



ITA
Meta 2
Etapa 8
SigmaCity



Produto I

Novembro 2025

Inventário das legislações federal, estadual e municipal que exercem impacto nas operações de UAM no contexto do planejamento urbano.



Histórico de versões:

<i>Versão</i>	<i>Data</i>	<i>Responsável</i>	<i>Descrição da Alteração</i>
1.0	18 nov. 2025	Prof. Dr. Marcelo Xavier Guterres	Versão inicial do produto I
2.0	02 dez. 2025	Prof. Dr. Marcelo Xavier Guterres	Revisão com apontamentos do DECEA







Coordenação Geral

Prof. Dr. Cláudio Jorge Pinto Alves
claudioj@ita.br

Gerente da Etapa

Prof. Dr. Marcelo Xavier Guterres
guterres@ita.br





Equipe ITA

Prof. Dr. Flávio Mendes Neto

Prof. Dr. Daniel Alberto Pamplona

Msc. Marcelo Saraiva Peres

Gabriel Luiz Goulart Rufino Vieira

Rodrigo Mollo Furlan







Produto 1

Meta 2 | Etapa 8: SIGMA city

Inventário das legislações que exercem impacto nas operações UAM no contexto do planejamento urbano





Sumário Executivo

O presente Produto faz parte da relação de entregas da Etapa 8 da Meta 2 - do TED - Termo de Execução Descentralizada n. 1525720240005-003882/2024, firmado entre a Secretaria de Aviação Civil, cujo número de Processo é 50020.008564/2024-14. Tal TED foi decorrente de estruturação entre a SAC – Secretaria de Aviação Civil e o ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, com foco em “*Estudos para Aviação de Hoje e do Amanhã*”. O ITA respondeu à demanda da SAC e o TED citado foi estruturado em 02 (duas) Metas com 16 (dezesesseis) Etapas. O citado TED foi firmado no dia 20/12/2024.





Conteúdo

Lista de Siglas	17
1 Introdução	28
2 Metodologia de Coleta de Leis	33
2.1 Arquitetura Geral do Sistema	33
2.1.1 Módulo Federal – LexML	35
2.1.2 Módulo Aeronáutico – RBACs (ANAC)	35
2.1.3 Módulo Aeronáutico – ICAs (DECEA)	36
2.2 Fluxo de Decisão e Validação	36
2.2.1 Uso e Justificativa do OCR	36
2.2.2 Análise via semântica API DeepSeek	37
2.3 Custos Operacionais do Sistema	38
2.3.1 Custos Relacionados ao OCR	39
2.3.2 Custos Relacionados à API DeepSeek	39
2.4 Análise Estatística do Repositório de Leis Federais e Regulamentações Técnicas	40
2.4.1 Distribuição Geral dos Documentos	40
2.4.2 Resultados da Classificação	41
2.5 Comparação	43
2.6 Resumo da Metodologia	43





3	Análise PESTEL	45
3.1	O Cenário Político-Regulatório como Fundação da UAM	47
3.1.1	Governança e Autonomia Regulatória	48
3.1.2	Mecanismos Inovadores: O Sandbox Regulatório	48
3.1.3	Políticas de Fomento e Incentivo	49
3.1.4	Harmonização Internacional	49
3.2	O Cenário Econômico como Motivador UAM	50
3.2.1	Custos Operacionais e Viabilidade do Modelo de Negócio	50
3.2.2	Fontes de Financiamento e Investimento	51
3.2.3	Impacto no Desenvolvimento Regional e Urbano	52
3.2.4	Geração de Emprego e Cadeia Produtiva	53
3.3	O Cenário Social que Sustentará a UAM	54
3.3.1	Aceitação Pública e Percepção de Ruído	55
3.3.2	Equidade, Acessibilidade e Inclusão	56
3.3.3	Segurança Operacional e Percepção de Risco	56
3.4	O Cenário Tecnológico que inovará a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	57
3.4.1	Tecnologias de Suporte (CNS/ATM e conectividade)	58
3.4.2	Infraestrutura Terrestre e de Energia	58
3.4.3	Gêmeos Digitais (<i>Digital Twins</i>) e o Planejamento Tridimensional do Espaço Aéreo	58
3.4.4	Elementos-Chave Identificados para a Classificação do Fator Tecnológico	59
3.5	O Cenário Ambiental como Ponto-chave da UAM	60
3.5.1	Impacto ambiental, Emissões e Eficiência Energética	60





