concessão para iniciativa privada do Aeroporto Internacional de Guarulhos no ano de 2012 (início da operação em 2013), que detinha a maior movimentação de passageiros entre os aeroportos do país e também pela concessão de outros importantes aeroportos como o Aeroporto Internacional de Viracopos (SP), o Aeroporto Internacional de Brasília (DF) e o Aeroporto Internacional de Confins (MG).

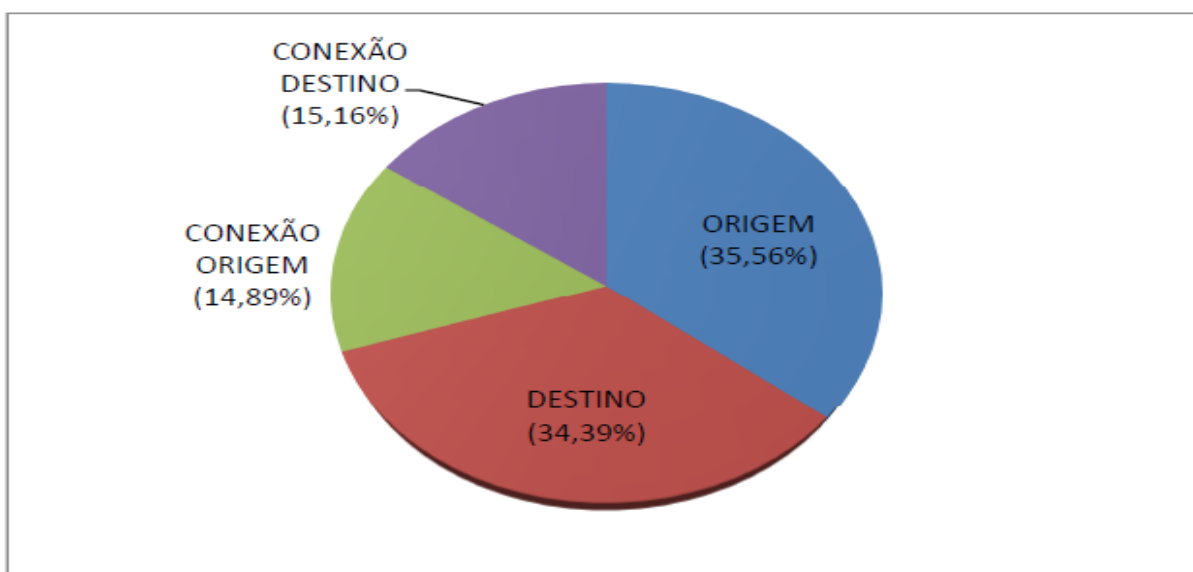
A indicação de maior participação do aeroporto estudado, denota que a partir do ano de 2013 este empreendimento passou a ser o mais representativo sob a administração da INFRAERO, impulsionado tanto pela concessão de aeroportos quanto pela diminuição de aeroportos administrados pela iniciativa pública (67 em 2010 para 53 em 2018). Acrescenta-se que para o futuro há a possibilidade de extinção da INFRAERO<sup>3</sup>, passando a gestão dos aeroportos nacionais para a iniciativa privada.

Outro ponto a ser destacado no que se refere à movimentação de passageiros, é quanto a origem e destino dos passageiros ao ingressarem no Terminal de Passageiros do Aeroporto de Congonhas conforme mostra a Figura 17, tendo como base o ano de 2014. É possível depreender acerca da Figura 17 que o Aeroporto de Congonhas se conecta diretamente a diversas capitais do país, sendo utilizado como uma das principais opções para viajantes brasileiros, dada a ampla faixa de voos diretos e também a tradição do empreendimento no setor aéreo nacional.

---

<sup>3</sup> Conforme reportagem da Folha de São Paulo publicada no dia 21/01/2019, disponível no seguinte link: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2019/01/infraero-sera-fechada-durante-governo-bolsonaro-diz-novo-secretario.shtml>.

**Figura 17**— Movimentação de passageiros no Aeroporto de Congonhas quanto a origem e destino no ano de 2014.



Fonte: INFRAERO (2015a)

Já a Tabela 4 mostra a evolução da movimentação de carga no aeroporto estudado englobando o mesmo período e sendo consultada a mesma fonte citada anteriormente. Cabe ressaltar que o aeroporto atende apenas voos domésticos, não existindo assim o quantitativo de passageiros para voos internacionais por não atender esse tipo de operação.

**Tabela 4**—Movimentação de carga aérea e correios no Aeroporto de Congonhas no período de 2010 á 2018

Ano	Movimentação de carga aérea+correios (kg)	Participação na rede INFRAERO (%)
2010	24.039.116	1,70
2011	49.976.425	2,82
2012	60.345.281	3,70
2013	62.460.439	8,13
2014	59.588.000	10,00
2015	54.507.000	10,74
2016	49.231.000	10,54
2017	50.253.000	10,16
2018	51.521.000	12,90

Fonte: Elaborado com base INFRAERO (2011, 2012, 2013, 2014,2015b,2016, 2017, 2018 e 2019a)

Acerca da movimentação de carga aérea do aeroporto estudado, pode-se dizer que houve um grande aumento entre os anos de 2010 a 2013, atingindo um aumento expressivo de 107,90% de 2010 a 2011 e de 20,75% entre os anos de 2011 e 2012. O crescimento da participação do aeroporto na rede INFRAERO neste quesito também pode ser compreendido



pelo que foi dito anteriormente no que se refere a movimentação de passageiros, ou seja, houve a diminuição dos empreendimentos administrados pela INFRAERO e concessões de aeroportos à iniciativa privada. Cabe um adendo sobre a vocação do aeroporto estudado, que apesar de ter bons números na movimentação de carga aérea (12º em 2010 e 2º em 2018 no ranking), sempre figurou nas primeiras posições no ranking de movimentação de passageiros (2º em 2010 e 1º em 2018), o que indica um foco maior nas operações com passageiros.

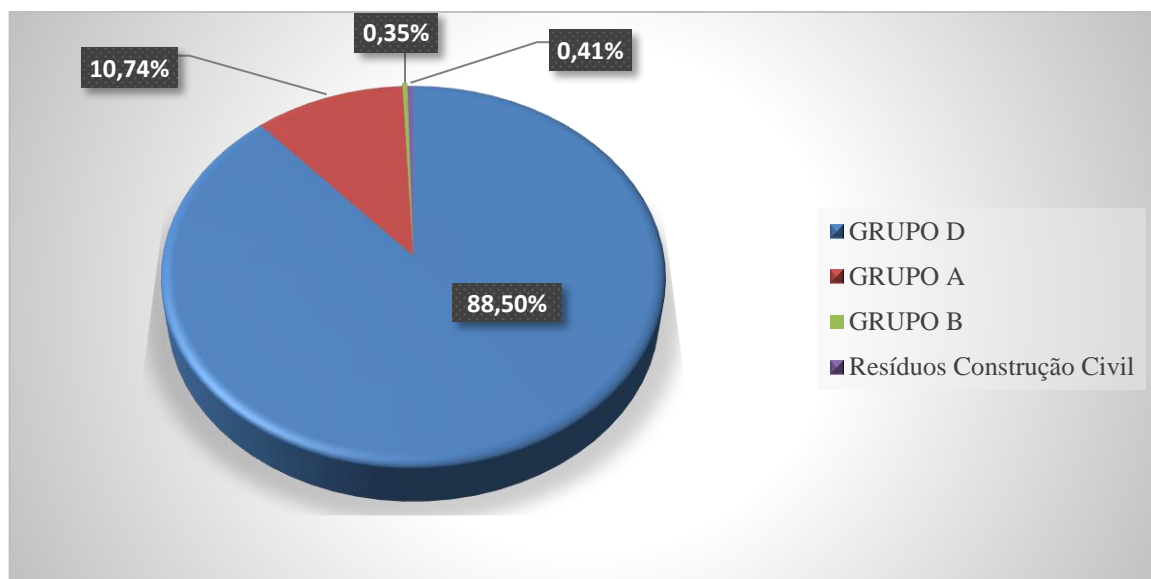
#### 4.5 Diagnóstico do Gerenciamento de Resíduos no Aeroporto de Congonhas

O diagnóstico do manejo de resíduos sólidos no Aeroporto de Congonhas-SP engloba a caracterização dos resíduos gerados, as áreas geradoras, os procedimentos adotados na coleta, transporte, armazenagem temporária e em outras etapas do manejo de resíduos. Esse diagnóstico visa apresentar a situação do aeroporto estudado em relação ao gerenciamento de resíduos, além de verificar se as ações realizadas estão em conformidade com a legislação vigente e as melhores práticas internacionais e nacionais.

##### 4.5.1 Caracterização dos resíduos gerados

A Figura 18 apresenta a distribuição dos resíduos gerados no Aeroporto de Congonhas-SP em relação ao ano de 2014, destacando-se a representatividade de cada grupo de resíduo (em porcentagem) e que se trata dos resíduos que estão sob responsabilidade da INFRAERO.

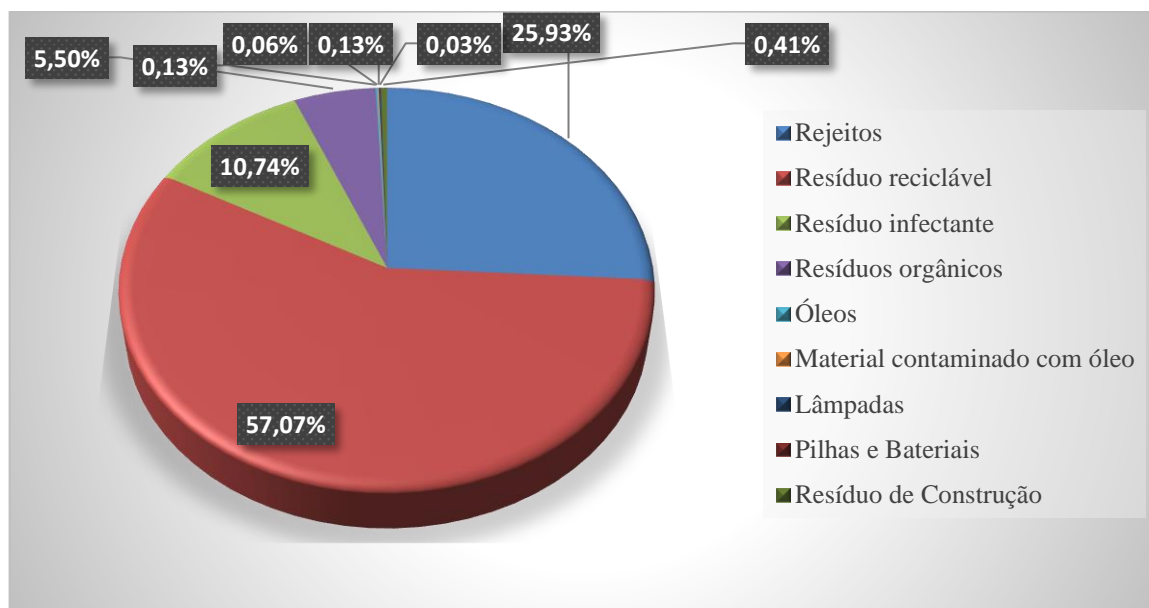
**Figura 18**—Distribuição por grupo dos resíduos gerados no Aeroporto de Congonhas-SP no ano de 2014



Fonte: Adaptado de INFRAERO (2015a).

Complementando a Figura 18, é mostrada na Figura 19 a distribuição dos resíduos por tipo, ou seja, detalhando os grupos de resíduos gerados no aeroporto estudado, conforme análise qualitativa dos resíduos presentes no PGRS (INFRAERO, 2015a).

**Figura 19**— Distribuição por tipo dos resíduos gerados no Aeroporto de Congonhas-SP no ano de 2014



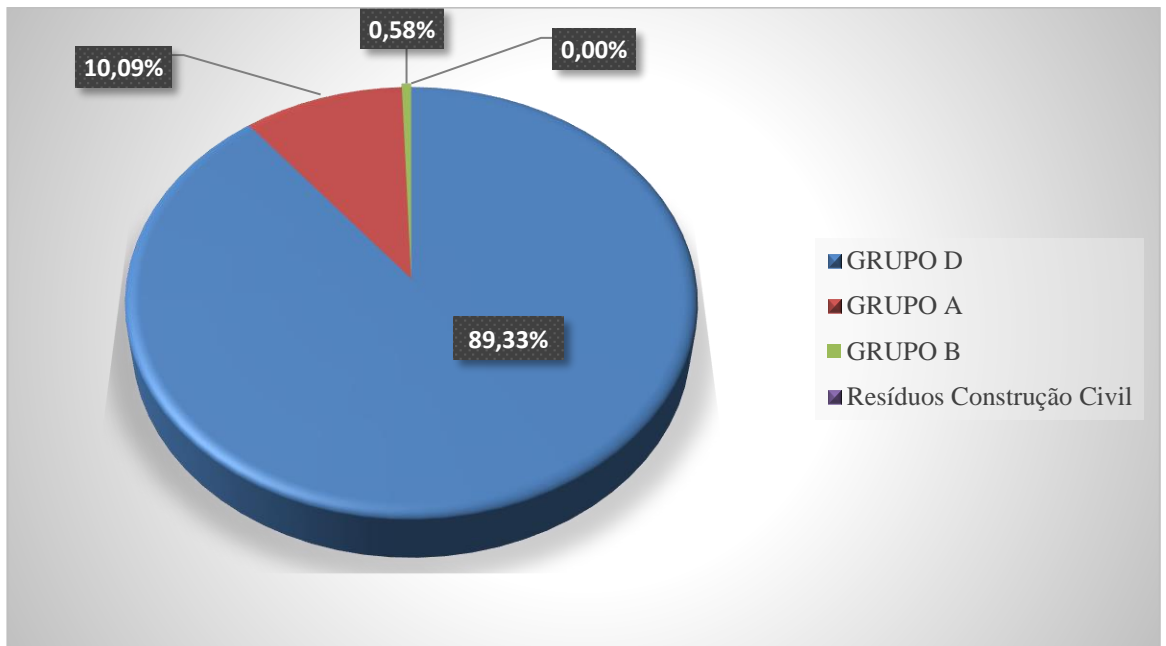
Fonte: Adaptado de INFRAERO (2015a).

Observa-se nas Figuras 18 e 19 que no Aeroporto de Congonhas são gerados, em quantidade, predominantemente resíduos do GRUPO D, representados pelos resíduos comuns e pelos recicláveis, que somam 88,50% do total de resíduos gerados em 2014. Segundo a INFRAERO (2015a), isso se deve pelo Terminal de Passageiros (TPS) ser o local com maior geração de resíduos, visto que toda movimentação de passageiros de voos comerciais acontece nessa edificação, que produz, em grande parte, resíduos do GRUPO D como latas de alumínio, sobras de alimentos, embalagens plásticas e descartáveis, etc.

Destaca-se que do quantitativo de resíduos recicláveis apenas 9% do total de resíduos é efetivamente reciclado, o que não é tão significativo, pois conforme análise qualitativa dos resíduos comuns realizada em 2014 e 2015 no aeroporto (INFRAERO, 2015a) cerca de 56% das amostras foi composta por materiais como papel, papelão, plásticos, latas de alumínio, vidros, entre outros, que possuem grande potencial de reciclagem, que indica que se for contabilizado esse potencial o percentual de recicláveis aumentaria consideravelmente.

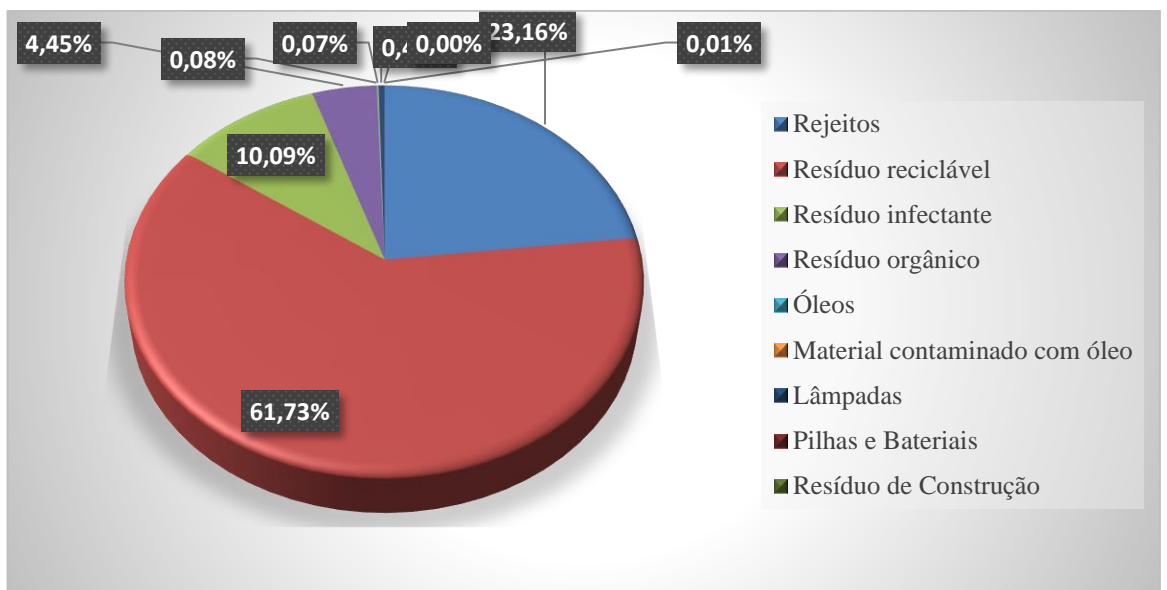
Já em relação aos dados de geração de 2015, a Figura 20 apresenta a representação (em porcentagem) da geração de resíduos dividida por grupos, enquanto a Figura 21 traz a geração de resíduos por tipo.

**Figura 20** — Distribuição por grupo dos resíduos gerados no Aeroporto de Congonhas-SP no ano de 2015



Fonte: Adaptado de Coentro e Demanboro (2015)

**Figura 21** — Caracterização por tipo dos resíduos gerados no Aeroporto de Congonhas-SP no ano de 2015



Fonte: Adaptado de Coentro e Demanboro (2015)

A partir das Figuras 20 e 21 observa-se que os resíduos do Grupo D foram os mais representativos no ano de 2015, sendo que especificamente os resíduos comuns e os recicláveis são os tipos de resíduos mais significativos, representando se somados 89,33% do total gerado nesse período.

É notório também que a participação dos resíduos recicláveis na geração total de resíduos aumentou (cerca de 8,17 %) em comparação a 2014, assim como a parcela de resíduos que são reciclados (passou de 9,00% para 19,14%), que ainda não é adequada considerando o potencial existente. Esse aumento na reciclagem dos resíduos é resultado de ações como: aumento do número de coletores de coleta seletiva, de campanhas de conscientização para recuperação de materiais e descarte correto dos resíduos no sítio aeroportuário, etc. Isso reforça a busca dos gestores aeroportuários por uma destinação mais adequada dos resíduos, diminuindo assim a quantidade de resíduos comuns e, posteriormente, o encaminhamento de resíduos para aterros sanitários.

Enfatiza-se também que os resíduos infectantes (GRUPO A) e os resíduos químicos (GRUPO B) se mantiveram praticamente no mesmo patamar de participação na geração de resíduos, resultado da pouca variação na quantidade produzida desses resíduos.

Em complemento as Figuras 20 e 21, apresenta-se na Tabela 5 a representação por grupo e por tipo dos resíduos gerados no Aeroporto de Congonhas, para facilitar a comparação entre 2014 e 2015.

Tabela 5— Representação por grupo e tipo dos resíduos gerados no Aeroporto de Congonhas

<b>Grupo de Resíduos</b>	<b>Representação em 2014(%)</b>	<b>Representação em 2015(%)</b>	<b>Tipo de Resíduo</b>	<b>Representação em 2014(%)</b>	<b>Representação em 2015(%)</b>
A	3,14	3,31	Infectante	3,14	3,31
B	0,34	0,58	Lâmpadas	0,13	0,42
			Pilhas e Baterias	0,04	0,01
			Óleos	0,13	0,08
			Material contaminado com óleo	0,06	0,07
D	96,11	96,11	Resíduo comum	85,06	75,97
			Reciclável	9,39	19,14
			Poda	1,64	1,00
Resíduos de Construção	0,41	0,00	Resíduo de construção	0,41	0,00
Total	100,00	100,00	-	100,00	100,00

Fonte: Elaborado com base em INFRAERO (2015a) e Coentro e Demanboro (2017)

Para auxiliar na comparação entre a geração de resíduos em 2014 com 2015, apresenta-se na Tabela 6 um indicador que relaciona a movimentação de passageiros com a quantidade

total de resíduos denominado GR/PAX. Segundo INFRAERO (2015a) esse indicador pode ser “um importante instrumento de gestão de resíduos, uma vez que se mostram extremamente sensíveis às intervenções nos processos e, portanto, referência para estabelecimento de metas de gestão”.