3.5.2	Poluição Sonora e Conforto Acústico	61
3.5.3	Uso do Solo e Impacto na Biodiversidade	61
3.5.4	Conformidade com a Legislação Ambiental	62
3.6	O Cenário Legal	63
3.6.1	Hierarquia das Normas Jurídicas	63
3.6.2	Aplicação Prática da Hierarquia na UAM	64
3.6.3	Consequências da Hierarquia para a UAM	64
3.6.4	Elementos-Chave para Classificação do Fator Legal	65
4	Estrutura Legislativa Brasileira	66
4.1	Estrutura Básica das Leis	66
4.1.1	Princípios Fundamentais da Redação Legislativa	66
4.1.2	Sistema de Numeração e Hierarquia	67
4.1.3	Vigência e Revogação	67
4.1.4	Alteração de Leis	67
4.1.5	Consolidação Legislativa	68
4.1.6	Aplicação a Regulamentos Setoriais	68
4.2	Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil (RBAC)	69
4.2.1	Estrutura e Aplicação	70
4.2.2	Definições e Conceitos Fundamentais	70
4.2.3	Unidades, Símbolos	71
4.2.4	Certificação e Especificações de Operadores (CEF RBAC)	71
4.2.5	Disposições Complementares	71
4.3	Instruções do Comando da Aeronáutica (ICA)	72





4.3.1	ICAs da Série 100-xx: Tráfego Aéreo (ATM) e Regras de Voo . . .	73
4.3.2	ICAs de Suporte Operacional (AIS, CNS e MET)	73
4.3.3	ICAs de Pessoal e Fatores Humanos (Fadiga, Saúde e Proficiência)	73
4.3.4	ICAs de Governança, Qualidade e Segurança da Informação . .	73
4.3.5	Implicações Operacionais e Dinâmica Regulatória	73
4.3.6	O Papel da ICA na Modernização e Adaptação Estrutural	74
4.4	Hierarquia das Leis no Sistema Jurídico Brasileiro	75
5	Legislação Vigente Relacionada à UAM	77
5.1	Alerta aos Operadores de Aeródromos nº 001/2023	79
5.1.1	Contexto	79
5.1.2	Recomendações	80
5.1.3	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	80
5.1.4	Pontuação PESTEL	81
5.2	Resolução Nº 775, DE 5 de agosto de 2025	82
5.2.1	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	83
5.2.2	Pontuação PESTEL	83
5.3	PCA 351-7 - Concepção Operacional UAM Nacional	84
5.3.1	Capítulo I – Disposições Preliminares	85
5.3.2	Capítulo II – Considerações Gerais	85
5.3.3	Capítulo III – Concepção Operacional UAM	86
5.3.4	Capítulo IV – Sistemas e Serviços Críticos	86
5.3.5	Capítulo V – Evolução em Níveis das Operações UAM	87
5.3.6	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	88





5.3.7	Pontuação PESTEL	88
5.4	Lei Nº 7.565/1986 - Código Brasileiro de Aeronáutica - CBA	90
5.4.1	Artigo 11	90
5.4.2	Artigo 15	90
5.4.3	Artigo 16	91
5.4.4	Artigo 27	91
5.4.5	Artigo 30	91
5.4.6	Artigo 31	91
5.4.7	Artigos 43 e 44	91
5.4.8	Artigo 45	92
5.4.9	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	92
5.4.10	Pontuação PESTEL	93
5.5	Lei Nº 11.182/2005 - Cria a Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC .	94
5.5.1	Artigo 2º	95
5.5.2	Artigo 8º	95
5.5.3	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	95
5.5.4	Pontuação PESTEL	96
5.6	Lei nº 13.146, de 2015 - Estatuto da Pessoa com Deficiência	97
5.6.1	Artigo 3º	98
5.6.2	Artigo 48	98
5.6.3	Artigo 60	98
5.6.4	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	98
5.6.5	Pontuação PESTEL	99
5.7	Lei Nº 10.257/2001 - Estatuto da Cidade	100