Tabela 6— Indicador de geração de resíduos

<b>INDICADOR DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS</b>						
<b>MÊS</b>	<b>GERAÇÃO DE RESÍDUOS 2014</b>			<b>GERAÇÃO DE RESÍDUOS 2015</b>		
	<b>RES (KG)</b>	<b>PAX</b>	<b>GR/PAX</b>	<b>RES (KG)</b>	<b>PAX</b>	<b>GR/PAX</b>
		(em milhões)			(em milhões)	
Janeiro	136.307,05	1.534.047	88,85	132.335,70	1.742.357	75,95
Fevereiro	110.701,20	1.320.148	83,86	116.813,20	1.382.908	84,47
Março	122.250,00	1.428.193	85,60	124.625,60	1.586.189	78,57
Abril	115.782,20	1.492.853	77,56	122.313,70	1.630.427	75,02
Maiο	125.358,20	1.500.358	83,55	120.258,50	1.579.382	76,14
Junho	111.371,20	1.235.850	90,12	129.696,30	1.492.454	86,90
Julho	130.001,60	1.478.899	87,90	135.335,50	1.738.107	77,86
Agosto	133.763,95	1.588.709	84,20	128.603,10	1.560.454	82,41
Setembro	128.388,30	1.522.810	84,31	134.975,60	1.548.117	87,19
Outubro	131.272,65	1.626.772	80,70	140.040,50	1.651.293	84,81
Novembro	120.506,15	1.654.773	72,82	132.669,90	1.632.323	81,28
Dezembro	149.827,20	1.750.659	85,58	99.045,70	1.735.633	57,07
<b>Total</b>	<b>1.515.529,70</b>	<b>18.134.071,00</b>	<b>-</b>	<b>1.516.713,30</b>	<b>19.279.644,00</b>	<b>-</b>
<b>Média</b>	<b>126.294,14</b>	<b>1.511.172,58</b>	<b>83,75</b>	<b>126.392,78</b>	<b>1.606.637,00</b>	<b>78,97</b>

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho com base em INFRAERO (2015a), Coentro e Demanboro (2015)

Os resultados presentes na Tabela 6 demonstram que em números absolutos a geração de resíduos e a movimentação de passageiros aumentaram no ano de 2015 em relação ao ano de 2014, impactando no indicador GR/PAX de maneira positiva, ou seja, houve uma redução nesse indicador. Essa redução decorre do fato de que o aumento significativo da movimentação de passageiros (aproximadamente 6,32% de aumento em comparação a 2014) não ter resultado no mesmo aumento da geração de resíduos nesse período (aproximadamente 0,08%), sendo possível deduzir que de certa forma, o aeroporto busca minimizar a geração de resíduos no aeroporto com ações como realização de educação ambiental para conscientização, adequação dos processos produtivos, otimização dos recursos materiais utilizados, criação de uma comissão com os maiores geradores de resíduos para discutir a possibilidade de redução dos resíduos gerados, entre outros.

Nota-se também que o movimento de passageiros no ano de 2015 foi maior do que 2014, ano que ocorreu a Copa do Mundo no Brasil, que pode ser explicado pelo fato de que durante esse evento não houve um aumento significativo de passageiros no aeroporto (foram

movimentados 1,41 milhão de passageiros nesse período).<sup>4</sup> Além disso, o ano de 2015 apresenta um crescimento na movimentação de passageiros em relação a 2014, principalmente no primeiro semestre, o que refletiu nos números finais.

O indicador GR/PAX pode ser importante para medir a efetividade de ações que visem a minimização e a redução da geração de resíduos, comparando diferentes períodos, levando em conta o crescimento da movimentação de passageiros, que pode impactar na quantidade de resíduos gerados no sítio aeroportuário.

#### **4.6 Análise dos procedimentos operacionais adotados para o Gerenciamento de Resíduos**

Inicialmente, nesta seção serão apresentados os procedimentos que são utilizados pelo Aeroporto de Congonhas no manejo dos resíduos infectantes (GRUPO A), resíduos químicos (GRUPO B), resíduos comuns (GRUPO D) e resíduos perfurocortantes (GRUPO E).

Em um segundo momento, apresenta-se um *check-list* com as conformidades e não conformidades das ações do aeroporto no gerenciamento de resíduos, tendo como base a legislação vigente e as melhores práticas internacionais e nacionais.

De acordo com INFRAERO (2015a), os resíduos infectantes e perfurocortantes são gerados nos locais:

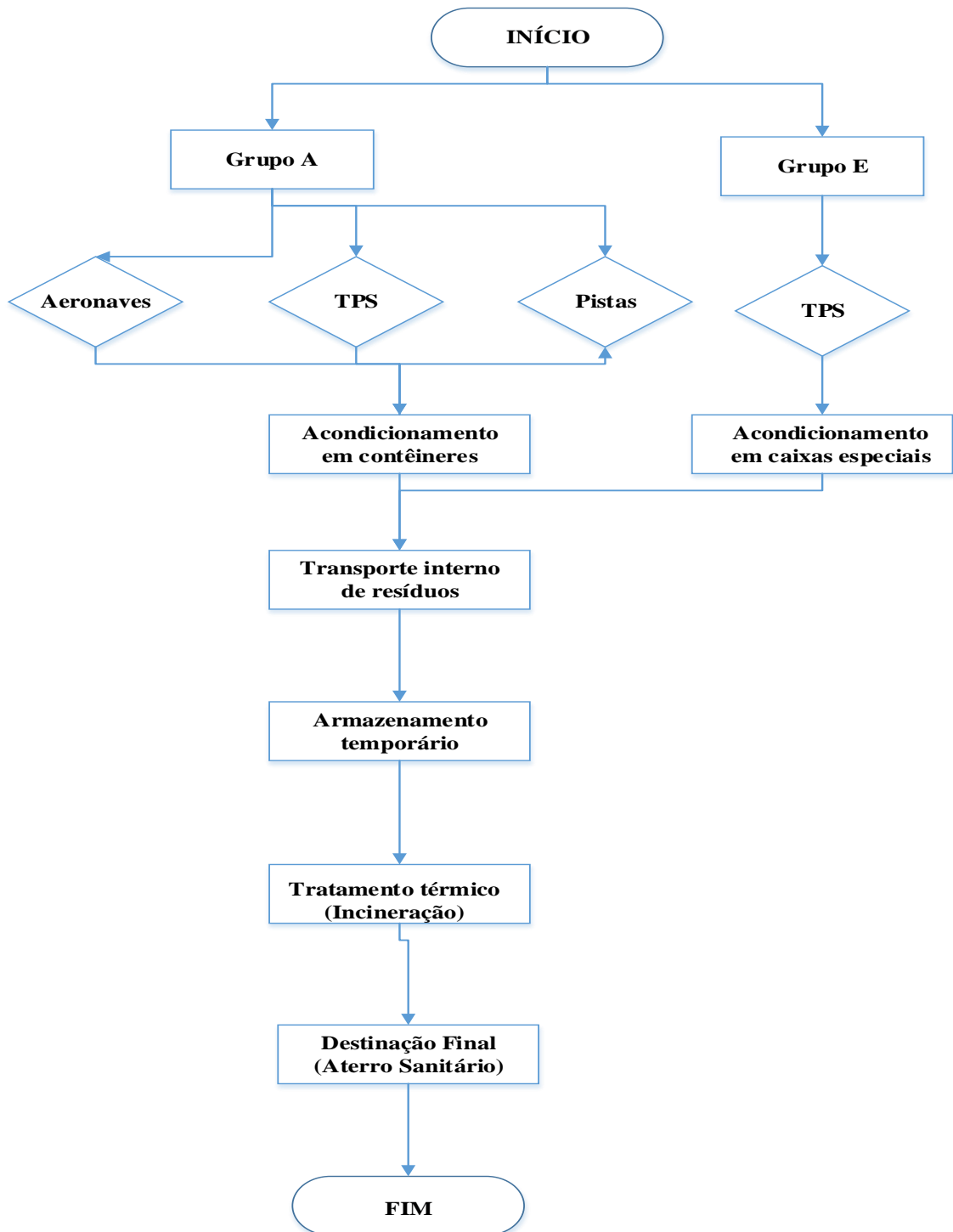
- ❖ Farmácias, ambulatório, salões de beleza e sanitários presentes no Terminal de Passageiros-TPS (infectantes e perfurocortantes);
- ❖ Sanitários de bordo das aeronaves;
- ❖ Áreas de movimento de aeronaves (pistas).

A Figura 22 traz um fluxograma dos procedimentos utilizados no gerenciamento dos resíduos infectantes e dos perfurocortantes. Acrescenta-se que após todas as etapas de gerenciamento de resíduos, o aeroporto deve arquivar o comprovante de destinação final a fim de atender autoridades ambientais competentes como ANVISA, IBAMA, Secretaria Estadual de Meio Ambiente, entre outros.

---

<sup>4</sup>ALISKI, A. **Aeroportos da Copa receberam 17,8 mi passageiros, 13% a mais**. Disponível em: < <https://exame.abril.com.br/brasil/aeroportos-da-copa-receberam-17-8-mi-passageiros-13-a-mais/>>. São Paulo, 2014.

**Figura 22**— Fluxograma de gerenciamento de resíduos infectantes e perfurocortantes no Aeroporto de Congonhas



Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho com base em INFRAERO (2015a)

Acerca das responsabilidades no manejo de resíduos infectantes e perfurocortantes no Aeroporto de Congonhas-SP, pode-se destacar que os geradores são responsáveis pela separação dos resíduos, a empresa ECOPAV pela coleta e transporte interno, a INFRAERO

pelo acondicionamento dos resíduos e armazenamento temporário e a empresa ECOURBIS AMBIENTAL pelo tratamento e destinação final.

Como forma de exemplificar o gerenciamento de resíduos, as Figuras de 23 a 26 mostram etapas como acondicionamento, coleta e armazenagem temporária dos resíduos infectantes e perfurocortantes.

**Figura 23**—Acondicionamento de resíduos infectantes



Fonte: INFRAERO (2015a)

**Figura 24**—Acondicionamento de resíduos perfurocortantes



Fonte: INFRAERO (2015a)



**Figura 25**— Contêiner específico para resíduos infectantes



Fonte: INFRAERO (2015a)

**Figura 26** —Área de armazenamento temporário de resíduos infectantes denominada A300



Fonte: INFRAERO (2015a)

Acrescenta-se que de acordo com INFRAERO (2015a) existem três não-conformidades no gerenciamento de resíduos infectantes, a saber: tratamento como resíduo comum de resíduo infectante gerado em salões de beleza no aeroporto, segregação incorreta de resíduos de sanitários de bordo e falta de registro dos dados do voo nos sacos que acondicionam resíduos infectantes.

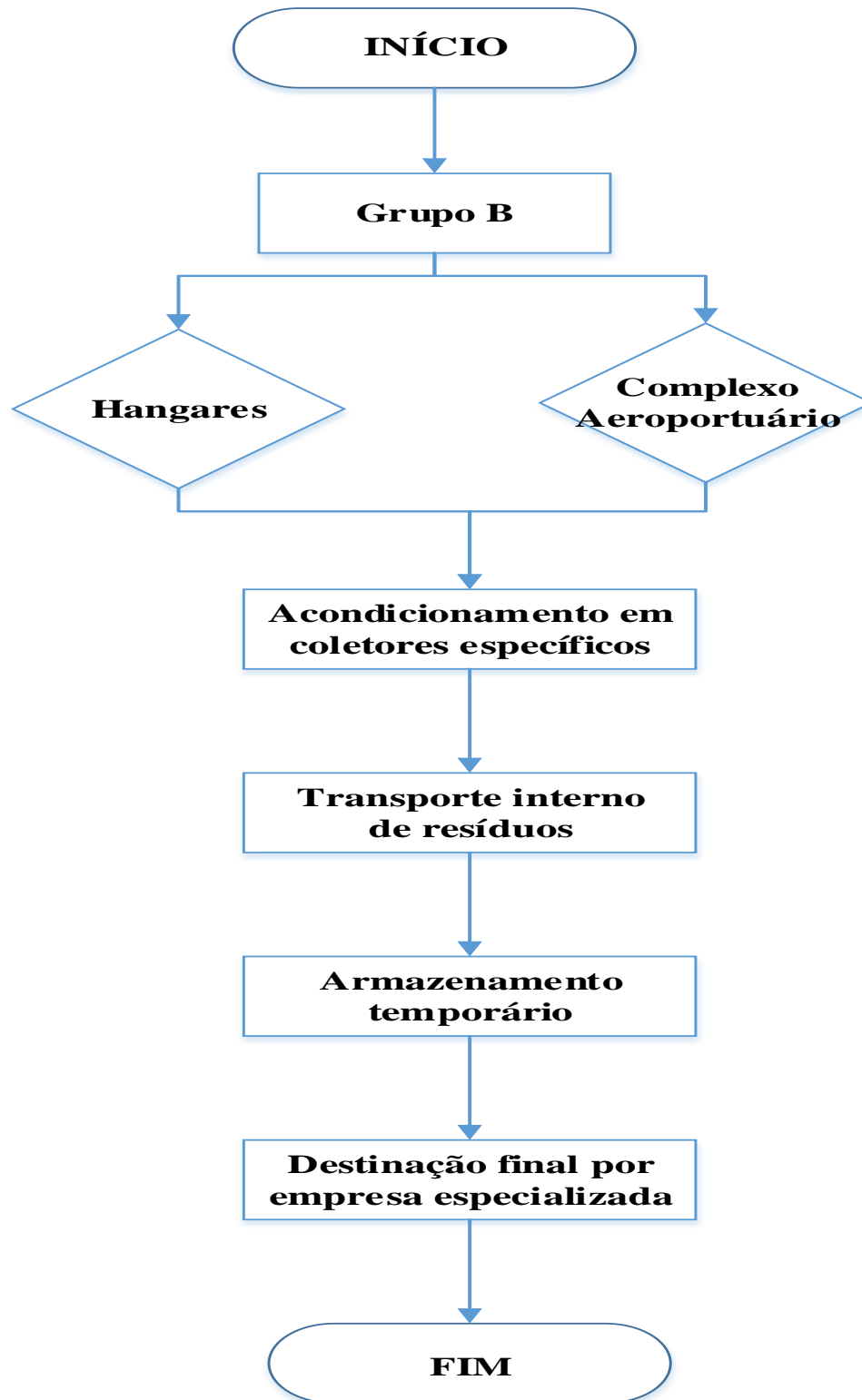
A Figura 27 mostra o fluxograma dos procedimentos utilizados no manejo dos resíduos químicos gerados no Aeroporto de Congonhas, que engloba os óleos inservíveis, material contaminado com óleo, pilhas e baterias e lâmpadas.

Com base em INFRAERO (2015a), identifica-se as seguintes áreas do Aeroporto de Congonhas que geram resíduos químicos:

- ❖ Hangar de manutenção veicular da frota da INFRAERO;
- ❖ Hangar de manutenção presentes nas edificações e sistemas de infraestrutura do aeroporto;

❖ Complexo Aeroportuário (TPS e outras instalações).

**Figura 27**— Fluxograma de gerenciamento de resíduos químicos gerados no Aeroporto de Congonhas-SP



Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho com base em INFRAERO (2015a)

Sobre a Figura 27, cita-se que os geradores de resíduos químicos são responsáveis pela segregação e acondicionamento desses produtos, enquanto a empresa ECOPAV cuida do transporte interno de pilhas e baterias, a empresa MPE Montagens do transporte interno de óleos inservíveis, lâmpadas e material contaminado e a INFRAERO pelo armazenamento temporário.

De acordo com INFRAERO (2015a), após o armazenamento temporário os óleos inservíveis são levados para a empresa LWART LUBRIFICANTES LTDA, onde é processado para o rerrefino; material contaminado com óleo tem como destino final o co-processamento realizado na EMPRESA QUÍMICA INDUSTRIAL SUPPLY LTDA; as pilhas e baterias são enviadas para a EMPRESA SUZAQUIM INDÚSTRIAS QUÍMICAS LTDA e as lâmpadas são descaracterizadas e descontaminadas no aeroporto pela EMPRESA GREEN COMPANY LTDA e encaminhadas para o aterro da ESSENCIS.

Ainda sobre os resíduos químicos, as Figuras de 28 a 30 mostram exemplos de etapas do gerenciamento desse tipo de resíduo, como, por exemplo, o acondicionamento e a armazenagem temporária.

**Figura 28**—Área de acondicionamento TEMPORÁRIO de resíduos Grupo B – Óleos Inservíveis



Fonte: INFRAERO (2015a)

**Figura 29**— Vista geral da área de acondicionamento TEMPORÁRIO de resíduos grupo B provenientes da oficina de Manutenção da Infraero



Fonte: INFRAERO (2015a)

**Figura 30**— Acondicionamento de lâmpadas na área de armazenamento temporário A300

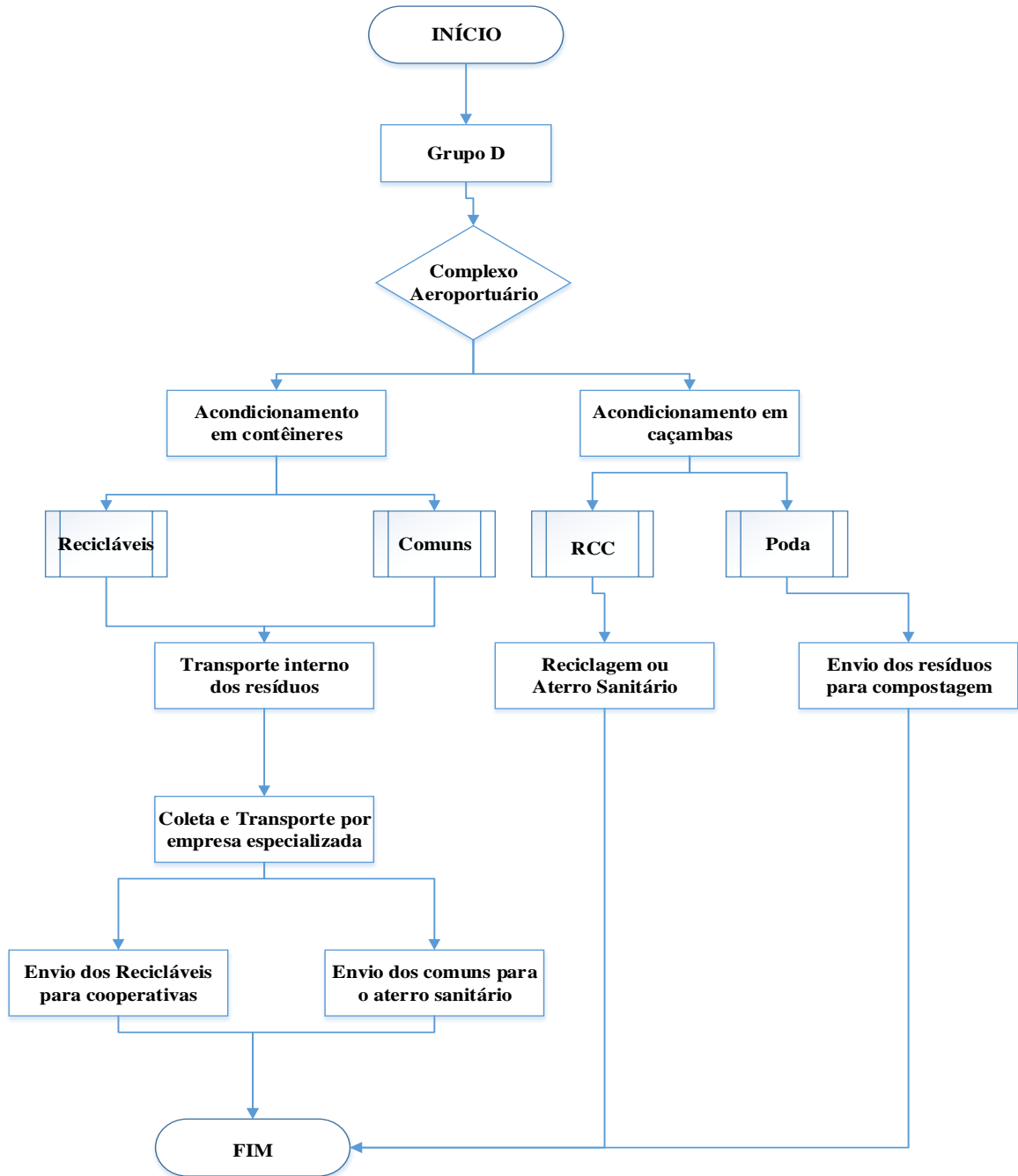


Fonte: INFRAERO (2015a)

Com base no PGRS do Aeroporto de Congonhas (INFRAERO, 2015a) cita-se as seguintes não-conformidades no manejo de resíduos: derramamento e transbordo do óleo drenado dos veículos que realizam o transporte de óleos inservíveis, a área de armazenamento temporário se encontra em desacordo com diversas normas relacionadas, além de ter área insuficiente para guarda e manuseio seguro dos resíduos.

A Figura 31 apresenta um fluxograma que contém os procedimentos realizados nas etapas de gerenciamento dos resíduos do GRUPO D que, por sua vez, engloba os resíduos comuns, recicláveis, resíduo de poda e resíduo de construção civil (RCC).

**Figura 31**— Fluxograma de gerenciamento de resíduos do Grupo D gerados no Aeroporto de Congonhas-SP



Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho com base em INFRAERO (2015a)

Apresenta-se nas Figuras de 32 a 35 exemplos de etapas do gerenciamento de resíduos do GRUPO D como acondicionamento e transporte, com enfoque nos resíduos comuns e recicláveis, os mais representativos em quantidade gerada no aeroporto.

**Figura 32**— Exemplo de contêineres de resíduos comuns



Fonte: INFRAERO (2015a)

**Figura 33**— Veículo Coletor para resíduos comuns



Fonte: INFRAERO (2015a)

**Figura 34**— Coletor de resíduos recicláveis

Fonte: INFRAERO (2015a)

**Figura 35**— Contêineres utilizados para resíduos recicláveis

Fonte: INFRAERO (2015a)

Segundo a INFRAERO (2015a), no gerenciamento dos resíduos do Grupo D foram identificadas as seguintes não-conformidades: a empresa responsável pela coleta não efetua a pesagem dos sacos contendo os resíduos dos concessionários do aeroporto, não existindo padronização da capacidade de volume de cada saco e não há a identificação precisa da fração de peso dos resíduos comuns do aeroporto presentes na área de transbordo.

Identifica-se como responsáveis no manejo de resíduos comuns, os geradores dos resíduos como responsáveis pela segregação, a INFRAERO pelo acondicionamento e armazenagem temporária dos resíduos, a ECOPAV SOLUÇÕES AMBIENTAIS pela coleta e transporte e a EMPRESA ESSENCIS SOLUÇÕES AMBIENTAIS S/A pela destinação final. Para os resíduos recicláveis tem-se praticamente os mesmos responsáveis, excetuando-se na

destinação final, onde os resíduos são enviados para as cooperativas COOPERMYRE, COOPECENT ABC e COOPER GLICÉRIO.

Para os resíduos de poda, a empresa PROVAC SERVIÇOS LTDA é responsável pelas etapas de segregação, acondicionamento e armazenamento temporário, enquanto a ECOPAV realizada a coleta e o transporte e a empresa BIOLAND lida com a destinação final. Já para os resíduos de construção civil, as etapas de segregação, acondicionamento, armazenagem temporária, coleta e transporte são de responsabilidade da ECOPAV e a EMPRESA ESSENCIS SOLUÇÕES AMBIENTAIS S/A é responsável pela destinação final.

Apresenta-se nos Quadros 18, 19, 20 e 21 a verificação de conformidade à legislação vigente dos procedimentos adotados no gerenciamento dos resíduos do Aeroporto de Congonhas-SP.

Quadro 18- Check-List do cumprimento da Legislação Federal em vigor relacionada á resíduos aeroportuários

(continua)

NORMA	CUMPRIMENTO DA NORMA POR PARTE DO AEROPORTO			OBSERVAÇÕES
	CUMPRE TOTALMENTE	CUMPRE PARCIALMENTE	NÃO CUMPRE	
<b>RESOLUÇÃO CONAMA N° 002/1991</b>	X			Conforme São Paulo (2014) o aeroporto destina as cargas apreendidas e em perdimento têm como destino a doação a órgãos e entidades públicos, o leilão ou a destruição.
<b>RESOLUÇÃO CONAMA N° 006/1991</b>	X			Os resíduos infectantes são os únicos resíduos que são incinerados.
<b>RESOLUÇÃO CONAMA N° 005/1993</b>		X		Existem algumas não conformidades em relação ao gerenciamento de resíduos, que já foram citadas anteriormente.
<b>RESOLUÇÃO CONAMA N° 275/2001</b>	X			O aeroporto segue o código de cores sugerido para os distintos tipos de resíduos, aplicado na identificação dos coletores.
<b>RESOLUÇÃO CONAMA N° 358/2005</b>		X		Há a segregação incorreta dos resíduos de sanitário de bordo, além dos salões de beleza tratarem resíduo infectante como resíduo comum.



Quadro 18- Check-List do cumprimento da Legislação Federal em vigor relacionada á  
resíduos aeroportuários

(conclusão)

NORMA	CUMPRIMENTO DA NORMA POR PARTE DO AEROPORTO			OBSERVAÇÕES
	CUMPRE TOTALMENTE	CUMPRE PARCIALMENTE	NÃO CUMPRE	
<b>DECRETO Nº 5.940/2006</b>	X			O aeroporto envia os resíduos recicláveis para três cooperativas.
<b>LEI Nº 12.305/2010</b>		X		O aeroporto possui um PGRS, que está atualizado, existindo pontos a serem melhorados no gerenciamento de resíduos, principalmente o que tange a redução e minimização da geração de resíduos.
<b>DECRETO Nº 7.404/2010</b>		X		-
<b>RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307/2002</b>	X			-
<b>RESOLUÇÃO CONAMA Nº 348/2004</b>	X			-
<b>RESOLUÇÃO CONAMA Nº 431/2011</b>	X			-

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho com base em INFRAERO (2015a)

Quadro 19- Check-List do cumprimento da Legislação Sanitária em vigor relacionada à resíduos aeroportuários

NORMA	CUMPRIMENTO DA NORMA POR PARTE DO AEROPORTO			OBSERVAÇÕES
	CUMPRE TOTALMENTE	CUMPRE PARCIALMENTE	NÃO CUMPRE	
<b>RESOLUÇÃO-RDC ANVISA Nº 342/2002</b>	X			O aeroporto possui um PGRS que contém todos os itens exigidos nessa norma.
<b>RESOLUÇÃO-RDC ANVISA Nº 345/2002</b>	X			-
<b>RESOLUÇÃO-RDC ANVISA Nº 2/2003</b>	X			-
<b>RESOLUÇÃO-RDC ANVISA Nº 56/2008</b>		X		Existem algumas não conformidades em relação ao gerenciamento de resíduos, que já foram citadas anteriormente.

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho com base em INFRAERO (2015a)

Quadro 20- Check-List do cumprimento da Legislação Estadual em vigor relacionada à resíduos aeroportuários

NORMA	CUMPRIMENTO DA NORMA POR PARTE DO AEROPORTO			OBSERVAÇÕES
	CUMPRE TOTALMENTE	CUMPRE PARCIALMENTE	NÃO CUMPRE	
<b>LEI Nº 10.083/1998</b>	X			-
<b>LEI Nº 10.888/2001</b>	X			O aeroporto destina adequadamente pilhas, baterias e lâmpadas
<b>LEI Nº 12.300/2006</b>	X			-
<b>RESOLUÇÃO SMA-024/2010</b>	X			O aeroporto destina adequadamente embalagens, lâmpadas e resíduos eletrônicos.
<b>DECRETO Nº 57.817/2012</b>	X			-

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho com base em INFRAERO (2015a)

Quadro 21- Check-List do cumprimento da Legislação Municipal em vigor relacionada à resíduos aeroportuários

NORMA	CUMPRIMENTO DA NORMA POR PARTE DO AEROPORTO			OBSERVAÇÕES
	CUMPRE TOTALMENTE	CUMPRE PARCIALMENTE	NÃO CUMPRE	
<b>LEI N° 12.653/1998</b>	X			O aeroporto descarta adequadamente as lâmpadas fluorescentes.
<b>DECRETO N° 37.952/1999</b>	X			-
<b>LEI N° 13.478/2002</b>	X			-
<b>LEI N° 14.698/2008</b>	X			O óleo comestível é destinado para um ONG, que serve como matéria-prima para a indústria de biodiesel.
<b>DECRETO MUNICIPAL N° 50.446/ 2009</b>		X		O transporte de óleo drenado está suscetível a derrames e transbordamentos no trajeto e na área de armazenamento temporário.
<b>DECRETO N° 52.647/2011</b>	X			O óleo lubrificante servido processado para fins de rerrefino.

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho com base em INFRAERO (2015a)

Em relação as melhores práticas no gerenciamento de resíduos, o Aeroporto de Congonhas se encontra em um estágio intermediário, ou seja, não possui as práticas mais sustentáveis do setor aéreo, mas também não detém as piores práticas.

Observa-se que em questões como o índice de reciclagem de resíduos gerados, o aeroporto estudado está um pouco distante de aeroportos como o de Heathrow e o de Florianópolis, exemplos nesse aspecto. Além disso, ainda depende de uma ação coordenada da INFRAERO para realização de ações que visem a melhoria da reciclagem e da recuperação de materiais, o que, em alguns casos, ainda é pouco para avanços significativos, reconhecendo a importância do envio de materiais coletados para associações e cooperativas de catadores de materiais recicláveis e a implantação dos pontos de coleta seletiva nos terminais de passageiros.

Exemplos como a reciclagem de fluxo único (Aeroporto de O'Hare), cooperação entre aeroporto, parceiros e *stakeholders* (Aeroporto de Heathrow), coleta mais eficiente de materiais recicláveis e redução de erros de classificação dos resíduos (Aeroporto de Copenhague) podem auxiliar o Aeroporto de Congonhas a aperfeiçoar a reciclagem dos resíduos no sítio aeroportuário, considerando as características específicas do aeroporto.

Acerca da compostagem, destaca-se que o Aeroporto de Congonhas destinou em 2014 e 2015 restos de alimentos gerados a bordo de aeronaves para aterros sanitários, que poderiam ser enviados para uma unidade de compostagem, indicando inadequação na destinação desses resíduos e estando distante das melhores práticas do setor.

Os exemplos do programa de compostagem do Aeroporto de O'Hare, da extensão da coleta de bioresíduos no Aeroporto Charles de Gaulle e o programa Ciclo Orgânico do Aeroporto Internacional Tom Jobim são referências para que o Aeroporto de Congonhas que possa aperfeiçoar a compostagem por intermédio da destinação adequada dos restos de alimentos.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Análise dos Resultados do modelo fuzzy proposto

Os resultados do modelo fuzzy aplicado aos dados do Aeroporto de Congonhas têm como referência os anos de 2014 e 2015, apresentando-os a partir do índice final obtido (IGRF) e também enfatizando o que obtido em cada dimensão deste último.

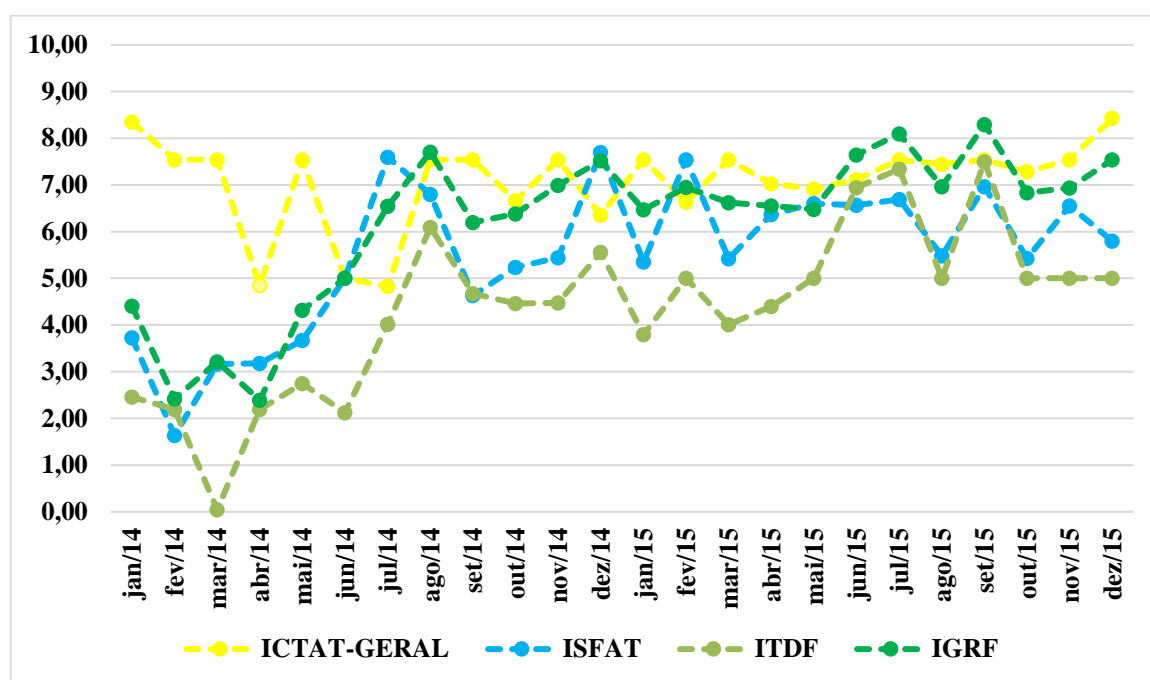
A Tabela 7 apresenta os dados de entrada do IGRF, ou seja, os dados relativos as dimensões do estudo (ICTAT-Geral, ISFAT e ITDF) e as respectivas medianas para 2014 e 2015. Em complemento, a Figura 36 traz os resultados das três dimensões e do IGRF no período analisado, enquanto a Figura 37 apresenta a comparação entre os valores do IGRF de 2014 e 2015. Apresenta-se ainda na Tabela 8 a classificação do desempenho do aeroporto estudado no gerenciamento de resíduos no período analisado (2014 e 2015).

Tabela 7— Dados de entrada do IGRF para 2014 e 2015

Mês	ICTAT-GERAL	ISFAT	ITDF
Janeiro/2014	8,35	3,73	2,46
Fevereiro/2014	7,54	1,64	2,20
Março/2014	7,54	3,16	0,05
Abril/2014	4,84	3,18	2,20
Mai/2014	7,54	3,67	2,75
Junho/2014	5,00	5,00	2,13
Julho/2014	4,83	7,59	4,02
Agosto/2014	7,54	6,80	6,09
Setembro/2014	7,54	4,64	4,67
Outubro/2014	6,67	5,23	4,46
Novembro/2014	7,54	5,44	4,47
Dezembro/2014	6,35	7,70	5,56
Janeiro/2015	7,54	5,35	3,80
Fevereiro/2015	6,64	7,54	5,00
Março/2015	7,54	5,42	4,01
Abril/2015	7,02	6,37	4,40
Mai/2015	6,91	6,60	5,00
Junho/2015	7,11	6,57	6,95
Julho/2015	7,54	6,69	7,34
Agosto/2015	7,45	5,49	5,00
Setembro/2015	7,54	6,97	7,50
Outubro/2015	7,29	5,43	5,00
Novembro/2015	7,54	6,56	5,00
Dezembro/2015	8,43	5,80	5,00
Mediana/2014 e 2015	7,54	5,46	4,57
Mediana/2014	7,54	4,82	3,38
Mediana/2015	7,49	6,46	5,00

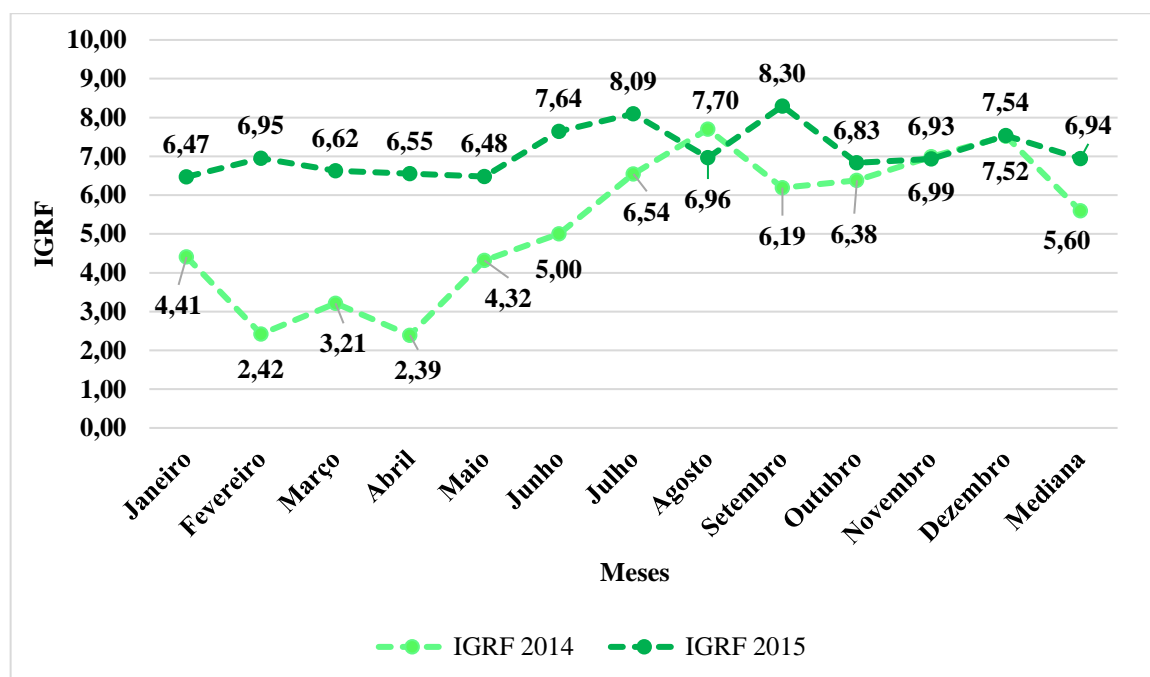
Fonte: Autoria própria.

**Figura 36** — Evolução dos valores obtidos de 2014 e 2015 das dimensões do modelo e do IGRF



Fonte: Autoria própria.

**Figura 37**—Comparação dos resultados do IGRF no período analisado



Fonte: Autoria própria.

Tabela 8— Desempenho do aeroporto estudado no gerenciamento de resíduos em 2014 e 2015

Mês	IGRF	Adequação do gerenciamento de resíduos aeroportuários
Janeiro/2014	4,41	Parcialmente adequado
Fevereiro/2014	2,42	Inadequado
Março/2014	3,21	Inadequado
Abril/2014	2,39	Inadequado
Maio/2014	4,32	Parcialmente adequado
Junho/2014	5,00	Parcialmente adequado
Julho/2014	6,54	Adequado
Agosto/2014	7,70	Adequado
Setembro/2014	6,19	Adequado
Outubro/2014	6,38	Adequado
Novembro/2014	6,99	Adequado
Dezembro/2014	7,52	Adequado
Janeiro/2015	6,47	Adequado
Fevereiro/2015	6,95	Adequado
Março/2015	6,62	Adequado
Abril/2015	6,55	Adequado
Maio/2015	6,48	Adequado
Junho/2015	7,64	Adequado
Julho/2015	8,09	Muito adequado
Agosto/2015	6,96	Adequado
Setembro/2015	8,30	Muito adequado
Outubro/2015	6,83	Adequado
Novembro/2015	6,93	Adequado
Dezembro/2015	7,54	Adequado
Mediana/2014 e 2015	6,59	Adequado
Mediana/2014	5,60	Parcialmente adequado
Mediana/2015	6,94	Adequado

Fonte: Autoria própria.

Os resultados do IGRF (Figuras 36 e 37) mostram que há a preocupação por parte do aeroporto com o manejo de resíduos, refletida nos valores da mediana de 2015 e dos dois anos analisados (Tabela 8) que em comparação com a do de 2014 aumentaram mais de 15%. A classificação do IGRF nos anos analisados (Tabela 8), principalmente em 2015, também confirma o bom desempenho e a adequação das práticas no manejo de resíduos, pois este último se encontra na categoria adequado em 2015 e no período analisado, estando próximo do ideal (muito adequado). Além disso, observa-se que há uma evolução de 23,93% do IGRF de 2014 para 2015, fundamentada na mediana desse índice, indicando uma melhora nos procedimentos efetuados nas etapas de gerenciamento de resíduos.

De modo geral, temos que os meses de julho e setembro de 2015 apresentaram os maiores valores do IGRF no período analisado, representando uma condição muito adequada do gerenciamento de resíduos. Esses meses apresentam valores acima de 7,00 na primeira e na terceira dimensão do IGRF, que segundo o modelo fuzzy são classificados como bom (Figura

36), influenciando positivamente nos resultados finais do índice obtido. Aspectos como redução da geração de resíduos, diminuição do encaminhamento de resíduos a aterros, aumento da reciclagem e do envio de resíduos recicláveis a cooperativas contribuíram para essa avaliação positiva refletida pelo modelo desenvolvido.

Já os meses de fevereiro e abril de 2014 possuem os menores valores no período, indicando uma condição inadequada no manejo dos resíduos. Nesses meses há pelo menos uma ou duas dimensões do IGRF com valores abaixo de 3,00, categorizados no modelo como ruim (Figura 36), impactando assim negativamente nos resultados do IGRF. Isso é explicado pela destinação de grande parte dos resíduos para aterros sanitários, não destinação de resíduos para compostagem, pouca destinação de recicláveis para cooperativas e baixa recuperação de recicláveis nesses meses.

Enfatiza-se que a evolução do IGRF de 2015 em comparação a 2014 (aumento de 23,93% na mediana) foi resultado de ações como o aumento do número de coletores para resíduos recicláveis, a conscientização acerca da importância da recuperação de materiais e da reciclagem, a diminuição do encaminhamento de resíduos para aterros, entre outras. Isso ficou mais evidente nos resultados do segundo semestre de 2014 e no ano de 2015 (Tabela 8 e Figura 37), o que sugere a efetividade das práticas citadas e o aperfeiçoamento do manejo de resíduos.