5.7.1	Artigo 2º	100
5.7.2	Artigo 4º	100
5.7.3	Artigo 25 e 26	101
5.7.4	Artigo 36, 37 e 38	101
5.7.5	Artigo 39, 40 e 41	101
5.7.6	Artigo 42-A e 42-B	101
5.7.7	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	102
5.7.8	Pontuação PESTEL	103
5.8	Lei Nº12.587/2012 - Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana	104
5.8.1	Artigo 3º	105
5.8.2	Artigo 5º	105
5.8.3	Artigo 6º	105
5.8.4	Artigo 24º	105
5.8.5	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	106
5.8.6	Pontuação PESTEL	107
5.9	Lei nº 10.098, de 2000 - Acessibilidade	108
5.9.1	Artigo 2º	109
5.9.2	Artigo 3º	109
5.9.3	Artigo 4º	110
5.9.4	Artigo 5º	110
5.9.5	Artigo 8º	110
5.9.6	Artigo 10-A	110
5.9.7	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	111





5.9.8	Pontuação PESTEL	111
5.10	Lei Nº 6.766/1979 - Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano . . .	112
5.10.1	Artigo 3º	113
5.10.2	Artigo 4º	113
5.10.3	Artigo 5º	114
5.10.4	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	114
5.10.5	Pontuação PESTEL	114
5.11	Lei Nº 10.636/2002 - Recursos originários CIDE	115
5.11.1	Artigo 6º	116
5.11.2	Artigo 10	116
5.11.3	Artigo 12	116
5.11.4	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	117
5.11.5	Pontuação PESTEL	118
5.12	Projeto de Lei Nº 743, de 2025	118
5.12.1	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	119
5.12.2	Pontuação PESTEL	120
5.13	Lei Nº 9.472/1997 — Lei Geral de Telecomunicações	121
5.13.1	Artigos 2º a 6º — Princípios e Competências Públicas	122
5.13.2	Artigos 8º a 19 — Criação e Função da ANATEL	123
5.13.3	Artigos 47 a 51 — Financiamento e Infraestrutura	123
5.13.4	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	124
5.13.5	Pontuação PESTEL	125
5.14	Lei Nº 13.116/2015 - Compartilhamento da infraestrutura de telecomunicações	126





5.14.1	Artigo 6º	126
5.14.2	Artigo 7º	127
5.14.3	Artigo 19	127
5.14.4	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	127
5.14.5	Pontuação PESTEL	128
5.15	Ato Nº 915, de 01 de fevereiro de 2024 - Faixas de frequências associadas ao Serviço Limitado Privado	129
5.15.1	Requisitos Técnicos e Operacionais Gerais	130
5.15.2	Requisitos Técnicos Específicos - Faixa de 4.950 MHz a 4.990 MHz	130
5.15.3	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	131
5.15.4	Pontuação PESTEL	131
5.16	Lei Nº 6.938/1981 - Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA)	132
5.16.1	Artigo 2º	133
5.16.2	Artigo 4º	133
5.16.3	Artigo 9º	134
5.16.4	Artigo 10	134
5.16.5	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	134
5.16.6	Pontuação PESTEL	135
5.17	Lei nº 7.661/1988 - Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro	136
5.17.1	Artigo 2º	137
5.17.2	Artigo 3º	137
5.17.3	Artigo 5º	137
5.17.4	Artigo 6º	137
5.17.5	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	137