Acrescenta-se que o Aeroporto de Congonhas com a finalidade de conscientizar a comunidade aeroportuária acerca da segregação dos resíduos gerados e da reciclagem, inseriu na agenda das reuniões trimestrais de operação a partir de 2014 um apontamento sobre o aperfeiçoamento da reciclagem no sítio aeroportuário (Coentro e Demanboro, 2017), o que também contribuiu para a melhora do manejo de resíduos.

A Tabela 9 apresenta a classificação dos indicadores de cada dimensão, conforme foi feito com o IGRF, considerando a mediana obtida no período estudado, com o intuito de identificar possíveis melhorias no gerenciamento de resíduos.



Tabela 9 — Desempenho do aeroporto estudado em cada dimensão do modelo proposto no período analisado

Dimensão	Indicador	Ano (s)	Mediana do indicador	Adequação do gerenciamento de resíduos aeroportuários
Coleta, Transporte e Armazenagem temporária	ICAT-GERAL	2014/2015	7,54	Adequado
		2014	7,54	Adequado
		2015	7,49	Adequado
Separação na fonte e Armazenagem Temporária	ISFAT	2014/2015	5,46	Parcialmente adequado
		2014	4,82	Parcialmente adequado
		2015	6,46	Adequado
Tratamento e Destinação Final	ITDF	2014/2015	4,57	Parcialmente adequado
		2014	3,38	Inadequado
		2015	5,00	Parcialmente adequado
Índice Final	IGRF	2014/2015	6,59	Adequado
		2014	5,60	Parcialmente adequado
		2015	6,94	Adequado

Fonte: Autoria própria.

A partir da Tabela 9, observa-se que a dimensão tratamento e destinação final obteve pior desempenho enquanto a dimensão coleta, transporte e armazenagem temporária apresentou o melhor desempenho. Os valores indicam que o Aeroporto de Congonhas, de maneira geral, se preocupou mais em coletar, acondicionar e transportar os resíduos do que com a separação dos resíduos e principalmente, na destinação adequada dos resíduos.

Nota-se ainda na Tabela 9 que houve um aperfeiçoamento na separação na fonte e na armazenagem temporária em comparação a 2014, fazendo com que, conseqüentemente, o gerenciamento de resíduos seja aperfeiçoado. Destaca-se também que apesar de ainda não estar em uma condição adequada, a dimensão tratamento e destinação final registrou um avanço significativo passando de crítico em 2014 para regular em 2015, resultado das ações de incentivo à reciclagem já mencionadas.

Os valores do IGRF de 2015 indicam que o Aeroporto de Congonhas, se preocupou com o gerenciamento de resíduos como um todo, ou seja, buscou aperfeiçoar a separação de resíduos, o tratamento e a destinação final, além de manter atenção em coletar, transportar e armazenar os resíduos.

A Tabela 10 apresenta os resultados do teste de tendência de Mann-Kendall para os dois anos analisados. Acerca dos resultados do teste de Mann-Kendall, notamos que para o período analisado há tendência positiva para uma melhora do manejo de resíduos no Aeroporto de Congonhas (Kendall's tau = +0,558). Isso comprova a avaliação positiva do IGRF que o modelo fuzzy retornou e, conseqüentemente, o aperfeiçoamento do aeroporto no que se refere aos procedimentos adotados nas etapas de gerenciamento de resíduos. Em complemento, a tendência identificada nesse período apresentou significância estatística ( $p\text{-value} = 0,000 < \alpha =$

0,05, onde  $\alpha$  representa o nível de significância), o que é positivo para os resultados obtidos do teste realizado.

Tabela 10– Resultados do teste de tendência de Mann-Kendall (Nível de significância de 95%)

Ano (s)	Kendall's Tau	p-value <sup>1</sup>
2014 e 2015	0,558	0,000***
2014	0,636	0,005**
2015	0,365	0,115

1-Significância Estatística: \*\*\* p-value <0,001, \*\* p-value <0,01, \* p-value<0,05

Fonte: Autoria própria

Especificamente, os resultados do teste de Mann-Kendall para 2014 e 2015(Tabela 10) indicam que há tendência positiva para o aperfeiçoamento do manejo de resíduos (Kendall's tau = +0,636 e +0,365), com uma melhoria significativa ao longo do primeiro ano e uma estabilização no segundo ano. Além disso, a tendência observada em 2014 apresentou significância estatística (p-value <0,05), enquanto a de 2015 não apresentou (p-value>0,05).

Para compreender melhor os resultados do IGRF, é necessário abordar os resultados de cada dimensão, que indicam aspectos importantes sobre o manejo de resíduos. A Tabela 11 apresenta os dados de entrada dos indicadores ICTAT-Grupo A, ICTAT-Rejeitos e ICTAT-Recicláveis. Já a Tabela 12 mostra os dados de entrada do ICTAT-Geral, que inclui os três indicadores do ICTAT citados anteriormente (saídas dos três SBRFs iniciais), juntamente com a mediana para o período analisado (2014 e 2015).

Tabela 11—Dados de entrada do ICTAT-Grupo A, ICTAT-Rejeitos e ICTAT-Recicláveis para 2014 e 2015

Mês	GR-A	FC-A	OVC-A	NUAT-A	GR-D	FC-D	OVC-D	NUAT-D	GR-R	FC-R	OVC-R	NUAT-R
Janeiro/2014	1,00	1,00	21,09	72,28	1,00	4,00	12,33	123,02	1,00	3,00	3,79	11,74
Fevereiro/2014	0,81	1,00	16,34	50,57	1,00	4,00	11,73	105,76	0,86	3,00	3,10	8,67
Março/2014	0,95	1,00	15,16	51,96	1,02	4,00	11,74	117,15	0,80	3,00	2,41	7,48
Abril/2014	0,84	1,00	13,80	45,76	0,89	4,00	11,34	109,46	1,67	3,00	4,34	13,02
Mai/2014	1,04	1,00	14,01	48,02	1,06	4,00	11,69	116,69	0,39	3,00	1,65	5,12
Junho/2014	1,11	1,00	13,21	43,79	1,09	4,00	10,86	104,83	3,04	3,00	4,28	12,83
Julho/2014	0,93	1,00	14,29	48,98	0,85	4,00	10,63	106,02	3,11	3,00	15,41	47,79
Agosto/2014	0,95	1,00	14,60	50,04	0,94	4,00	10,72	107,00	0,86	3,00	14,30	44,33
Setembro/2014	1,15	1,00	16,58	54,98	1,05	4,00	11,19	108,01	0,78	3,00	11,09	33,26
Outubro/2014	0,95	1,00	16,30	55,86	0,94	4,00	10,86	108,32	1,43	3,00	16,37	50,74
Novembro/2014	0,93	1,00	15,94	52,85	0,93	4,00	10,57	102,03	0,78	3,00	13,42	40,26
Dezembro/2014	0,93	1,00	15,18	52,00	1,04	4,00	11,28	112,58	1,50	3,00	20,57	63,76
Janeiro/2015	1,09	1,00	16,45	56,38	0,78	4,00	10,98	109,60	0,76	3,00	15,61	48,40
Fevereiro/2015	0,95	1,00	13,69	42,36	1,04	4,00	10,07	90,78	1,26	3,00	17,29	48,40
Março/2015	1,05	1,00	14,96	51,24	1,00	4,00	10,39	103,70	0,83	3,00	14,85	46,05
Abril/2015	0,96	1,00	15,23	50,51	0,92	4,00	10,17	98,17	1,02	3,00	16,11	48,33
Mai/2015	1,08	1,00	15,38	52,68	1,00	4,00	9,52	95,00	1,20	3,00	18,07	56,02
Junho/2015	1,10	1,00	16,50	54,71	1,08	4,00	10,03	96,83	1,15	3,00	20,26	60,79
Julho/2015	0,91	1,00	16,87	57,79	0,88	4,00	9,92	98,95	1,04	3,00	23,73	73,57
Agosto/2015	0,91	1,00	13,82	47,36	1,13	4,00	10,06	100,34	0,98	3,00	20,79	64,45
Setembro/2015	1,10	1,00	15,66	51,92	1,05	4,00	10,87	105,01	0,91	3,00	19,44	58,31
Outubro/2015	1,10	1,00	17,85	61,16	0,97	4,00	10,92	108,94	1,01	3,00	20,26	62,81
Novembro/2015	1,03	1,00	18,72	62,06	0,93	4,00	10,39	100,32	1,15	3,00	23,84	71,52
Dezembro/2015	1,11	1,00	21,37	73,23	0,68	4,00	7,32	73,00	0,69	3,00	16,92	52,45

Fonte: Autoria própria.

Legenda: Geração de Resíduos (GR), Frequência de Coleta (FC), Ocupação do Veículo Coletor (OVC) e Nível de Utilização da Armazenagem Temporária (NUAT).

Tabela 12 —Dados de entrada do ICTAT-Geral para 2014 e 2015

Mês	ICTAT-A	ICTAT-D	ICTAT-R
Janeiro/2014	5,28	8,13	6,75
Fevereiro/2014	2,53	8,14	7,48
Março/2014	2,70	7,93	7,54
Abril/2014	1,89	9,30	2,86
Mai/2014	2,21	7,65	7,54
Junho/2014	1,91	7,43	0,00
Julho/2014	2,33	9,99	2,28
Agosto/2014	2,46	8,73	7,44
Setembro/2014	3,03	7,70	7,54
Outubro/2014	3,13	8,74	5,84
Novembro/2014	2,80	8,88	7,54
Dezembro/2014	2,70	7,78	5,52
Janeiro/2015	3,16	9,99	7,54
Fevereiro/2015	1,42	7,66	6,03
Março/2015	2,61	8,17	7,54
Abril/2015	2,52	8,75	6,63
Mai/2015	2,78	8,08	6,47
Junho/2015	3,01	7,52	6,65
Julho/2015	3,34	9,14	7,36
Agosto/2015	2,12	7,17	6,93
Setembro/2015	2,69	7,69	7,08
Outubro/2015	3,56	8,39	6,79
Novembro/2015	3,69	8,80	7,44
Dezembro/2015	5,39	7,69	7,54
Mediana/2014 e 2015	2,70	8,14	7,00
Mediana/2014	2,61	8,14	7,10
Mediana/2015	2,89	8,13	7,00

Fonte: Autoria própria.

Os resultados do ICTAT-Grupo A (Tabela 12) indicam que o desempenho do Aeroporto de Congonhas nessa medida foi ruim, conforme os critérios estabelecidos, pois em 22 dos 24 meses do período analisado os valores estão abaixo de 5,00. Nota-se ainda, com base na mediana desse indicador, que houve uma pequena melhora de 2015 em relação a 2014, decorrente do aumento da geração de resíduos (cerca de 10,73%) que fez com que a estrutura de coleta, transporte e armazenagem temporária existente tenha sido mais utilizada, refletindo nos resultados finais que o modelo retornou.

Os meses de Janeiro/2014 e de Dezembro/2015 foram os que apresentaram melhor desempenho no ICTAT-GRUPO A, resultante da maior quantidade de resíduos gerados, que influenciaram na ocupação do veículo coletor e nível de utilização da armazenagem temporária e, conseqüentemente, fez com que o modelo retornasse melhores valores nessa medida.

Já os meses com pior avaliação (fevereiro por exemplo) foram os que tiveram a menor quantidade de resíduos gerados, que aliada a pouca variação do IRS, fez com que o modelo refletisse um desempenho negativo que refletiu em uma menor utilização da estrutura de coleta, transporte e armazenagem temporária, impactando no ICTAT-GRUPO A.

Outro ponto relevante, trata da maneira como o modelo fuzzy respondeu a influência da avaliação de aspectos específicos como geração de resíduos, ocupação do veículo coletor e nível de armazenagem temporária nos valores finais, podendo determinar um desempenho melhor (caso do mês de janeiro) ou pior (no caso abril) do aeroporto no ICTAT-GRUPO A em determinado mês do ano.

Os resultados do ICTAT-GRUPO D (rejeitos) para o ano de 2014 presentes na Tabela 12 demonstram que o desempenho do Aeroporto de Congonhas-SP nessa medida foi satisfatório, visto que em todos os meses está acima de 7,00, o que conforme o modelo proposto é considerado como bom. Esse desempenho é resultante da avaliação positiva de variáveis como geração de resíduos, frequência de coleta e nível de armazenagem temporária, fazendo com que o valor do ICTAT-GRUPO D (rejeitos) gerado pelo modelo a partir disso indique adequação do aeroporto em relação às etapas de coleta, transporte e armazenagem temporária dos resíduos comuns.

Cabe destacar que a variação da geração de resíduos comuns ao longo de 2014 influenciou nos resultados do ICTAT-GRUPO D (rejeitos), auxiliando a explicar os motivos de um mês ser melhor avaliado (caso de julho) ou um mês ter uma avaliação nem tão positiva assim (caso de junho).

Observa-se que uma maior geração de resíduos comuns acarretou em uma utilização maior da estrutura de coleta e transporte existente do aeroporto (coletores e veículo coletor

disponível), impactando no ICTAT-GRUPO D (rejeitos) conforme a Tabela 12. Deve-se ainda considerar que os meses com melhor avaliação (abril e julho) foram os que tiveram menor valor do IRS, que tem como justificativa a redução significativa da quantidade de resíduos gerados em relação ao mês anterior, e os com um desempenho pior no ano (maio e junho) são os que possuem um maior valor do IRS, sendo estes aspectos que mais influenciaram no desempenho do aeroporto na medida citada e nos valores retornados pelo modelo proposto.

Acrescenta-se que o fato da movimentação de passageiros no mês de junho de 2014 (INFRAERO, 2015a) ter sido a menor registrada no ano, podendo ser um mês pouco movimentado em comparação com outros meses, impactou no cálculo do IRS, fazendo com que este aspecto somado a ocupação do nível coletor e utilização da armazenagem temporária, fizesse que o modelo retornasse valor máximo do ICTAT-GRUPO D (rejeitos), refletindo o desempenho excelente do aeroporto nesse indicador.

O desempenho do aeroporto estudado no ICTAT-Grupo D (rejeitos) no ano de 2015 pode ser considerado positivo, com destaque para os meses de janeiro (9,99) e julho (9,14) que foram os melhores avaliados nesse período. Essa boa avaliação decorre dos valores do IRS, que indicam redução da geração de resíduos, e da utilização da armazenagem temporária que fizeram com que o modelo retornasse melhores resultados.

A geração de resíduos influenciou os resultados no que se refere a utilização da estrutura de coleta, transporte e armazenagem temporária existente, variando ao longo do ano, atingindo maior patamar em janeiro e o menor em dezembro. Acrescenta-se que, aparentemente, foi considerado o IRS e a utilização dos coletores tiveram maior participação na determinação de uma avaliação positiva ou negativa do ICTAT-Grupo D (rejeitos).

Em comparação a 2014, o ICTAT-GRUPO D (rejeitos) em 2015 teve um pequeno decréscimo em sua média (cerca de 0,12), causado por uma pequena variação na geração de resíduos comuns (diminuição de 11,88%) que influenciou, mesmo que em menor grau, os valores finais obtidos. Apesar disso, destaca-se que os resultados do ICTAT-GRUPO D (rejeitos) demonstram que o aeroporto se preocupa com coleta, transporte e armazenagem temporária dos resíduos comuns, buscando aperfeiçoar o gerenciamento de resíduos com base no que o modelo proposto retornou nessa medida.

A partir dos dados do ICTAT-Recicláveis (Tabela 12), pode-se afirmar que o desempenho do aeroporto estudado no ano de 2014 é regular, existindo meses com uma boa avaliação (fevereiro e março por exemplo) e meses com uma péssima avaliação (abril, junho e julho), sendo necessário elencar fatores que ajudam a compreender os resultados obtidos.

Observa-se na Tabela 10 que há uma variação em alguns valores do ICTAT-Recicláveis no primeiro semestre de 2014, principalmente na comparação de maio com junho e indicando a influência de um aspecto relevante. Esse aspecto se refere ao aumento significativo da geração dos resíduos recicláveis (de 2.150,00 kg em maio para 5.390,00 kg em junho), que juntamente com uma menor movimentação de passageiros no mês de junho impactou no IRS e, posteriormente, no valor do ICTAT-Recicláveis retornado pelo modelo.

Já em relação aos valores do ICTAT- Recicláveis no segundo semestre, pode-se destacar que apesar da melhora da ocupação do nível coletor e da utilização armazenagem temporária, o modelo não refletiu um melhor desempenho nessa medida do aeroporto, visto que de certa forma o IRS parece impactar mais no resultado final.

Enfatiza-se que em março de 2014<sup>5</sup> a INFRAERO, administradora do Aeroporto de Congonhas, assinou um contrato com uma empresa especializada em sustentabilidade para aumentar a reciclagem dos resíduos em aeroportos sedes da Copa do Mundo a partir do recebimento de coletores de resíduos para coleta seletiva, que, por sua vez, veiculavam informações acerca da reciclagem e do reaproveitamento de materiais. Além disso, os coletores deveriam ser instalados em até 120 dias e distribuídos em áreas públicas e operacionais, indicando que a efetividade dessa ação foi maior no segundo semestre.

A iniciativa de aumentar o número de coletores, aliada a disseminação de informações sobre a reciclagem e a recuperação de materiais, fez com que a contabilização da quantidade de resíduos recicláveis gerados tivesse um aumento significativo do segundo semestre de 2014 em comparação com o primeiro semestre, ou seja, passou de um total de 25.620,00 kg no primeiro para 117.660,00 kg no segundo, impactando mais em variáveis como geração de resíduos, ocupação do veículo coletor e utilização da armazenagem temporária, mas nem tanto nos resultados do ICTAT-Recicláveis.

Assim como aconteceu no ICTAT-Grupo D (rejeitos), os meses com melhor avaliação no ICTAT-Recicláveis são aqueles que possuem menor IRS, enquanto os com pior avaliação têm maior valor IRS, indicando que a quantidade de resíduos e a variação da geração de um mês para o outro influenciou mais nos valores finais retornados pelo modelo proposto.

Acrescenta-se que apesar do mês de julho apresentar o pior IRS, decorrente de uma alta variação da quantidade de resíduos influenciada pela iniciativa citada anteriormente, os valores das variáveis ocupação do veículo coletor e utilização da armazenagem temporária atenuaram

---

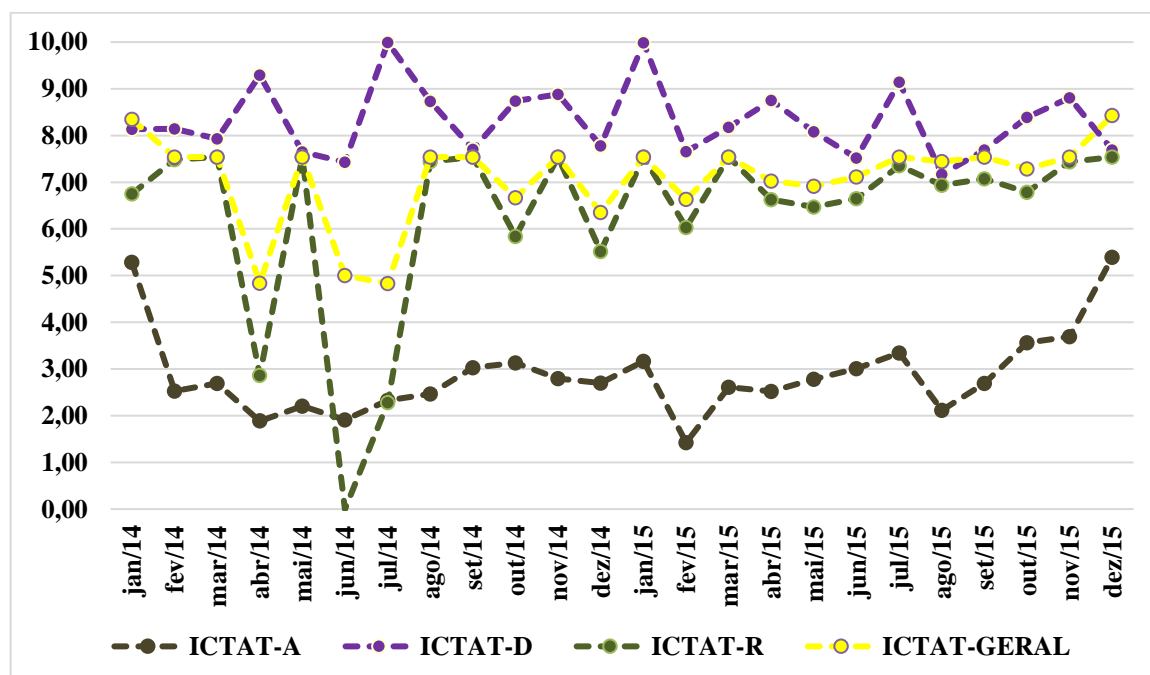
<sup>5</sup> BRASIL. Portal da Copa do Mundo da Fifa 2014. **Notícia: Aeroportos de sedes da Copa terão reforço na reciclagem de resíduos sólidos**. Brasília, 2014. Disponível em:< <http://www.copa2014.gov.br/pt-br/noticia/aeroportos-de-sedes-da-copa-terao-reforco-na-reciclagem-de-residuos-solidos>>. Acesso em:

o resultado final do ICTAT-Recicláveis, fazendo com que o modelo retornasse um valor mais positivo do que em junho, apesar de estar muito abaixo do ideal.