5.17.6 Pontuação PESTEL	138
5.18 Lei N° 12.651/2012 - Código Florestal	139
5.18.1 Artigo 3°	139
5.18.2 Artigo 4°	140
5.18.3 Artigo 8°	140
5.18.4 Artigo 25	140
5.18.5 Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	140
5.18.6 Pontuação PESTEL	141
5.19 Lei n° 12.725/2012 Controle da fauna nas imediações de aeródromos .	142
5.19.1 Artigo 2°	143
5.19.2 Artigo 3°	143
5.19.3 Artigo 4°	144
5.19.4 Artigo 5°	144
5.19.5 Artigo 6°	144
5.19.6 Artigo 7°	145
5.19.7 Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	145
5.19.8 Pontuação PESTEL	145
5.20 Lei n° 6.902/1981 - Criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental	146
5.20.1 Artigo 2°	147
5.20.2 Artigo 8°	147
5.20.3 Artigo 9°	147
5.20.4 Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	148
5.20.5 Pontuação PESTEL	148





5.21	Lei Nº 15.190/2025 – Lei Geral do Licenciamento Ambiental	149
5.21.1	Artigo 1º	150
5.21.2	Artigo 4º	150
5.21.3	Artigo 12	151
5.21.4	Artigo 14	151
5.21.5	Artigo 17	151
5.21.6	Artigo 35	151
5.21.7	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	152
5.21.8	Pontuação PESTEL	153
5.22	Resolução CONAMA Nº 1, de 23 de janeiro de 1986	154
5.22.1	Artigo 2º	154
5.22.2	Artigo 5º	155
5.22.3	Artigo 6º	155
5.22.4	Artigo 9º	155
5.22.5	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	155
5.22.6	Pontuação PESTEL	156
5.23	Resolução CONAMA Nº 237, de 19 de dezembro de 1997	157
5.23.1	Artigo 2º	158
5.23.2	Artigo 10	158
5.23.3	Anexo 1	158
5.23.4	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	158
5.23.5	Pontuação PESTEL	159
5.24	RBAC Nº 155 - Helipontos	160
5.24.1	Subparte A — Generalidades	161





5.24.2	Subparte D — Características Físicas	161
5.24.3	Subparte E — Auxílios Visuais	162
5.24.4	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	162
5.24.5	Pontuação PESTEL	163
5.25	RBAC N° 161 - Planos de Zoneamento de Ruído de Aeródromos – PZR	164
5.25.1	Subparte A — Generalidades	165
5.25.2	Subparte B — Plano de Zoneamento de Ruído	165
5.25.3	Subparte C — Plano Básico de Zoneamento de Ruído	165
5.25.4	Subparte E — Uso do Solo	166
5.25.5	Subparte F — Relacionamento entre Operador de Aeródromo, Órgãos Locais e Comunidades do Entorno	166
5.25.6	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	166
5.25.7	Pontuação PESTEL	167
5.26	CEF RBAC n° 161 - Compêndio de Elementos de Fiscalização do RBAC n° 161	168
5.26.1	Elementos de Fiscalização sobre Planos de Zoneamento de Ruído	169
5.26.2	Elementos de Fiscalização sobre Relatórios e Monitoramento .	169
5.26.3	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	169
5.26.4	Pontuação PESTEL	169
5.27	RBAC n° 135 - Operações de serviço de transporte aéreo com helicóp- teros	171
5.27.1	Subparte A — Geral	171
5.27.2	Subparte B — Operações de Voo	172
5.27.3	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	172
5.27.4	Pontuação PESTEL	172





5.28	ICA 53-8 - Serviços de Informação Aeronáutica	173
5.28.1	Capítulo 4 — Âmbito dos Dados e Informações Aeronáuticas	174
5.28.2	Capítulo 5 — Produtos e Serviços de Informação Aeronáutica	174
5.28.3	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	175
5.28.4	Pontuação PESTEL	175
5.29	ICA 11-408 - Restrições aos objetos projetados	176
5.29.1	Capítulo 1 — Disposições Preliminares	177
5.29.2	Capítulo 3 — Planos de Zona de Proteção	177
5.29.3	Capítulo 11 — Competências	178
5.29.4	Capítulo 12 — Autos de Embargo	178
5.29.5	Capítulo 14 — Disposições Finais	178
5.29.6	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	178
5.29.7	Pontuação PESTEL	179
5.30	ICA 63-19 - Critérios de Análise Técnica da Área de Aeródromos (AGA)	180
5.30.1	Capítulo 2 — Definições e Abreviaturas	181
5.30.2	Capítulo 3 — Efeito Adverso	182
5.30.3	Capítulo 4 — Critérios de Sombra	182
5.30.4	Capítulo 5 — Estudo Aeronáutico	183
5.30.5	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	183
5.30.6	Pontuação PESTEL	184
5.31	ICA 11-3 – Processos da Área de Aeródromos (AGA) no Âmbito do CO- MAER	185
5.31.1	Capítulo 2 — Conceituações, Abreviaturas e Siglas	186
5.31.2	Capítulo 5 — Plano Diretor Aeroportuário (PDIR)	186