Ressalta-se que os resultados do ICTAT-Grupo A, ICTAT-Grupo D (rejeitos) e ICTAT-Recicláveis não sofreram uma influência tão grande da variação da movimentação de passageiros (aumento ou diminuição), pois este último auxilia a calcular o IRS e não há relação direta, pelo menos nesse caso, com o aumento ou redução da geração de resíduos que poderia impactar nos valores retornados pelo modelo. Além disso, o número de passageiros não influenciou essas medidas, visto que, aparentemente, a estrutura de coleta, transporte e armazenagem temporária existente está dimensionada para atender oscilações da geração de resíduos.

A Figura 38 apresenta os valores de entrada do ICTAT-Geral, observando como este último evoluiu em função das três medidas que o compõe (ICTAT-Grupo A, ICTAT-Rejeitos e ICTAT-Recicláveis).

**Figura 38**—Evolução dos valores obtidos dos indicadores de coleta e do ICTAT-GERAL



Fonte: Autoria própria.

Os resultados mensais do ICTAT-Geral no ano de 2014 indicam um desempenho satisfatório do Aeroporto de Congonhas, que foi impulsionado pela boa avaliação do ICTAT-Grupo D (rejeitos) e do ICTAT-Recicláveis em alguns meses. Isso demonstra que existe a preocupação por parte dos gestores do aeroporto com o gerenciamento de resíduos,



especificamente o que tange as etapas de coleta, transporte e armazenagem temporária, existindo pontos a serem aperfeiçoados como a ampliação da coleta dos resíduos infectantes, a utilização da capacidade dos veículos coletores e da armazenagem temporária, a contabilização dos resíduos recicláveis, entre outros.

Observa-se a partir dos resultados presentes na Figura 38, que os meses com melhor avaliação do ICTAT-Geral são aqueles que possuem boa avaliação (acima ou muito próximo de 7,00) no ICTAT-Grupo D (rejeitos) e ICTAT-Recicláveis, fazendo com que o modelo retorne valores mais altos, indicando que o ICTAT-Grupo A teve um impacto menor nos resultados em relação as outras duas medidas, pois a avaliação foi ruim na maioria dos meses como mostra a Tabela 12.

Já os meses com pior avaliação são aqueles que possuem os menores valores do ICTAT-Recicláveis, que tem como principal causa uma maior variação na geração de recicláveis, principalmente de junho para julho, impactando assim nos resultados retornados pelo modelo no ICTAT-Geral, ressaltando que o ICTAT-Grupo A não teve muita influência nesse caso por não apresentar resultados tão discrepantes em valores em todos os meses do ano de 2014, excetuando-se o mês de janeiro que apresentou melhor resultado com um valor acima de 5,00.

O modelo proporcionou também no caso do ICTAT-Geral, que seja possível, por intermédio dos resultados, observar como as ações executadas no manejo de diferentes tipos de resíduos pode influenciar na avaliação geral do gerenciamento de resíduos em um aeroporto, identificando melhorias para os procedimentos adotados, buscando tornar as operações mais sustentáveis e em conformidade com as melhores práticas internacionais.

A melhora no desempenho no ICTAT-Geral de 2015 em relação a 2014, demonstra a efetividade das ações do aeroporto referentes ao incentivo à reciclagem dos resíduos, que refletiu na ocupação do veículo coletor e na armazenagem temporária disponível, considerando também a busca pela redução da quantidade de resíduos comuns gerados com foco em campanhas de conscientização.

Sobre a segunda dimensão (Separação na fonte e armazenagem temporária), a Tabela 13 traz os dados de entrada no período analisado do indicador obtido, ou seja, do ISFAT.

Tabela 13— Dados de entrada da dimensão separação na fonte (quando houver) e armazenagem temporária para 2014 e 2015

Mês	Evolução da Reciclagem (IER)	Evolução da Compostagem (IEC)	Índice de recuperação de materiais recicláveis	Recuperação de resíduo orgânico
Janeiro/2014	0,00	0,00	3,62	7,29
Fevereiro/2014	-0,26	-0,53	3,29	4,23
Março/2014	-0,14	0,11	2,57	4,25
Abril/2014	0,74	-0,07	4,72	4,19
Maior/2014	-0,61	1,24	1,72	8,65
Junho/2014	1,51	-0,57	4,84	4,17
Julho/2014	2,72	0,01	15,44	3,61
Agosto/2014	-0,07	1,38	13,92	8,35
Setembro/2014	-0,25	-0,17	10,88	7,23
Outubro/2014	0,53	-0,48	16,23	3,66
Novembro/2014	-0,21	-0,06	14,03	3,75
Dezembro/2014	0,58	0,95	17,87	5,90
Janeiro/2015	-0,24	-0,45	15,36	3,67
Fevereiro/2015	0,00	0,72	17,40	7,13
Março/2015	-0,05	-0,45	15,52	3,69
Abril/2015	0,05	-0,05	16,60	3,56
Maior/2015	0,16	-0,03	19,57	3,50
Junho/2015	0,08	0,80	19,68	5,84
Julho/2015	0,21	0,04	22,83	5,80
Agosto/2015	-0,12	-0,43	21,05	3,46
Setembro/2015	-0,10	0,96	18,14	6,45
Outubro/2015	0,08	-0,45	18,84	3,45
Novembro/2015	0,14	-0,08	22,64	3,35
Dezembro/2015	-0,27	-0,27	22,24	3,27

Fonte: Autoria própria

Na segunda dimensão, Separação na Fonte e Armazenagem Temporária (ISFAT), o aeroporto estudado apresentou um desempenho regular no gerenciamento de resíduos (Tabela 13), o que indica uma adequação parcial do aeroporto na separação dos resíduos compostáveis e recicláveis. Um melhor resultado de 2015 em relação a 2014 é explicado pelo fato do aumento do número de coletores de coleta seletiva nas áreas comuns do aeroporto e da realização de uma campanha de conscientização acerca da reciclagem ao longo de 2014, essencialmente durante a Copa do Mundo de Futebol realizada no país (BRASIL, 2014; Rosa, 2015). Isso proporcionou uma recuperação maior dos resíduos recicláveis (Tabela 13), influenciando diretamente no ISFAT, o que demonstra o aproveitamento de parte do potencial existente conforme análise qualitativa dos resíduos (INFRAERO, 2015a).

Acerca da melhora dos resultados do ISFAT em 2015, deve ser enfatizado que a partir do segundo semestre de 2014 houve uma mudança de estratégia do aeroporto com a priorização da reciclagem, o que influenciou principalmente nesses resultados, refletidos pelo modelo proposto. Observa-se ainda que os meses que possuem melhor desempenho no ISFAT são os que apresentaram aumento da reciclagem e uma recuperação de resíduos recicláveis acima de 15% (Tabela 13). Já os meses com pior avaliação no ISFAT apresentam uma redução do número de resíduos recicláveis e dos resíduos compostáveis ou de apenas um desses itens em relação ao mês anterior conforme Tabela 13.

Em relação a terceira dimensão (Tratamento e Destinação Final), a Tabela 14 mostra os valores de entrada do indicador dessa medida, isto é, do ITDF.

Tabela 14— Dados de entrada e dimensão tratamento e destinação final para o ano de 2014 e 2015

Mês	Taxa de resíduos destinados ao aterro sanitário	Quantidade de resíduos recicláveis enviados às cooperativas	Quantidade de resíduos destinados a compostagem	Distância do percurso de transporte externo
Janeiro/2014	92,55	6,82	45,11	90,79
Fevereiro/2014	96,71	5,92	0,00	34,58
Março/2014	96,76	4,67	0,00	86,27
Abril/2014	95,28	8,37	0,00	34,58
Maiο/2014	93,76	3,26	52,30	57,48
Junho/2014	95,16	8,59	0,00	35,68
Julho/2014	84,10	25,70	0,00	40,00
Agosto/2014	81,27	24,13	57,56	55,16
Setembro/2014	85,36	19,12	48,46	80,82
Outubro/2014	83,77	26,45	0,00	34,58
Novembro/2014	85,97	23,25	0,00	34,58
Dezembro/2014	79,00	30,30	43,56	84,64
Janeiro/2015	84,07	25,32	0,00	86,27
Fevereiro/2015	78,61	29,04	51,72	90,84
Março/2015	84,34	25,42	0,00	39,73
Abril/2015	83,40	27,43	0,00	35,68
Maiο/2015	80,43	31,16	0,00	34,58
Junho/2015	77,39	32,52	43,33	65,76
Julho/2015	74,60	36,34	44,18	57,48
Agosto/2015	78,95	33,02	0,00	34,58
Setembro/2015	78,86	29,89	46,54	57,48
Outubro/2015	80,85	30,68	0,00	80,64
Novembro/2015	77,36	35,37	0,00	34,58
Dezembro/2015	77,56	35,55	0,00	77,32

Fonte: Autoria própria

O aeroporto estudado alcançou um desempenho regular na terceira dimensão, Tratamento e Destinação Final (ITDF), o que representa uma condição parcialmente adequada no manejo de resíduos. A alta destinação de resíduos a aterros (>90%) em grande parte dos meses do período analisado contribuiu para esse desempenho, indicando uma destinação inadequada dos resíduos gerados. Com o aumento do número de resíduos recicláveis contabilizados, e conseqüente envio dos resíduos para cooperativas, observou-se uma melhora do ITDF essencialmente no ano de 2015, o que sugere um aperfeiçoamento na destinação dos resíduos.

A evolução do ITDF de 2015 em comparação à 2014, demonstra que o aeroporto estudado buscou melhorar a destinação dos resíduos, evitando o envio de grande parte dos resíduos recicláveis a aterros sanitários. Além do aspecto ambiental (pelo fato da reciclagem/compostagem serem consideradas alternativas melhores que a incineração e o aterramento de resíduos), há também o aspecto social, pois incentiva a geração de renda e de emprego por intermédio das cooperativas, e ainda, atendendo o que determina a legislação vigente (BRASIL, 2010, BRASIL, 2006). Acrescenta-se que os meses com melhor avaliação no ITDF apresentam menores taxas de destinação de resíduos para aterros e maior envio de recicláveis para cooperativas, cujo volume máximo foi 30.900 kg (julho/2015) e o mínimo 2.150 kg (maio/2014). O que explica esse maior envio de recicláveis é o aumento dos resíduos que são contabilizados como recicláveis pelo aeroporto nos dados oficiais, que tem como destino obviamente a reciclagem. Já os meses com pior avaliação foram os que tiveram a maior taxa de resíduos encaminhados ao aterro e não destinação de resíduos a compostagem.

Após a apresentação dos resultados do modelo proposto, apresenta-se as seguintes sugestões para que o aeroporto estudado melhore o gerenciamento de resíduos:

- ❖ Separação na fonte dos resíduos;
- ❖ Buscar reduzir e minimizar a quantidade de resíduos gerais conscientizando a comunidade aeroportuária acerca do consumo responsável;
- ❖ Incentivar a reutilização de materiais e cada vez mais a reciclagem, reduzindo o encaminhamento de resíduos a aterros sanitários;
- ❖ Incentivar a compostagem, principalmente em relação aos restos de alimentos que são destinados como resíduos comuns;
- ❖ Utilizar produtos que sejam renováveis e que apresentem menor impacto ambiental.
- ❖ Aumentar a frequência de coleta dos resíduos infectantes, evitando o acúmulo de resíduos;

- ❖ Repensar o número de contêineres e veículo coletor utilizado, visando otimizar a ocupação e reduzir custos de transporte e armazenagem;

- ❖ Criar um plano de avaliação do gerenciamento de resíduos, com o intuito de acompanhar as ações realizadas no aeroporto e identificar problemas e soluções.

Por fim, o modelo fuzzy aplicado aos dados do Aeroporto de Congonhas trouxe, inicialmente, resultados satisfatórios ao permitir a avaliação do desempenho no gerenciamento de resíduos sólidos em aeroportos, considerando aspectos típicos do manejo de resíduos como geração, coleta, transporte, armazenagem temporária, tratamento e destinação final entre outros. Com isso, foi possível contribuir para o tema com uma nova metodologia de avaliação, que pode ser revista e aperfeiçoada, englobando ajustes que sejam necessários na elaboração do modelo e na análise realizada.

## 6. CONCLUSÕES

Neste estudo, foi desenvolvido um sistema baseado em regras fuzzy para avaliar e apoiar o gerenciamento de resíduos em aeroportos. Esse modelo matemático foi aplicado a um estudo de caso do Aeroporto de Congonhas, tendo como resposta o IGRF que permitiu analisar a situação do aeroporto em relação ao manejo de resíduos.

Os resultados do IGRF demonstram que houve uma evolução de 2015 em relação a 2014, indicando um aperfeiçoamento do aeroporto no manejo de resíduos e a preocupação com esse tema tão importante em função dos impactos envolvidos. Acrescenta-se que o modelo pode ser utilizado para apoiar a tomada de decisão e realizar a comparação entre diferentes medidas do gerenciamento de resíduos, pois fornece a partir dos números de cada indicador ou índice o estado de um aeroporto no manejo de resíduos.

A metodologia adotada mostrou ser adequada ao objetivo do estudo, pois permitiu avaliar o gerenciamento de resíduos no aeroporto estudado e possibilita sua aplicação em outros estudos pela fácil aplicação e construção. Acrescenta-se que a utilização de um teste não-paramétrico propiciou o aprimoramento da análise dos resultados ao trazer a existência ou não de tendência do aperfeiçoamento do gerenciamento de resíduos.

O sistema fuzzy desenvolvido mostrou sua potencialidade ao conseguir refletir nos resultados os principais aspectos do gerenciamento de resíduos, baseando-se nos valores do IGRF. Conseguiu ainda detectar o aperfeiçoamento do manejo de resíduos no Aeroporto de Congonhas no período analisado, ocorrido a partir do segundo semestre de 2014, fornecendo a partir do índice final obtido um indicativo da situação atual do aeroporto e identificando possíveis inadequações. Esse tipo de ferramenta se mostrou de grande utilidade para os gestores aeroportuários por ser de fácil construção e possibilitar a inclusão de uma base de conhecimento de especialistas no assunto em que se deseja tratar, além de indicar o que pode ser feito para que o aeroporto alcance uma nota máxima.

Para atingir um nível muito adequado no manejo de resíduos o aeroporto estudado deve adotar a separação dos resíduos na fonte, buscar reduzir e minimizar a quantidade de resíduos gerados, incentivar a reutilização de materiais, a compostagem e cada vez mais a reciclagem, repensar o número de contêineres e veículo coletor utilizado, visando otimizar a ocupação e reduzir custos de transporte e armazenagem, entre outras ações.

O IGRF deve ser compreendido com o auxílio dos indicadores de cada dimensão, no intuito de se obter um panorama geral do gerenciamento de resíduos, como o do Aeroporto de Congonhas. Relacionando com informações adicionais e outros indicadores como, por

exemplo, caracterização dos resíduos gerados e custos envolvidos, este índice auxilia na melhoria do manejo de resíduos e elaboração de cenários futuros. Isso é essencialmente importante, pois propicia a discussão do tema resíduos sólidos em instalações aeroportuárias, que ocasiona em impactos ambientais a comunidades locais. Conseqüentemente, o sistema fuzzy demonstrou contribuir com os estudos de gerenciamento de resíduos em aeroportos no que tange a avaliação de desempenho e a apresentação de uma metodologia de simples aplicação e reprodução para estudos posteriores, que permite avaliar e apoiar o manejo de resíduos em aeroportos.

Por fim, destaca-se que o modelo proposto teve uma boa resposta, com os dados apresentados, cumprindo o objetivo do estudo de se ter um desempenho global do aeroporto no gerenciamento de resíduos. Acrescenta-se que novas análises poderão ocasionar ajustes ao modelo, sendo que se faz necessário aplicar o modelo a nível nacional para comparação e realização de um diagnóstico situacional do manejo de resíduos nesses locais.



## REFERÊNCIAS

AIR HELP. **Top 5 Biggest and Busiest Airports in the World**. Hong Kong, 2019. Disponível em: <<https://www.airhelp.com/en/blog/5-biggest-airports-in-the-world/>>. Acesso em: 27 out. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resolução - RDC ANVISA nº 342/2002**: Institui e aprova o Termo de Referência para elaboração dos Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos. Brasília: Ministério da Saúde, 2002a.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resolução – RDC ANVISA nº 345/2002**: Aprovar, conforme anexo I, o Regulamento Técnico para a Autorização de Funcionamento de empresas interessadas em prestar serviços de interesse da saúde pública em veículos terrestres que operem transportes coletivos internacional de passageiros, embarcações, aeronaves, terminais aquaviários, portos organizados, aeroportos, postos de fronteira e recintos alfandegados. Brasília: Ministério da Saúde, 2002b.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resolução – RDC ANVISA nº 2/2003**: Aprova o Regulamento Técnico para fiscalização e controle sanitário em aeroportos e aeronaves. Brasília: Ministério da Saúde, 2003.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resolução nº 56/2008**: dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas Sanitárias no Gerenciamento de Resíduos Sólidos nas áreas de Portos, Aeroportos, Passagens de Fronteiras e Recintos Alfandegados. Brasília: Ministério da Saúde, 2008.

ARANA, A. R. A.; HESPANHOL, R. M. Resíduos Sólidos Urbanos, Meio Ambiente e Risco Aviário: o caso do Aeroporto Estadual de Presidente Prudente/SP. **Geografia (Londrina)**, v.24, n. 1, p. 107-124, 2015.

ARANHA, S., P. da S. **Gerenciamento de resíduos sólidos no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro**: Estudo de alternativas. 2014. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

ARAÚJO, Suely Mara Vaz Guimarães de; JURAS, Ilídia da Ascensão Garrido Martins. **Comentários à Lei dos Resíduos Sólidos (Lei nº 12305/10)**. São Paulo (SP). Ed. Pillares, 2011. 255 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 11.174**: Armazenamento de Resíduos Classes II – Não Inertes e III – Inertes. Rio de Janeiro, 1990. 7 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12.235**: Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos. Rio de Janeiro, 1992. 14 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8843**: Aeroportos – Gerenciamento de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 1996. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10.004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004a. 71 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Gestão Ambiental – avaliação de desempenho – diretrizes, NBR 14.031**. Rio de Janeiro, 2004c.38 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15112**: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos -Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004b. 7 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9191**: Sacos Plásticos para acondicionamento de lixo – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2008. 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7500**: Identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos. Rio de Janeiro, 2013a. 149 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 17505-1**: Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis– Disposições Gerais. Rio de Janeiro, 2013b. 37 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7503**: Transporte terrestre de produtos perigosos - Ficha de emergência e envelope - Características, dimensões e preenchimento. Rio de Janeiro, 2015a. 15 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 17505-5**: Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis-Parte 5: Operações. Rio de Janeiro, 2015b. 96 p.

ATL - HARTSFIELD-JACKSON ATLANTA INTERNATIONAL AIRPORT . **Hartsfield-Jackson Launches New Sustainability Efforts**. Atlanta, 2016. Disponível em: <<http://www.atl.com/wp-content/uploads/2016/08/ATL-Launches-New-Sustainability-Efforts-March-15.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2019.

ATL- HARTSFIELD-JACKSON ATLANTA INTERNATIONAL AIRPORT L. **Zero Waste Policy**. Atlanta, 2017. Disponível em: <<http://www.atl.com/wp-content/uploads/2018/10/Zero-Waste-Policy-Web.pdf> >. Acesso em: 27 out. 2019.

BALTAZAR, M.E.; ROSA, T.; SILVA, J. Global decision support for airport performance and efficiency assessment. **Journal of Air Transport Management**, v.71, p.220-242, Ago. 2018.

BARROS, L. C.; BASSANEZI, R. C. **Tópicos de lógica Fuzzy e biomatemática**. UNICAMP/IMECC, Campinas, SP, 2010.

BARROS, Raphael Tobias de Vasconcelos. **Elementos de gestão de resíduos sólidos**. Raphael Tobias de Vasconcelos Barros. Belo Horizonte: Tessitura, 2012. 424 p.

BARROS, Raphael Tobias de Vasconcelos. *Enjeux de la gestion de déchets solides des villes moyennes de Minas Gerais (Brésil)*. Tese de doutorado: Institut Nationale de Sciences Appliquées-INSA-Lyon (França), 2003. 465p.

BAXTER, G.; SRISAENG, P.; WILD, G. An Assessment of Airport Sustainability, Part 1— Waste Management at Copenhagen Airport. **Resources**, Basel (SUIÇA) ,v.7, n.1, p.1-24, mar. 2018a.

BAXTER, G.; SRISAENG, P.; WILD, G. Sustainable Airport Waste Management: The Case of Kansai International Airport. **Recycling**, Basel (Suiça), vol. 3, n° 1, p.1-22, mar. 2018b.

BILITEWSKI, Bernd. **Waste management**: with 126 tables. 1.ed. Berlim: Springer, 1996.

BOAVENTURA, G. da S.; QUEIROZ, L. A. Gestão Ambiental no Setor Aeroportuário Brasileiro: Um Balanço Análise da Eficácia do Regulador e dos Regulados. **Revista Eletrônica Cosmopolita em Ação (São Paulo)**, v.4, n.2, p. 1-20, 2017.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 6437/1977**: Configura infrações à legislação sanitária federal, estabelece as sanções respectivas, e dá outras providências. Brasília: Casa Civil, 1977.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei 6938/1981**: Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília: Casa Civil, 1981.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 9782/1999**: Define o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária, cria a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, e dá outras providências. Brasília: Casa Civil, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 36, de 10 de novembro de 2006**: Aprova o Manual de Procedimentos Operacionais da Vigilância Agropecuária Internacional. Diário Oficial da União, Brasília, 2006a.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Decreto nº 5.940/2006**: Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências. Brasília: Casa Civil, 2006b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde** / Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006c.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Ministério de Minas e Energia. **Portaria Interministerial Nº 464/2007**: Os produtores e os importadores de óleo lubrificante acabado são responsáveis pela coleta de todo óleo lubrificante usado ou contaminado, ou alternativamente, pelo correspondente custeio da coleta efetivamente realizada, bem como sua destinação final de forma adequada. Brasília, 2007.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 12.305/2010**: institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. Brasília: Casa Civil, 2010a.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Decreto nº 7.404/2010**: Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Brasília: Casa Civil, 2010b.

BRASIL. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**: Versão Preliminar para Consulta Pública. Brasília, 2011.

BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Norma CNEN NN 6.02**: Dispõe sobre o licenciamento de instalações radiativas que utilizam fontes seladas, fontes não-seladas, equipamentos geradores de radiação ionizante e instalações radiativas para produção de radioisótopos. Brasília, 2014.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **Notícia: Aeroportos de Florianópolis e Salvador recebem reconhecimento internacional pela gestão ambiental**. Brasília, 2019. Disponível em: <<https://infraestrutura.gov.br/component/content/article.html?id=9221>>. Acesso em: 30 out. 2019.

CAIXETA-FILHO, J. V.; GAMEIRO, A. H. **Sistemas de gerenciamento de transportes modelagem matemática**. São Paulo: Ed. Atlas, 2001.

CARRA, T. A.; CONCEICAO, F. T. da; TEIXEIRA, B. B. Indicadores para a gestão de resíduos sólidos em aeroportos e sua aplicação no Aeroporto Internacional de Viracopos, Campinas, São Paulo. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 131-138, Jun. 2013.

COENTRO, Rita Maria Cunha Leite. **Gestão de resíduos sólidos em aeroportos: estudo de caso do Aeroporto de Congonhas-São Paulo**. Campinas, 2017. 98 p. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade) – Centro de Economia e Administração, Pontífca Universidade Católica de Campinas.

COENTRO, R.M. C. L.; DEMANBORO, A.C. Gestão de resíduos sólidos no AEROPORTO de CONGONHAS-S.P. **Revista Reverte**, Indaiatuba, v.15, n.1, p.1-20, dez., 2017;

COLLIS, J.; HUSSEY, R. **Pesquisa em Administração**: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 002/1991**: Dispõe sobre o tratamento a ser dado às cargas deterioradas, contaminadas ou fora de especificações. Brasília, 1991a. 1 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 006/1991**: Dispõe sobre o tratamento de resíduos sólidos provenientes de estabelecimentos de saúde, portos e aeroportos. Brasília, 1991b. 1 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (BRASIL). **Resolução CONAMA nº 005/1993**: Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários. Brasília, 1993. 4 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 275/2001**: Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. Brasília, 2001. 1 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 307/2002**: Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, 2002. 7 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 358/2005**: Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Brasília, 2005a. 8 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 362/2005**: Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado. Brasília, 2005b. 14 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 401/2008**: Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências. Brasília, 2008. 6 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 416/2009**: Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências. Brasília, 2009. 4p.

COSTA et al. O uso do método estudo de caso na Ciência da Informação no Brasil. **R.Ci.Inf. e Doc. Ribeirão Preto**, v.4. n.1, p.49-69, jan./jun. 2013.

CROPPER, A. **Decoupling economic growth from environmental degradation-the crucial role of resource efficiency**. 2008. In: GreenWeek Conference, Brussels, 3-6 June 2008.

DAVID, G. S.; RIZOL, P. M. S. R.; NASCIMENTO, L. F. C. Modelos computacionais fuzzy para avaliar efeitos da poluição do ar em crianças. **Rev. paul. pediatr.**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 10-16, Mar. 2018.

DEMICCO, V.; KLIR G. J - **Fuzzy Logic in Geology** - Elsevier Academic Press, 2004. 366p.

DIMITRIOU, D.J.; VOSKAKI, A.J. **Regional airports' environmental management: Key messages from the evaluation of ten European airports**. In: Regional Airports; POSTORINO, M.N., Ed.; WIT Press: Southampton (UK), p.73–86, 2011.

EUROSTAT. **Manual on waste statistics**: A handbook for data collection on waste generation and treatment. União Europeia, 2013.

FAGUNDES, Alexandre Borges. **Modelagem Fuzzy para avaliação de desempenho ambiental do gerenciamento de resíduos sólidos industriais**. 1v. TESE (Doutorado) – Curso de Doutorado em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). **Recycling, Reuse and Waste Reduction at Airports: A Synthesis Document**. Washington D.C. (EUA), 2013. 52 p.

FERRAZ, José Lázaro. **Modelo para avaliação da gestão municipal integrada de resíduos sólidos urbanos** / José Lázaro Ferraz.--Campinas, SP: [s.n.], 2008.

FLYCHICAGO. Chicago Department of Aviation. **Sustainability in the Terminals: Composting**. Chicago, 2019a. Disponível em:

<<https://www.flychicago.com/community/environment/terminalsustainability/pages/default.aspx>>. Acesso em: 27 out. 2019.

FLYCHICAGO. Chicago Department of Aviation. **Resource Conservation: Waste Management**. Chicago, 2019b. Disponível em:

<<https://www.flychicago.com/community/environment/resourceconservation/pages/default.aspx>>. Acesso em: 27 out. 2019.

FRANCISCO, L. do E. S.; ARICA, G. M. de. Contribuição para análise dos custos no tratamento da água utilizando programação linear fuzzy: um modelo para o gerenciamento do abastecimento do município de Campos (RJ). **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, p. 655-664, Ago., 2018.

FRAPORT. FRAPORT AG Publications. **Environmental Statement 2017**. Frankfurt, 2017. Disponível em:

<<https://www.fraport.com/content/fraport/en/ourcompany/responsibility/publications/environmental-statements.html>>. Acesso em: 28 out. 2019.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6ª ed. São Paulo: Editora Atlas SA, 2008.

GOMIDE F. A. C., GUDWIN, R R. and. TANSCHKEIT R. **Conceitos fundamentais da teoria de conjuntos Fuzzy, lógica Fuzzy e aplicações**. Sixth International Fuzzy Systems Association World Congress / Tutorials - IFSA95, pages 01 – 38, Julho 1995.

GOMIDE, F. A.C.; GUDWIN, R. R.; **Modelagem, Controle, Sistemas e Lógica Fuzzy**. SBA Controle & Automação. v. 4, n. 3, p. 97-115, set. /out. 1994.

GROUPE ADP. **Aéroports de Paris Management Report 2017 Financial year**. Paris, 2018. Disponível em:

<[https://www.parisaeroport.fr/docs/default-source/groupe-fichiers/finance/actionnaires-individuels/assemblee-generale/2018/4-1---adp-management-report---2017-financial-year.pdf?sfvrsn=fd5eebd\\_0](https://www.parisaeroport.fr/docs/default-source/groupe-fichiers/finance/actionnaires-individuels/assemblee-generale/2018/4-1---adp-management-report---2017-financial-year.pdf?sfvrsn=fd5eebd_0)>. Acesso em: 28 out. 2019.

HATEM, R. S. **Avaliação dos resíduos sólidos gerados nos principais aeroportos da região metropolitana de Belo Horizonte-MG**. 2003. 172p. Dissertação (Mestrado em

Saneamento, Meio ambiente e Recursos hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

HEATHROW. HEATHROW Airport. **Heathrow's Smart Resource Management: Our approach to managing energy, waste & water.** Londres, 2015. Disponível em: <[https://www.heathrow.com/file\\_source/Company/Static/PDF/Communityandenvironment/Heathrow-Smart-Resource-Management-2015.pdf](https://www.heathrow.com/file_source/Company/Static/PDF/Communityandenvironment/Heathrow-Smart-Resource-Management-2015.pdf)>. Acesso em 28 out. 2019.

HJELMSØI, M. H. et al. Metagenomic analysis of viruses in toilet waste from long distance flights—A new procedure for global infectious disease surveillance. **PLOS ONE**, vol. 14, n.1, 2019.

INFRAERO. **Anuário Estatístico Operacional 2010.** Diretoria de Gestão Operacional e Navegação Aérea – DO. Brasília, 2011.

INFRAERO. **Anuário Estatístico Operacional 2011.** Diretoria de Gestão Operacional e Navegação Aérea – DO. Brasília, 2012.

INFRAERO. **Anuário Estatístico Operacional 2012.** Diretoria de Gestão Operacional e Navegação Aérea – DO. Brasília, 2013.

INFRAERO. **Anuário Estatístico Operacional 2013.** Diretoria de Gestão Operacional e Navegação Aérea – DO. Brasília, 2014.

INFRAERO. **Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos do Aeroporto de Congonhas.** São Paulo, 2015a.

INFRAERO. **Anuário Estatístico Operacional 2014.** Diretoria de Gestão Operacional e Navegação Aérea – DO. Brasília, 2015b.

INFRAERO. **Anuário Estatístico Operacional 2015.** Diretoria de Gestão Operacional e Navegação Aérea – DO. Brasília, 2016.

INFRAERO. **Anuário Estatístico Operacional 2016.** Diretoria de Gestão Operacional e Navegação Aérea – DO. Brasília, 2017.

INFRAERO. **Anuário Estatístico Operacional 2017.** Diretoria de Gestão Operacional e Navegação Aérea – DO. Brasília, 2018.

INFRAERO. **Aeroporto de Congonhas: Características.** Brasília, 2019. Disponível em: <<http://www4.infraero.gov.br/aeroportos/aeroporto-de-sao-paulo-congonhas-deputado-freitas-nobre/sobre-o-aeroporto/caracteristicas/>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

INFRAERO. **Anuário Estatístico Operacional 2018.** Diretoria de Gestão Operacional e Navegação Aérea – DO. Brasília, 2019.

INFRAERO. **Relatório Anual 2018.** Brasília, 2019. Disponível em: <[http://www4.infraero.gov.br/media/677261/relatorio\\_anual\\_2018.pdf](http://www4.infraero.gov.br/media/677261/relatorio_anual_2018.pdf)>. Acesso em: 29 out. 2019.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). Eco-Airports. **Waste Management at Airports**. Montreal (Canadá), s.d. Disponível em: <[https://www.icao.int/environmentalprotection/Documents/Waste\\_Management\\_at\\_Airports\\_booklet.pdf](https://www.icao.int/environmentalprotection/Documents/Waste_Management_at_Airports_booklet.pdf)>. Acesso em: 06 jun. 2019.

JANIC, M. **Greening Airports: Advanced Technology and Operations**; Springer: London, UK, 2011.

JANIC, M. Developing an indicator system for monitoring, analyzing, and assessing airport sustainability. **European Journal of Transport and Infrastructure Research**, vol. 3, n.10, p. 206–229, 2010.

JORNAL FOLHA de SÃO PAULO. Fotos do Aeroporto de Congonhas. São Paulo, 2001. In: VCP BRASIL. **EIA/RIMA do Aeroporto de Congonhas**. São Paulo, 2008. Disponível em: <[https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio\\_ambiente/eia\\_\\_rimaeva/](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/eia__rimaeva/)>. Acesso em: 14 jun. 2019.

JUNIOR, F. A. **Custos ambientais aeroportuários: Um estudo aplicado ao Aeroporto Santos Dumont**. 2015. Dissertação (Mestrado Profissional em Economia e Gestão Empresarial), Universidade Cândido Mendes., Rio de Janeiro, 2015.

KILKIŞ, Şan; Şiir KILKIŞ. Benchmarking airports based on a sustainability ranking index. **Journal of Cleaner Production**, vol. 130, p. 248-259, 2016.

KUNZ, J.G.; DE CONTO, S.M.; DEMORI, M.K. A geração de resíduos sólidos aeroportuários e suas interfaces com o turismo: o caso do Aeroporto Hugo Cantergiani, Caxias do Sul-RS, Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo (RBTUR)**. São Paulo, vol.9, nº 1, p. 59-75, jan./abr. 2015.

KUNZ, J.G. **A geração de resíduos sólidos e suas interfaces com o turismo: o caso do aeroporto Hugo Cantergiani, Caxias do Sul-RS**. 2013. 149 f. Dissertação(Mestrado em Turismo e Hospitalidade)- Universidade de Caxias do sul, Caxias do Sul, 2013.

LAM, C. M. et al. Life-cycle cost-benefit analysis on sustainable food waste management: The case of Hong Kong International Airport. **Journal of Cleaner Production**, vol.187, p.751-762, 2018.

LAZZAROTTO, D. R.. Avaliação da Sustentabilidade da Floresta Nacional de Irati por Meio de Lógica Fuzzy. **Floresta Ambient.**, Seropédica , v. 25, n. 1, 2018

LI, Y. P.; HUANG, G. H. Integrated Modeling for Optimal Municipal Solid Waste Management Strategies under Uncertainty. **Journal of Environmental Engineering**, v.137, n. 9, p. 842-853, Set., 2011.

LOS ANGELES WORLD AIRPORST-LAWA. **Sustainability elements: Material Resources Management**. Los Angeles, 2019a. Disponível em: <<https://www.lawa.org/en/lawa-sustainability/sustainability-elements-material-resource-management>>. Acesso em: 27 out. 2019.



LOS ANGELES WORLD AIRPORTS-LAWA. **Performance Summary: Material Resources Management**. Los Angeles, 2019a. Disponível em: <[https://www.lawa.org/en/lawa-sustainability/performance-summary#material\\_resource\\_management](https://www.lawa.org/en/lawa-sustainability/performance-summary#material_resource_management)>. Acesso em: 27 out. 2019.

LOS ANGELES WORLD AIRPORTS-LAWA. **LAWA 2018 Sustainability Report**. Los Angeles, 2018. Disponível em: <<https://cloud1lawa.app.box.com/v/2018-Sustainability-Report>> Acesso em: 27 out. 2019.

MAMDANI, E. H.; ASSILAN, S. A. An experiment in linguistic synthesis with a Fuzzy logic controller. **Int. J. Man - Machine Studies**, vol. 7, p1-13, 1975.

MANN, H.B. Nonparametric tests against trend. **Econometrica**, vol. 13, n. 3, p. 245-259, jul., 1945.

MATH WORKS. **Fuzzy Logic Toolbox: Design and simulate fuzzy logic systems**. 2010. Disponível em: <<https://la.mathworks.com/products/fuzzy-logic.html>>. Acesso em: 12 jun. de 2019.

MATTAR, F. N., **Pesquisa de Marketing**. São Paulo: Atlas, 1996.

MELLO, L. B. de. **Aeroporto de Congonhas, Terminal de Passageiros: História da Construção**. São Paulo, 2006.

MONTEIRO, J.H.P. et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MUNEEB, S.M. et al. Decentralized bi-level decision planning model for municipal solid waste recycling and management with cost reliability under uncertain environment. **Sustainable Production and Consumption**, v. 16, p. 33-44, Out, 2018.

NUNES, J. F.; ROIG, H. L. Análise e mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia do alto do descoberto, DF/GO, por meio de classificação automática baseada em regras e lógica nebulosa. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 25-36, Fev., 2015

OLIVEIRA, M. D. de; REZENDE, O. L. T. de; OLIVEIRA, S. M. A. C.; LIBANIO, M. Nova abordagem do Índice de Qualidade de Água Bruta utilizando a Lógica Fuzzy. **Eng. Sanit. Ambient. [online]**, vol.19, n.4, p.361-372, 2014.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DA AVIAÇÃO CIVIL (OACI). **Manual – Guia de Proteção Ambiental para Aeroportos**. Projeto PNUDOACI. RLA/92/031. Versão Preliminar. Junho, 1996.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Nova Iorque: ONU, 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>>. Acesso em: 21 mai. 2018.

PACHECO, E.G.; FERNANDES, M.A ;MOURÃO, V.O. Aplicação de ferramentas da Qualidade para o descarte de resíduos sólidos no Aeroporto de Guarulhos. **INOVAE - Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation**, v.5, n.1, p. 1-17, 2017.

PAULA, D. et al . Saneamento nas embarcações fluviais de passageiros na Amazônia: uma análise de risco ao meio ambiente e à saúde por meio da lógica fuzzy. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro , v. 24, n. 2, p. 283-294, Apr. 2019

PITT, M.; SMITH, A. Waste management efficiency at UK airports. **Journal of Air Transport Management**, v. 9, n. 2, p. 103-111, 2003.

PITT, M.; BROWN, A.; SMITH, A. Waste management at airports. **Facilities**, v.20, n.5/6, p.198–207, 2002.

PLATT, B. **20 reasons why incineration is a losing financial proposition for host communities**. Institute for Local Self-Reliance, Washington/ DC (EUA), 2004. Disponível em:<<http://gaialibrary.org/system/files/Twenty%20reasons%20why%20incineration%20is%20a%20losing%20financial%20proposition%20for%20host%20communities%20especially%20in%20the%20global%20South.pdf>> Acesso em: 04 jun.2019

POHLERT, T. **Package ‘trend’**. Julho, 2018. Avaliável in: < <https://cran.r-project.org/web/packages/trend/trend.pdf>>. Acess in: 10 dez. 2019.

R CORE TEAM . **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2019. Available in:<<https://www.R-project.org/>>. Acess in: 10 dez. 2019.

REVISTA AVIAÇÃO NOTÍCIAS. **Notícia: RIOgaleão recebe Menção Honrosa na conferência internacional Airports Going Green pelo projeto Ciclo Orgânico**. São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.aviacaonoticias.com/2017/11/riogaleao-recebe-mencao-honrosa-na.html>>. Acesso em: 30 out. 2019.

REZENDE, D. ; MERLIN, S. **Carbono social – agregando valores ao desenvolvimento sustentável**. Editora Peirópolis. São Paulo, 2003. Disponível em: <[http://www.socialcarbon.org/uploadDocs/Documents/Social\\_Carbon\\_book\\_pt.pdf](http://www.socialcarbon.org/uploadDocs/Documents/Social_Carbon_book_pt.pdf)>. Acesso em: 15 jul. 2019.

ROSS, T. J. **Fuzzy Logic with engineering applications**. 2ed. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 2004.

ROVEDA, J.A.; MOTA, M.; ROVEDA, S.R.M.M.; LOURENÇO, R.W.; MARTINS, A.. **Fuzzy environmental quality index**. 2010 IEEE World Congress on Computational Intelligence, WCCI 2010. 1-6. 2010.

SAITO, M. **Aspectos ambientais em pequenos e médios aeroportos públicos civis: levantamento e análise no Estado de São Paulo**. 2007. 113 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2007.

SALVADOR AIRPORT. **Dia do Meio Ambiente:** Salvador Bahia Airport registra importantes avanços em sustentabilidade. Salvador, 2019. Disponível em: <<https://www.salvador-airport.com.br/pt-br/dia-do-meio-ambiente-salvador-bahia-airport-registra-importantes-avan%C3%A7os-em-sustentabilidade>>. Acesso em: 30 out. 2019.

SANTIAGO, L. S.; DIAS, S. M. F. Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. **Eng. Sanit. Ambient.** [online]. Rio de Janeiro vol.17, n.2 , p.203-212, Junho, 2012.

SANTOLI, L. de et al. Building integrated bioenergy production (BIBP): Economic sustainability analysis of Bari airport CHP (combined heat and power) upgrade fueled with bioenergy from short chain. **Renewable Energy**, v. 81, p.499-508, Setembro, 2015.

SANTOS, C.K.N. **Metodologia do Carbono Social – Manual do Multiplicador.** Palmas: Instituto Ecológica., 2008.

SÃO PAULO. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. **Lei nº 6134/1988:** Dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo e dá outras providências. São Paulo, 1988.

SÃO PAULO. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. **Lei nº 10.083/1998:** Dispõe sobre o Código Sanitário do Estado. São Paulo, 1998a.

SÃO PAULO. Prefeitura do Município de São Paulo. **Lei nº 12.563/1998:** Dispõe sobre a forma de acondicionamento de ferro-velho, sucatas e materiais reutilizáveis e/ou recicláveis nos locais que especifica, e dá outras providências. São Paulo, 1998b.

SÃO PAULO. Prefeitura do Município de São Paulo. **Lei nº 12.653/1998:** Fixa normas para o descarte como lixo, de lâmpadas fluorescentes, e dá outras providências. São Paulo, 1998c.

SÃO PAULO. Prefeitura do Município de São Paulo. **Decreto nº 37.952/1999:** Regulamenta a coleta, o transporte e a destinação final de entulho, terras e sobras de materiais de construção. São Paulo, 1999.

SÃO PAULO. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. **Lei nº 10.888/2001:** Dispõe sobre o descarte final de produtos potencialmente perigosos do resíduo urbano que contenham metais pesados e dá outras providências. São Paulo, 2001.