5.31.3	Capítulo 8 — Objetos Projetados no Espaço Aéreo (OPEA) . . .	187
5.31.4	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	187
5.31.5	Pontuação PESTEL	188
5.32	ICA 100-12 - Regras do Ar	190
5.32.1	Capítulo IV – Regras Gerais	190
5.32.2	Capítulo V – Regras de Voo Visual	190
5.32.3	Anexo VII - Definições	191
5.32.4	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	191
5.32.5	Pontuação PESTEL	192
5.33	ICA 100-36 - Processo de Solicitação para o Uso Especial do Espaço Aéreo	193
5.33.1	Capítulo I - Disposições Preliminares	194
5.33.2	Capítulo III - Classificação	194
5.33.3	Capítulo IV - Identificação e Características Operacionais	195
5.33.4	Publicação e Divulgação	195
5.33.5	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	195
5.33.6	Pontuação PESTEL	196
5.34	ICA 100-31 - Requisitos dos Serviços de Tráfego Aéreo	197
5.34.1	Capítulo III — Espaços Aéreos e Aeródromos	197
5.34.2	Capítulo IV — Requisitos Gerais	198
5.34.3	Capítulo IX — Requisitos de Coordenação	198
5.34.4	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	199
5.34.5	Pontuação PESTEL	199
5.35	ICA 100-4 - Regras e Procedimentos Especiais de Tráfego Aéreo para Helicópteros	200





5.35.1	Capítulo 1 — Disposições Preliminares	201
5.35.2	Capítulo 2 — Regras e Procedimentos Gerais	202
5.35.3	Capítulo 3 — Regras de Voo Visual	202
5.35.4	Capítulo 5 — Procedimentos de Tráfego Aéreo	202
5.35.5	Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)	203
5.35.6	Pontuação PESTEL	204
6	A Interseção das Competências Estaduais e Municipais	205
6.1	Fundamento Normativo Estadual para UAM	205
6.1.1	As Competências Estaduais na Regulação da UAM	206
6.1.2	Panorama dos Instrumentos Legais Estaduais	207
6.1.3	Conclusão	207
6.2	A Governança Municipal: Fundamentos Normativos	208
6.3	Módulo Municipal – São Paulo	208
6.4	Módulo Municipal – Brasília	209
6.5	Módulo Municipal – Rio de Janeiro	209
6.6	Análise do Produto Interno Bruto Municipal: Concentração e Dinâmicas da Economia Brasileira em 2021	209
6.6.1	A Hierarquia Econômica do Brasil: Os 10 Maiores Municípios por PIB (2021)	210
6.6.2	São Paulo: Fundamentos Normativos para a Integração UAM	210
6.6.3	Rio de Janeiro: Fundamentos Normativos para a Integração UAM	212
6.6.4	Brasília: Fundamentos Normativos para a Integração UAM	214
7	Os Seis Pilares da Regulamentação: Uma Análise PESTEL para a UAM	217





8 Conclusão

224





Lista de Siglas

- AAM** Mobilidade Aérea Avançada
- ABNT** Associação Brasileira de Normas Técnicas
- AFTM** Serviço de Gerenciamento de Fluxo de Tráfego Aéreo
- AIC** Circular de Informação Aeronáutica
- AIS** Serviço de Informação Aeronáutica
- ANAC** Agência Nacional de Aviação Civil
- ANATEL** Agência Nacional de Telecomunicações
- API** Interface de Programação de Aplicações
- APP** Áreas de Preservação Permanente
- ASA** Área de Segurança Aeroportuária
- ATC** Controle de Tráfego Aéreo
- ATCO** Certificado de Habilitação Técnica para Controlador de Tráfego Aéreo
- ATM** Gerenciamento de Tráfego Aéreo
- ATS** Serviços de Tráfego Aéreo
- ATZ** Zona de Tráfego de Aeródromo
- BNDES** Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
- CAG** Circulação Aérea Geral
- CAPEX** Despesa de Capital
- CBA** Código Brasileiro de Aeronáutica
- CEF** Compêndio de Elementos de Fiscalização
- CETESB** Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
- CGNA** Centro de Gerenciamento de Navegação Aérea