SÃO PAULO. Prefeitura do Município de São Paulo. **Lei nº 13.478/2002:** Dispõe sobre a organização do Sistema de Limpeza Urbana do Município de São Paulo. São Paulo, 2002.

SÃO PAULO. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. **Lei nº 12.300/2006:** Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes. São Paulo, 2006.

SÃO PAULO. Prefeitura do Município de São Paulo. **Lei nº 14.698/2008:** Dispõe sobre a proibição de destinar óleo comestível servido no meio ambiente. São Paulo, 2008.

SÃO PAULO. Prefeitura do Município de São Paulo. **Decreto Municipal nº 50.446/ 2009:** Regulamenta o transporte de produtos perigosos por veículos de carga nas vias públicas do Município de São Paulo, nos termos da legislação específica. São Paulo, 2009.

SÃO PAULO. Secretaria de Meio Ambiente. **Resolução SMA-024/2010**: Estabelece a relação de produtos geradores de resíduos de significativo impacto ambiental. São Paulo, 2010.

SÃO PAULO. Prefeitura do Município de São Paulo. **Decreto nº 52.647/2011**: Regulamenta a lei nº 14.802, de 26 de junho de 2008, que dispõe sobre a proteção ao meio ambiente por meio do controle da destinação de óleos lubrificantes servidos, no âmbito do município de São Paulo. São Paulo, 2011.

SÃO PAULO. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. **Decreto nº 57.817/2012**: Institui, sob coordenação da Secretaria do Meio Ambiente, o Programa estadual de implementação de projetos de resíduos sólidos e dá providências correlatas. São Paulo, 2012.

SCHNEIDER, S. C. R. F. **Gerenciamento de resíduos sólidos em aeroportos: estudo de caso Aeroporto Internacional Salgado Filho**. 2004. 191 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SELLTIZ, C. et al. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. São Paulo: Herder, 1967.

SILVA, G. H. R.; DEUS, R. M.; BATTISTELLE, R. A. G. Resíduos sólidos no Brasil: contexto, lacunas e tendências. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 685-698, Dez. 2015.

SILVA, M. E. I. da. **Avaliação do gerenciamento de resíduos sólidos infectantes no Aeroporto Internacional Antônio Carlos Jobim**. 2017. 119 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Vigilância Sanitária- Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), Rio de Janeiro, 2017.

SILVA, N. F. de C. da et al. Fuzzy Visa: um modelo de lógica fuzzy para a avaliação de risco da Vigilância Sanitária para inspeção de resíduos de serviços de saúde. **Physis**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 1, p. 127-146, Jan., 2017.

SILVERT, W., Fuzzy indices of environmental conditions. **Ecological Modeling**. v.130, 111-119, 2000.

SINGH, A. Managing the uncertainty problems of municipal solid waste disposal. **Journal of Environmental Management**, v.240, p. 259-265, Jun., 2019.

SRIVASTAVA, A.K.; NEMA, A.K. Fuzzy parametric programming model for multi-objective integrated solid waste management under uncertainty. **Expert Systems with Applications**, v.39, n. 5, p. 4657-4678, Abr., 2012.

TCHOBANOGLIOUS, G. et al. Introduction. In: TCHOBANOGLIOUS, G; KREITH, F. (co-Ed.). **Handbook of solid waste management**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 2002.

TOFALLI, N.; LOIZIA, P.; ZORPAS, A., A. Passengers waste production during flights. **Environmental Science and Pollution Research**, vol.25, p.35764–35775, 2018.

UPHAM, P. A comparison of sustainability theory with UK and European airports policy and practice. **J. Environ. Manag.**, vol. 63, p.237-248, 2001.

VCP BRASIL. **EIA/RIMA do Aeroporto de Congonhas**. São Paulo, 2008. Disponível em: <[https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio\\_ambiente/eia\\_\\_rimaeva/](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/eia__rimaeva/)>. Acesso em: 14 jun. 2019.

VEJARIO. **Notícia: Aeroporto do Galeão vai investir 12 milhões de reais em sustentabilidade**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<https://vejario.abril.com.br/cidades/aeroporto-do-galeao-vai-investir-12-milhoes-de-reais-em-sustentabilidade/>>. Acesso em: 29 out. 2019.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2009.

XU, J. et al. Evaluation of efficiency of aircraft liquid waste treatment and identification of daily inspection indices: a case study in Changchun, China. **Environ Monit Assess.**, vol.185, n.7, p.6063–6070, 2013.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

ZADEH, L. **Fuzzy sets**. Information and Control, vol. 8, p. 338-353, 1965.

## APÊNDICE A- FUZZIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE ENTRADA E DE SAÍDA DO MODELO FUZZY PROPOSTO

Tabela A1 — Descrição das variáveis de entrada e de saída do ICTAT GERAL

VARIÁVEL	TERMOS LINGÜÍSTICOS	DOMÍNIO	JUSTIFICATIVA PARA DEFINIÇÃO DO DOMÍNIO
Indicador de coleta, transporte e armazenagem temporária-GRUPO A	Ruim	[0 0 1 4]	O domínio da variável possui o intervalo [0 10], definido pelo autor para representar o desempenho pelo aeroporto nessa medida.
	Regular	[1 4 7]	
	Bom	[4 7 10 10]	
Indicador de coleta, transporte e armazenagem temporária-GRUPO D (comuns)	Ruim	[0 0 1 4]	O domínio da variável possui o intervalo [0 10], definido pelo autor para representar o desempenho pelo aeroporto nessa medida.
	Regular	[1 4 7]	
	Bom	[4 7 10 10]	
Indicador de coleta, transporte e armazenagem temporária-GRUPO D (recicláveis)	Ruim	[0 0 1 4]	O domínio da variável possui o intervalo [0 10], definido pelo autor para representar o desempenho pelo aeroporto nessa medida.
	Regular	[1 4 7]	
	Bom	[4 7 10 10]	
Indicador de coleta, transporte e armazenagem temporária-Geral	Péssimo	[ 0 0 1 3]	O domínio da variável possui o intervalo [0 10], definido pelo autor para representar o desempenho pelo aeroporto nessa medida.
	Ruim	[ 1 3 5]	
	Regular	[3 5 7]	
	Bom	[ 5 7 9]	
	Excelente	[7 9 10 10]	

Fonte: Autoria própria

Tabela A2 — Descrição das variáveis de entrada e de saída da dimensão separação na fonte e armazenagem temporária

VARIÁVEL	TERMOS LINGUÍSTICOS	DOMÍNIO	JUSTIFICATIVA PARA DEFINIÇÃO DO DOMÍNIO
Evolução da Reciclagem	Ruim Regular Boa	[-0,50 -0,50 -0,20 0,10] [-0,20 0,10 0,40] [0,10 0,40 1,00 1,00]	O domínio da variável possui o intervalo de [-0,50 1,00], que foi definido pelo autor considerando o aumento ou o decréscimo da reciclagem de um ano para outro.
Evolução da Compostagem	Inadequada Parcialmente Adequada Adequada	[-0,50 -0,50 -0,15 0,20] [-0,15 0,20 0,55] [0,20 0,55 1,00 1,00]	O domínio da variável possui o intervalo de [-0,50 1,00], que foi definido pelo autor considerando o aumento ou o decréscimo da compostagem no aeroporto de um ano para outro.
Índice de recuperação de materiais recicláveis	Ruim Regular Bom.	[0,00 0,00 3,50 7,00] [3,50 7,00 10,50] [7,00 10,50 15,00 15,00]	O domínio da variável tem como intervalo [0 15], definindo com base nos valores apresentados por Santiago e Dias (2012).
Recuperação de resíduo orgânico	Inadequada Parcialmente Adequada Adequada	[0,00 0,00 10,00 20,00] [10,00 20,00 30,00] [20,00 30,00 40,00 40,00]	O domínio da variável tem como intervalo [0 40], tendo como referência Santiago e Dias (2012) para adoção desses valores.
Indicador de separação na fonte e armazenagem temporária	Péssimo Ruim Regular Bom Excelente	[ 0 0 1 3] [ 1 3 5] [3 5 7] [ 5 7 9] [7 9 10 10]	O domínio da variável possui o intervalo [0 10], definido pelo autor para representar o desempenho pelo aeroporto nessa medida.

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho com base em Santiago e Dias (2012)

Tabela A3— Descrição das variáveis de entrada e de saída da dimensão tratamento e destinação final

VARIÁVEL	TERMOS LINGÜÍSTICOS	DOMÍNIO	JUSTIFICATIVA PARA DEFINIÇÃO DO DOMÍNIO
Taxa de resíduos destinados ao aterro sanitário	Baixa Média Alta	[0 0 25 50] [25 50 75] [50 75 100 100]	O domínio da variável possui o intervalo de [0 100], tendo como base os países da União Europeia por intermédio do EUROSTAT (2013).
Quantidade de resíduos recicláveis enviados às cooperativas	Não Ideal Parcialmente Ideal Ideal.	[0 0 30 60] [30 60 90] [60 90 100 100]	O domínio da variável [0 100] foi estabelecido considerando o aproveitamento máximo da quantidade de resíduos recicláveis do aeroporto.
Quantidade de resíduos destinados a compostagem	Inadequada Parcialmente Adequada Adequada	[0 0 25 50] [25 50 75] [50 75 100 100]	O domínio da variável [0 100] foi estabelecido considerando o aproveitamento máximo da quantidade de resíduos compostáveis do aeroporto.
Distância do percurso de transporte externo	Curta Média Longa	[0 0 150 300] [150 300 450] [300 450 600 600]	O domínio da variável tem como intervalo [0 600], definido com base em com Caixeta Filho (2001), levando em conta as distâncias percorridas para o modal rodoviário.
Indicador de tratamento e destinação final	Péssimo Ruim Regular Bom Excelente	[ 0 0 1 3] [ 1 3 5] [3 5 7] [ 5 7 9] [7 9 10 10]	O domínio da variável possui o intervalo [0 10], definido pelo autor para representar o desempenho pelo aeroporto nessa medida.

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho com base em EUROSTAT (2013), INFRAERO (2012) Caixeta Filho (2001)



Tabela A4 — Descrição das variáveis de entrada e de saída do IGRF

VARIÁVEL	TERMOS LINGUÍSTICOS	DOMÍNIO	JUSTIFICATIVA PARA DEFINIÇÃO DO DOMÍNIO
Indicador de coleta, transporte e armazenagem temporária	Ruim Regular Bom	[0 0 2 5] [2 5 8] [ 5 8 10 10]	O domínio da variável possui o intervalo [0 10], definido pelo autor para representar o desempenho pelo aeroporto nessa medida.
Indicador de separação na fonte e armazenagem temporária	Ruim Regular Bom	[0 0 2 5] [2 5 8] [ 5 8 10 10]	O domínio da variável possui o intervalo [0 10], definido pelo autor para representar o desempenho pelo aeroporto nessa medida.
Indicador de tratamento e destinação final	Ruim Regular Bom	[0 0 2 5] [2 5 8] [ 5 8 10 10]	O domínio da variável possui o intervalo [0 10], definido pelo autor para representar o desempenho pelo aeroporto nessa medida.
Índice de Gerenciamento de Resíduos Fuzzy (IGRF)	Péssimo Ruim Regular Bom Excelente	[ 0 0 1 3] [ 1 3 5] [3 5 7] [ 5 7 9] [7 9 10 10]	O domínio da variável possui o intervalo [0 10], definido pelo autor para representar o desempenho pelo aeroporto nessa medida.

Fonte: Autoria própria

## APÊNDICE B –BASE DE REGRAS DA DIMENSÃO COLETA, TRANSPORTE E ARMAZENAGEM TEMPORÁRIA

**Figura B1-** Base De Regras do ICTAT-Grupo A, ICTAT-Rejeitos e ICTAT-Recicláveis

GERAÇÃO DE RESÍDUOS	FREQÜÊNCIA DE COLETA	OCUPAÇÃO DO VEÍCULO COLETOR	UTILIZAÇÃO DA ARMAZENAGEM TEMPORÁRIA	ICTAT
INADEQUADA	NÃO ATENDE	NÃO IDEAL	NÃO SUFICIENTE	PÉSSIMO
INADEQUADA	NÃO ATENDE	NÃO IDEAL	PARC.SUFICIENTE	PÉSSIMO
INADEQUADA	NÃO ATENDE	NÃO IDEAL	SUFICIENTE	RUIM
INADEQUADA	NÃO ATENDE	PARC.IDEAL	NÃO SUFICIENTE	RUIM
INADEQUADA	NÃO ATENDE	PARC.IDEAL	PARC.SUFICIENTE	RUIM
INADEQUADA	NÃO ATENDE	PARC.IDEAL	SUFICIENTE	REGULAR
INADEQUADA	NÃO ATENDE	IDEAL	NÃO SUFICIENTE	RUIM
INADEQUADA	NÃO ATENDE	IDEAL	PARC.SUFICIENTE	RUIM
INADEQUADA	NÃO ATENDE	IDEAL	SUFICIENTE	REGULAR
INADEQUADA	ATENDEPARC.	NÃO IDEAL	NÃO SUFICIENTE	RUIM
INADEQUADA	ATENDEPARC.	NÃO IDEAL	PARC.SUFICIENTE	RUIM
INADEQUADA	ATENDEPARC.	NÃO IDEAL	SUFICIENTE	REGULAR
INADEQUADA	ATENDEPARC.	PARC.IDEAL	NÃO SUFICIENTE	RUIM
INADEQUADA	ATENDEPARC.	PARC.IDEAL	PARC.SUFICIENTE	REGULAR
INADEQUADA	ATENDEPARC.	PARC.IDEAL	SUFICIENTE	REGULAR
INADEQUADA	ATENDEPARC.	IDEAL	NÃO SUFICIENTE	REGULAR
INADEQUADA	ATENDEPARC.	IDEAL	PARC.SUFICIENTE	REGULAR
INADEQUADA	ATENDEPARC.	IDEAL	SUFICIENTE	REGULAR
INADEQUADA	ATENDE	NÃO IDEAL	NÃO SUFICIENTE	REGULAR
INADEQUADA	ATENDE	NÃO IDEAL	PARC.SUFICIENTE	REGULAR
INADEQUADA	ATENDE	NÃO IDEAL	SUFICIENTE	BOM
INADEQUADA	ATENDE	PARC.IDEAL	NÃO SUFICIENTE	REGULAR
INADEQUADA	ATENDE	PARC.IDEAL	PARC.SUFICIENTE	REGULAR
INADEQUADA	ATENDE	PARC.IDEAL	SUFICIENTE	BOM
INADEQUADA	ATENDE	IDEAL	NÃO SUFICIENTE	REGULAR
INADEQUADA	ATENDE	IDEAL	PARC.SUFICIENTE	REGULAR
INADEQUADA	ATENDE	IDEAL	SUFICIENTE	BOM
PARC.ADEQUADA	NÃO ATENDE	NÃO IDEAL	NÃO SUFICIENTE	RUIM
PARC.ADEQUADA	NÃO ATENDE	NÃO IDEAL	PARC.SUFICIENTE	REGULAR
PARC.ADEQUADA	NÃO ATENDE	NÃO IDEAL	SUFICIENTE	REGULAR
PARC.ADEQUADA	NÃO ATENDE	PARC.IDEAL	NÃO SUFICIENTE	REGULAR
PARC.ADEQUADA	NÃO ATENDE	PARC.IDEAL	PARC.SUFICIENTE	REGULAR
PARC.ADEQUADA	NÃO ATENDE	PARC.IDEAL	SUFICIENTE	REGULAR
PARC.ADEQUADA	NÃO ATENDE	IDEAL	NÃO SUFICIENTE	REGULAR
PARC.ADEQUADA	NÃO ATENDE	IDEAL	PARC.SUFICIENTE	REGULAR
PARC.ADEQUADA	NÃO ATENDE	IDEAL	SUFICIENTE	REGULAR
PARC.ADEQUADA	ATENDEPARC.	NÃO IDEAL	NÃO SUFICIENTE	REGULAR
PARC.ADEQUADA	ATENDEPARC.	NÃO IDEAL	PARC.SUFICIENTE	REGULAR
PARC.ADEQUADA	ATENDEPARC.	NÃO IDEAL	SUFICIENTE	REGULAR

PARC.ADEQUADA	ATENDEPARC.	PARC.IDEAL	NÃO SUFICIENTE	REGULAR
PARC.ADEQUADA	ATENDEPARC.	PARC.IDEAL	PARC.SUFICIENTE	BOM
PARC.ADEQUADA	ATENDEPARC.	PARC.IDEAL	SUFICIENTE	BOM
PARC.ADEQUADA	ATENDEPARC.	IDEAL	NÃO SUFICIENTE	REGULAR
PARC.ADEQUADA	ATENDEPARC.	IDEAL	PARC.SUFICIENTE	REGULAR
PARC.ADEQUADA	ATENDEPARC.	IDEAL	SUFICIENTE	BOM
PARC.ADEQUADA	ATENDE	NÃO IDEAL	NÃO SUFICIENTE	REGULAR
PARC.ADEQUADA	ATENDE	NÃO IDEAL	PARC.SUFICIENTE	BOM
PARC.ADEQUADA	ATENDE	NÃO IDEAL	SUFICIENTE	BOM
PARC.ADEQUADA	ATENDE	PARC.IDEAL	NÃO SUFICIENTE	BOM
PARC.ADEQUADA	ATENDE	PARC.IDEAL	PARC.SUFICIENTE	BOM
PARC.ADEQUADA	ATENDE	PARC.IDEAL	SUFICIENTE	BOM
PARC.ADEQUADA	ATENDE	IDEAL	NÃO SUFICIENTE	BOM
PARC.ADEQUADA	ATENDE	IDEAL	PARC.SUFICIENTE	BOM
PARC.ADEQUADA	ATENDE	IDEAL	SUFICIENTE	BOM
ADEQUADA	NÃO ATENDE	NÃO IDEAL	NÃO SUFICIENTE	REGULAR
ADEQUADA	NÃO ATENDE	NÃO IDEAL	PARC.SUFICIENTE	REGULAR
ADEQUADA	NÃO ATENDE	NÃO IDEAL	SUFICIENTE	REGULAR
ADEQUADA	NÃO ATENDE	PARC.IDEAL	NÃO SUFICIENTE	REGULAR
ADEQUADA	NÃO ATENDE	PARC.IDEAL	PARC.SUFICIENTE	REGULAR
ADEQUADA	NÃO ATENDE	PARC.IDEAL	SUFICIENTE	BOM
ADEQUADA	NÃO ATENDE	IDEAL	NÃO SUFICIENTE	REGULAR
ADEQUADA	NÃO ATENDE	IDEAL	PARC.SUFICIENTE	REGULAR
ADEQUADA	NÃO ATENDE	IDEAL	SUFICIENTE	BOM
ADEQUADA	ATENDEPARC.	NÃO IDEAL	NÃO SUFICIENTE	REGULAR
ADEQUADA	ATENDEPARC.	NÃO IDEAL	PARC.SUFICIENTE	BOM
ADEQUADA	ATENDEPARC.	NÃO IDEAL	SUFICIENTE	BOM
ADEQUADA	ATENDEPARC.	PARC.IDEAL	NÃO SUFICIENTE	BOM
ADEQUADA	ATENDEPARC.	PARC.IDEAL	PARC.SUFICIENTE	BOM
ADEQUADA	ATENDEPARC.	PARC.IDEAL	SUFICIENTE	BOM
ADEQUADA	ATENDEPARC.	IDEAL	NÃO SUFICIENTE	BOM
ADEQUADA	ATENDEPARC.	IDEAL	PARC.SUFICIENTE	BOM
ADEQUADA	ATENDEPARC.	IDEAL	SUFICIENTE	BOM
ADEQUADA	ATENDE	NÃO IDEAL	NÃO SUFICIENTE	BOM
ADEQUADA	ATENDE	NÃO IDEAL	PARC.SUFICIENTE	BOM
ADEQUADA	ATENDE	NÃO IDEAL	SUFICIENTE	EXCELENTE
ADEQUADA	ATENDE	PARC.IDEAL	NÃO SUFICIENTE	BOM
ADEQUADA	ATENDE	PARC.IDEAL	PARC.SUFICIENTE	BOM
ADEQUADA	ATENDE	PARC.IDEAL	SUFICIENTE	EXCELENTE
ADEQUADA	ATENDE	IDEAL	NÃO SUFICIENTE	BOM
ADEQUADA	ATENDE	IDEAL	PARC.SUFICIENTE	EXCELENTE
ADEQUADA	ATENDE	IDEAL	SUFICIENTE	EXCELENTE