CGRA Comissão de Gerenciamento de Ruído Aeronáutico

CIDE Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico

CNS Comunicações, Navegação e Vigilância

COE Código de Obras e Edificações

COES Código de Obras e Edificações Simplificado

COMAER Comando da Aeronáutica

CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente

ConOps Conceito de Operações

CTR Zona de Controle

DECEA Departamento de Controle do Espaço Aéreo

DT Digital Twin

EAC Espaço Aéreo Condicionado

EASA Agência Europeia de Segurança Aérea

EIA Estudo de Impacto Ambiental

EIA/RIMA Estudo de Impacto Ambiental / Relatório de Impacto Ambiental

EIV Estudo de Impacto de Vizinhança

EPTA Estação Prestadora de Serviços de Telecomunicações e de Tráfego Aéreo

eVTOL Aeronave elétrica de decolagem e pouso verticais

FAA Administração Federal de Aviação dos EUA

FATO Área de Aproximação Final e Decolagem

FIR Regiões de Informação de Voo

FNIT Fundo Nacional de Infraestrutura de Transportes

FRZ Zona de Restrição de Voo

GIS Sistema de Informação Geográfica

ICA Instrução de Comando da Aeronáutica





IFR Regras de Voo por Instrumentos

INEA Instituto Estadual do Ambiente

ITA Instituto Tecnológico de Aeronáutica

LC Lei Complementar

LexML Portal Brasileiro de Informação Legislativa e Jurídica

MET Meteorologia

MSL Nível médio do mar

NR Norma Regulamentadora

NYC New York City

OACI Organização da Aviação Civil Internacional

OCR Reconhecimento Óptico de Caracteres

OLS Superfícies Limitadoras de Obstáculos

OPEA Objetos Projetados no Espaço Aéreo

OPEX Despesa Operacional

P&D Pesquisa e Desenvolvimento

PADIS Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores e Displays

PBZPA Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo

PBZPH Plano Básico de Zona de Proteção de Heliponto

PBZR Plano Básico de Zoneamento de Ruído

PCA Plano do Comando da Aeronáutica

PDDU Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano

PDF Formato de Documento Portátil

PDIR Plano Diretor Aeroportuário

PDOT Plano Diretor de Ordenamento Territorial





PDTU/DF Plano Diretor de Transporte Urbano e Mobilidade

PDUI-RMSP Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana de São Paulo

PEDUI Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado

PESTEL Fatores Político, Econômico, Social, Tecnológico, Ambiental e Legal

PMUS Plano de Mobilidade Urbana Sustentável

PNU Política Nacional de Urbanização

PPP Parceria Público-Privada

PZP Planos de Zona de Proteção

PZPV Plano de Zona de Proteção de Vertiporto

PZR Plano de Zoneamento de Ruído

RBAC Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil

RBHA Regulamentos Brasileiros de Homologação Aeronáutica

REPES Regime Especial de Tributação para a Plataforma de Exportação de Serviços de Tecnologia da Informação

Ride-sharing Compartilhamento de viagens (serviço de transporte compartilhado)