Fonte: Autoria Própria

## APÊNDICE C –BASE DE REGRAS ICTAT-GERAL

**Figura C1- Base De Regras do ICTAT-Geral**

ICTAT GRUPO A	ICTAT GRUPO D (comuns)	ICTAT GRUPO D (recicláveis)	ICTAT GERAL
RUIM	RUIM	RUIM	PÉSSIMO
RUIM	RUIM	REGULAR	PÉSSIMO
RUIM	RUIM	BOM	RUIM
RUIM	REGULAR	RUIM	PÉSSIMO
RUIM	REGULAR	REGULAR	REGULAR
RUIM	REGULAR	BOM	REGULAR
RUIM	BOM	RUIM	RUIM
RUIM	BOM	REGULAR	REGULAR
RUIM	BOM	BOM	BOM
REGULAR	RUIM	RUIM	PÉSSIMO
REGULAR	RUIM	REGULAR	REGULAR
REGULAR	RUIM	BOM	REGULAR
REGULAR	REGULAR	RUIM	REGULAR
REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR
REGULAR	REGULAR	BOM	BOM
REGULAR	BOM	RUIM	REGULAR
REGULAR	BOM	REGULAR	BOM
REGULAR	BOM	BOM	EXCELENTE
BOM	RUIM	RUIM	RUIM
BOM	RUIM	REGULAR	REGULAR
BOM	RUIM	BOM	BOM
BOM	REGULAR	RUIM	REGULAR
BOM	REGULAR	REGULAR	BOM
BOM	REGULAR	BOM	EXCELENTE
BOM	BOM	RUIM	BOM
BOM	BOM	REGULAR	EXCELENTE
BOM	BOM	BOM	EXCELENTE

Fonte: Autoria Própria

**APÊNDICE D –BASE DE REGRAS DIMENSÃO SEPARAÇÃO NA FONTE  
(QUANDO HOVER) E ARMAZENAGEM TEMPORÁRIA**

**Figura D1- Base De Regras do ISFAT**

Evolução da Reciclagem (IER)	Evolução da Compostagem (IEC)	Índice de recuperação de materiais recicláveis (%)	Recuperação de resíduo orgânico (%)
RUIM	INADEQUADA	RUIM	INADEQUADA
RUIM	INADEQUADA	RUIM	PARC. ADEQUADA
RUIM	INADEQUADA	RUIM	ADEQUADA
RUIM	INADEQUADA	REGULAR	INADEQUADA
RUIM	INADEQUADA	REGULAR	PARC. ADEQUADA
RUIM	INADEQUADA	REGULAR	ADEQUADA
RUIM	INADEQUADA	BOM	INADEQUADA
RUIM	INADEQUADA	BOM	PARC. ADEQUADA
RUIM	INADEQUADA	BOM	ADEQUADA
RUIM	PARC. ADEQUADA	RUIM	INADEQUADA
RUIM	PARC. ADEQUADA	RUIM	PARC. ADEQUADA
RUIM	PARC. ADEQUADA	RUIM	ADEQUADA
RUIM	PARC. ADEQUADA	REGULAR	INADEQUADA
RUIM	PARC. ADEQUADA	REGULAR	PARC. ADEQUADA
RUIM	PARC. ADEQUADA	REGULAR	ADEQUADA
RUIM	PARC. ADEQUADA	BOM	INADEQUADA
RUIM	PARC. ADEQUADA	BOM	PARC. ADEQUADA
RUIM	PARC. ADEQUADA	BOM	ADEQUADA
RUIM	ADEQUADA	RUIM	INADEQUADA
RUIM	ADEQUADA	RUIM	PARC. ADEQUADA
RUIM	ADEQUADA	RUIM	ADEQUADA
RUIM	ADEQUADA	REGULAR	INADEQUADA
RUIM	ADEQUADA	REGULAR	PARC. ADEQUADA
RUIM	ADEQUADA	REGULAR	ADEQUADA
RUIM	ADEQUADA	BOM	INADEQUADA
RUIM	ADEQUADA	BOM	PARC. ADEQUADA
RUIM	ADEQUADA	BOM	ADEQUADA
REGULAR	INADEQUADA	RUIM	INADEQUADA
REGULAR	INADEQUADA	RUIM	PARC. ADEQUADA
REGULAR	INADEQUADA	RUIM	ADEQUADA
REGULAR	INADEQUADA	REGULAR	INADEQUADA
REGULAR	INADEQUADA	REGULAR	PARC. ADEQUADA
REGULAR	INADEQUADA	REGULAR	ADEQUADA
REGULAR	INADEQUADA	BOM	INADEQUADA
REGULAR	INADEQUADA	BOM	PARC. ADEQUADA
REGULAR	INADEQUADA	BOM	ADEQUADA
REGULAR	PARC. ADEQUADA	RUIM	INADEQUADA
REGULAR	PARC. ADEQUADA	RUIM	PARC. ADEQUADA
REGULAR	PARC. ADEQUADA	RUIM	ADEQUADA

REGULAR	PARC. ADEQUADA	REGULAR	INADEQUADA
REGULAR	PARC. ADEQUADA	REGULAR	PARC. ADEQUADA
REGULAR	PARC. ADEQUADA	REGULAR	ADEQUADA
REGULAR	PARC. ADEQUADA	BOM	INADEQUADA
REGULAR	PARC. ADEQUADA	BOM	PARC. ADEQUADA
REGULAR	PARC. ADEQUADA	BOM	ADEQUADA
REGULAR	ADEQUADA	RUIM	INADEQUADA
REGULAR	ADEQUADA	RUIM	PARC. ADEQUADA
REGULAR	ADEQUADA	RUIM	ADEQUADA
REGULAR	ADEQUADA	REGULAR	INADEQUADA
REGULAR	ADEQUADA	REGULAR	PARC. ADEQUADA
REGULAR	ADEQUADA	REGULAR	ADEQUADA
REGULAR	ADEQUADA	BOM	INADEQUADA
REGULAR	ADEQUADA	BOM	PARC. ADEQUADA
REGULAR	ADEQUADA	BOM	ADEQUADA
BOA	INADEQUADA	RUIM	INADEQUADA
BOA	INADEQUADA	RUIM	PARC. ADEQUADA
BOA	INADEQUADA	RUIM	ADEQUADA
BOA	INADEQUADA	REGULAR	INADEQUADA
BOA	INADEQUADA	REGULAR	PARC. ADEQUADA
BOA	INADEQUADA	REGULAR	ADEQUADA
BOA	INADEQUADA	BOM	INADEQUADA
BOA	INADEQUADA	BOM	PARC. ADEQUADA
BOA	INADEQUADA	BOM	ADEQUADA
BOA	PARC. ADEQUADA	RUIM	INADEQUADA
BOA	PARC. ADEQUADA	RUIM	PARC. ADEQUADA
BOA	PARC. ADEQUADA	RUIM	ADEQUADA
BOA	PARC. ADEQUADA	REGULAR	INADEQUADA
BOA	PARC. ADEQUADA	REGULAR	PARC. ADEQUADA
BOA	PARC. ADEQUADA	REGULAR	ADEQUADA
BOA	PARC. ADEQUADA	BOM	INADEQUADA
BOA	PARC. ADEQUADA	BOM	PARC. ADEQUADA
BOA	PARC. ADEQUADA	BOM	ADEQUADA
BOA	ADEQUADA	RUIM	INADEQUADA
BOA	ADEQUADA	RUIM	PARC. ADEQUADA
BOA	ADEQUADA	RUIM	ADEQUADA
BOA	ADEQUADA	REGULAR	INADEQUADA
BOA	ADEQUADA	REGULAR	PARC. ADEQUADA
BOA	ADEQUADA	REGULAR	ADEQUADA
BOA	ADEQUADA	BOM	INADEQUADA
BOA	ADEQUADA	BOM	PARC. ADEQUADA
BOA	ADEQUADA	BOM	ADEQUADA

Fonte: Autoria Própria

## APÊNDICE E –BASE DE REGRAS DIMENSÃO TRATAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL

**Figura E1- Base De Regras do ITDF**

Taxa de resíduos destinados ao aterro sanitário (%)	Quantidade de resíduos recicláveis enviados às cooperativas (%)	Quantidade de resíduos destinados a compostagem (%)	Distância do percurso de transporte externo (km)	ITDF
BAIXA	NÃO IDEAL	INADEQUADA	CURTA	REGULAR
BAIXA	NÃO IDEAL	INADEQUADA	MÉDIA	REGULAR
BAIXA	NÃO IDEAL	INADEQUADA	LONGA	REGULAR
BAIXA	NÃO IDEAL	PARC.ADEQUADA	CURTA	REGULAR
BAIXA	NÃO IDEAL	PARC.ADEQUADA	MÉDIA	REGULAR
BAIXA	NÃO IDEAL	PARC.ADEQUADA	LONGA	REGULAR
BAIXA	NÃO IDEAL	ADEQUADA	CURTA	BOM
BAIXA	NÃO IDEAL	ADEQUADA	MÉDIA	BOM
BAIXA	NÃO IDEAL	ADEQUADA	LONGA	REGULAR
BAIXA	PARC. IDEAL	INADEQUADA	CURTA	BOM
BAIXA	PARC. IDEAL	INADEQUADA	MÉDIA	BOM
BAIXA	PARC. IDEAL	INADEQUADA	LONGA	REGULAR
BAIXA	PARC. IDEAL	PARC.ADEQUADA	CURTA	BOM
BAIXA	PARC. IDEAL	PARC.ADEQUADA	MÉDIA	BOM
BAIXA	PARC. IDEAL	PARC.ADEQUADA	LONGA	BOM
BAIXA	PARC. IDEAL	ADEQUADA	CURTA	BOM
BAIXA	PARC. IDEAL	ADEQUADA	MÉDIA	BOM
BAIXA	PARC. IDEAL	ADEQUADA	LONGA	BOM
BAIXA	IDEAL	INADEQUADA	CURTA	BOM
BAIXA	IDEAL	INADEQUADA	MÉDIA	BOM
BAIXA	IDEAL	INADEQUADA	LONGA	BOM
BAIXA	IDEAL	PARC.ADEQUADA	CURTA	EXCELENTE
BAIXA	IDEAL	PARC.ADEQUADA	MÉDIA	BOM
BAIXA	IDEAL	PARC.ADEQUADA	LONGA	BOM
BAIXA	IDEAL	ADEQUADA	CURTA	EXCELENTE
BAIXA	IDEAL	ADEQUADA	MÉDIA	EXCELENTE
BAIXA	IDEAL	ADEQUADA	LONGA	EXCELENTE
MÉDIA	NÃO IDEAL	INADEQUADA	CURTA	REGULAR
MÉDIA	NÃO IDEAL	INADEQUADA	MÉDIA	RUIM
MÉDIA	NÃO IDEAL	INADEQUADA	LONGA	RUIM
MÉDIA	NÃO IDEAL	PARC.ADEQUADA	CURTA	REGULAR
MÉDIA	NÃO IDEAL	PARC.ADEQUADA	MÉDIA	REGULAR
MÉDIA	NÃO IDEAL	PARC.ADEQUADA	LONGA	REGULAR
MÉDIA	NÃO IDEAL	ADEQUADA	CURTA	REGULAR
MÉDIA	NÃO IDEAL	ADEQUADA	MÉDIA	REGULAR
MÉDIA	NÃO IDEAL	ADEQUADA	LONGA	REGULAR
MÉDIA	PARC. IDEAL.	INADEQUADA	CURTA	REGULAR
MÉDIA	PARC. IDEAL.	INADEQUADA	MÉDIA	REGULAR
MÉDIA	PARC. IDEAL.	INADEQUADA	LONGA	REGULAR

MÉDIA	PARC. IDEAL.	PARC.ADEQUADA	CURTA	REGULAR
MÉDIA	PARC. IDEAL.	PARC.ADEQUADA	MÉDIA	REGULAR
MÉDIA	PARC. IDEAL.	PARC.ADEQUADA	LONGA	REGULAR
MÉDIA	PARC. IDEAL.	ADEQUADA	CURTA	BOM
MÉDIA	PARC. IDEAL.	ADEQUADA	MÉDIA	BOM
MÉDIA	PARC. IDEAL.	ADEQUADA	LONGA	REGULAR
MÉDIA	IDEAL	INADEQUADA	CURTA	BOM
MÉDIA	IDEAL	INADEQUADA	MÉDIA	BOM
MÉDIA	IDEAL	INADEQUADA	LONGA	REGULAR
MÉDIA	IDEAL	PARC.ADEQUADA	CURTA	BOM
MÉDIA	IDEAL	PARC.ADEQUADA	MÉDIA	BOM
MÉDIA	IDEAL	PARC.ADEQUADA	LONGA	BOM
MÉDIA	IDEAL	ADEQUADA	CURTA	BOM
MÉDIA	IDEAL	ADEQUADA	MÉDIA	BOM
MÉDIA	IDEAL	ADEQUADA	LONGA	BOM
ALTA	NÃO IDEAL	INADEQUADA	CURTA	RUIM
ALTA	NÃO IDEAL	INADEQUADA	MÉDIA	PÉSSIMO
ALTA	NÃO IDEAL	INADEQUADA	LONGA	PÉSSIMO
ALTA	NÃO IDEAL	PARC.ADEQUADA	CURTA	RUIM
ALTA	NÃO IDEAL	PARC.ADEQUADA	MÉDIA	RUIM
ALTA	NÃO IDEAL	PARC.ADEQUADA	LONGA	RUIM
ALTA	NÃO IDEAL	ADEQUADA	CURTA	REGULAR
ALTA	NÃO IDEAL	ADEQUADA	MÉDIA	RUIM
ALTA	NÃO IDEAL	ADEQUADA	LONGA	RUIM
ALTA	PARC. IDEAL	INADEQUADA	CURTA	REGULAR
ALTA	PARC. IDEAL	INADEQUADA	MÉDIA	RUIM
ALTA	PARC. IDEAL	INADEQUADA	LONGA	RUIM
ALTA	PARC. IDEAL	PARC.ADEQUADA	CURTA	REGULAR
ALTA	PARC. IDEAL	PARC.ADEQUADA	MÉDIA	REGULAR
ALTA	PARC. IDEAL	PARC.ADEQUADA	LONGA	REGULAR
ALTA	PARC. IDEAL	ADEQUADA	CURTA	REGULAR
ALTA	PARC. IDEAL	ADEQUADA	MÉDIA	REGULAR
ALTA	PARC. IDEAL	ADEQUADA	LONGA	REGULAR
ALTA	IDEAL	INADEQUADA	CURTA	REGULAR
ALTA	IDEAL	INADEQUADA	MÉDIA	REGULAR
ALTA	IDEAL	INADEQUADA	LONGA	REGULAR
ALTA	IDEAL	PARC.ADEQUADA	CURTA	REGULAR
ALTA	IDEAL	PARC.ADEQUADA	MÉDIA	REGULAR
ALTA	IDEAL	PARC.ADEQUADA	LONGA	REGULAR
ALTA	IDEAL	ADEQUADA	CURTA	BOM
ALTA	IDEAL	ADEQUADA	MÉDIA	BOM
ALTA	IDEAL	ADEQUADA	LONGA	REGULAR

Fonte: Autoria Própria



## APÊNDICE F –BASE DE REGRAS IGRF

**Figura F1- Base De Regras do IGRF**

ICTAT	ISFAT	ITDF	IGRF
RUIM	RUIM	RUIM	PÉSSIMO
RUIM	RUIM	REGULAR	PÉSSIMO
RUIM	RUIM	BOM	RUIM
RUIM	REGULAR	RUIM	PÉSSIMO
RUIM	REGULAR	REGULAR	REGULAR
RUIM	REGULAR	BOM	REGULAR
RUIM	BOM	RUIM	RUIM
RUIM	BOM	REGULAR	REGULAR
RUIM	BOM	BOM	BOM
REGULAR	RUIM	RUIM	PÉSSIMO
REGULAR	RUIM	REGULAR	REGULAR
REGULAR	RUIM	BOM	REGULAR
REGULAR	REGULAR	RUIM	REGULAR
REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR
REGULAR	REGULAR	BOM	BOM
REGULAR	BOM	RUIM	REGULAR
REGULAR	BOM	REGULAR	BOM
REGULAR	BOM	BOM	EXCELENTE
BOM	RUIM	RUIM	RUIM
BOM	RUIM	REGULAR	REGULAR
BOM	RUIM	BOM	BOM
BOM	REGULAR	RUIM	REGULAR
BOM	REGULAR	REGULAR	BOM
BOM	REGULAR	BOM	EXCELENTE
BOM	BOM	RUIM	BOM
BOM	BOM	REGULAR	EXCELENTE
BOM	BOM	BOM	EXCELENTE

Fonte: Autoria Própria

## APÊNDICE G – Histórico do Aeroporto de Congonhas-SP

De acordo com VCP BRASIL (2008), pode-se elencar a seguinte cronologia de acontecimentos da história do Aeroporto de Congonhas:

- ❖ Em 1935, ao Governo do Estado de São Paulo foi permitida a compra de terrenos para a construção de um aeroporto comercial na capital e o terreno de Vila Congonhas foi o escolhido;

- ❖ Em 1936, o terreno escolhido passa a receber companhias de aviação comercial;

- ❖ No ano de 1948 acontece a construção do novo Terminal de Passageiros;

- ❖ Em 1955, ocorre a abertura ao público do Terminal de Passageiros público, apesar de não estar totalmente concluído;

- ❖ Em 1957, o Aeroporto de Congonhas era o terceiro aeroporto do mundo no que se refere ao volume de carga aérea e em frequência, perdendo apenas para New York e Chicago;

- ❖ Na década de 1960, foram realizados diversos estudos de reforma, infraestrutura e planejamento;

- ❖ No final da década de 1960, o Brasil iniciou uma fase de crescimento que impulsionou o número de operações diárias de voo no Aeroporto de Congonhas;

- ❖ No início da década de 1980, o país vivia uma fase de forte inflação e recessão e o aeroporto passou por uma fase de declínio ocasionada pelo começo das operações do Aeroporto de Cumbica (atual Aeroporto Internacional de Guarulhos), que abrangeu voos internacionais e domésticos;

- ❖ Com o intuito de evitar o abandono do Aeroporto de Congonhas em razão do início das operações do Aeroporto de Cumbica, projetos foram contratados para modernizar a estrutura que ali existia;

- ❖ Em 1996, novos projetos são idealizados para suprir novas demandas;

- ❖ Em 2005, foi inaugurado o Edifício Garagem com 2554 vagas cobertas e 858 descobertas.

As figuras B1, B2, B3, B4 e B5 mostram um pouco da evolução do Aeroporto de Congonhas, mostrando os balcões de companhia aérea, a pista do aeroporto, a área de embarque, e a evolução física da década de 1950 até a década de 2000.

**Figura G1**— Balcões de companhias aéreas do Aeroporto de Congonhas no ano de 1959.



Fonte: Jornal Folha de São Paulo (2001) apud VCP BRASIL (2008)

**Figura G2**— Pista do Aeroporto de Congonhas no ano de 1952.



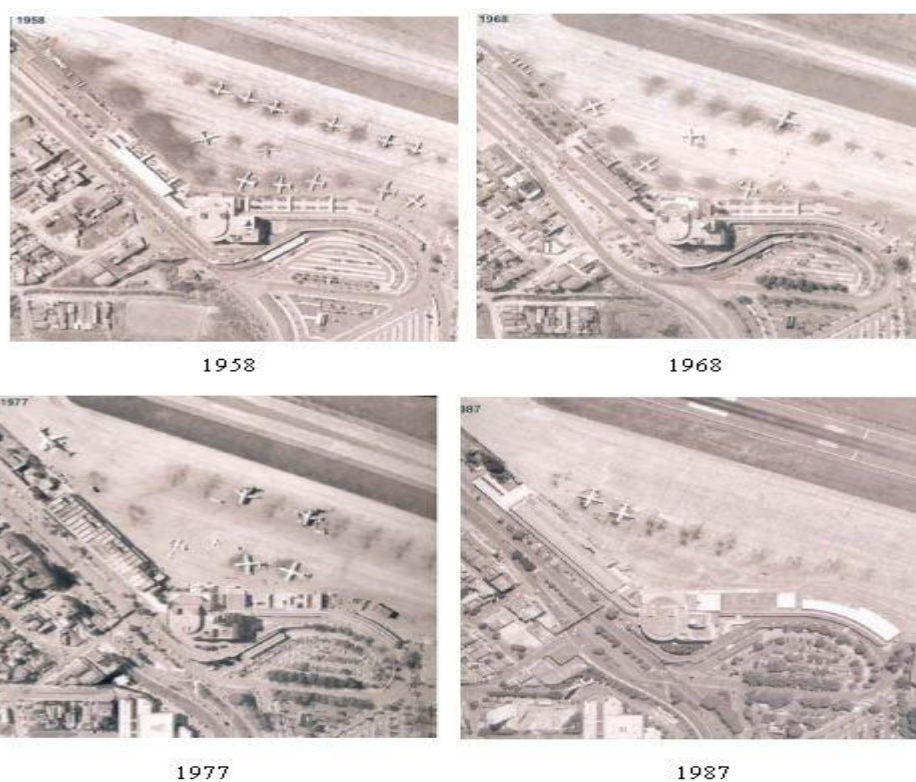
Fonte: Jornal Folha de São Paulo (2001) apud VCP BRASIL (2008)

**Figura G3**— Área de Embarque do aeroporto estudado em 1977.



Fonte: Jornal Folha de São Paulo (2001) apud VCP BRASIL (2008)

**Figura G4**— Evolução Física do Aeroporto de Congonhas- Parte I



Fonte: Mello (2006)

**Figura G5**— Evolução Física do Aeroporto de Congonhas- Parte II



Fonte: Mello (2006)