RIMA Relatório de Impacto Ambiental

RPAS Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada

SAC Secretaria de Aviação Civil

SEMA Secretaria Especial do Meio Ambiente

SGSO Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional

SIA Superintendência de Infraestrutura Aeroportuária

SISCEAB Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro

TED Termo de Execução Descentralizada

TLOF Área de Toque Inicial e Elevação

TWR Torre de Controle de Aeródromo





UAM Mobilidade Aérea Urbana

UTM gerenciamento de tráfego aéreo urbano

VFR Regras de Voo Visual

VMC Condições Meteorológicas de Voo Visual

VTOL Decolagem e Pouso Vertical

WGS-84 Sistema Geodésico Mundial – 1984

ZOE Zona de Operações Especiais





Lista de Figuras

2.1	Fluxo geral de coleta do sistema Web Scraper	34
2.2	Fluxograma do processo de validação e classificação documental. . .	38
2.3	Fluxograma do processo de seleção de documentos regulatórios . . .	42
3.1	Ferramenta PESTEL	46
4.1	Pirâmide hierárquica do sistema normativo brasileiro. Adaptado de (FARIAS, 2011).	76
5.1	Fluxograma do processo de criação de nuvens de palavras	78
5.2	Palavras-chave do Alerta aos Operadores de Aeródromos nº 001/2023	79
5.3	Palavras-chave do Alerta aos Operadores de Aeródromos nº 001/2023	82
5.4	Palavras-chave do PCA 351-7 - Concepção Operacional UAM Nacional .	85
5.5	Palavras-chave da Lei Nº 7.565/1986 - CBA	90
5.6	Palavras-chave da Lei Nº 11.182/2005	95
5.7	Palavras-chave da Lei Nº 13.146/2015	97
5.8	Palavras-chave da Lei Nº 10.257/2001 - Estatuto da Cidade	100
5.9	Palavras-chave da Lei Nº 12.587/2012 - Política Nacional de Mobilidade Urbana	104
5.10	Palavras-chave da Lei Nº 10.098/2000	109
5.11	Palavras-chave da Lei Nº 6.766/1979	113
5.12	Palavras-chave da Lei Nº 10.636/2002	116
5.13	Palavras-chave do Projeto de Lei Nº 743/2025	119





5.14	Palavras-chave da Lei Nº 9.472/1997 — Lei Geral de Telecomunicações	122
5.15	Palavras-chave da Lei Nº 13.116/2015	127
5.16	Palavras-chave do Ato Nº 915, de 01 de fevereiro de 2024	130
5.17	Palavras-chave da Lei Nº 6.938/1981 - Política Nacional do Meio Ambiente	133
5.18	Palavras-chave da Lei Nº 7.661/1988 - Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro	136
5.19	Palavras-chave da Lei Nº 12.651/2012 (Código Florestal)	139
5.20	Palavras-chave da Lei Nº 12.651/2012 (Código Florestal)	143
5.21	Palavras-chave da Lei Nº 6.902/1981 - Criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental	147
5.22	Palavras-chave da Lei Geral do Licenciamento Ambiental	150
5.23	Palavras-chave da Resolução CONAMA Nº 1/1986	154
5.24	Palavras-chave da Resolução CONAMA Nº 237/1997	157
5.25	Palavras-chave do RBAC Nº 155 - Helipontos	160
5.26	Palavras-chave do RBAC Nº 161	165
5.27	Palavras-chave do CEF RBAC nº 161	168
5.28	Palavras-chave da ICA 11-408 - Restrições aos objetos projetados . . .	171
5.29	Palavras-chave da ICA 11-408 - Restrições aos objetos projetados . . .	174
5.30	Palavras-chave da ICA 11-408 - Restrições aos objetos projetados . . .	177
5.31	Palavras-chave da ICA 63-19 - Critérios de Análise Técnica da Área de Aeródromos	181
5.32	Palavras-chave da ICA 11-3 – Processos da Área de Aeródromos	186
5.33	Palavras-chave da ICA 100-12 - Regras do Ar	190
5.34	Palavras-chave da ICA 100-36 - Delimitação de EAC e FRZ	194
5.35	Palavras-chave da ICA 100-31	197





5.36 Palavras-chave da ICA 100-4 - Regras e Procedimentos Especiais de Tráfego Aéreo para Helicópteros 201





Lista de Tabelas

2.1	Distribuição dos documentos por tipo normativo	41
2.2	Resultados de Aceitação	41
2.3	Exemplo de custo de análise utilizando a Interface de Programação de Aplicações (API) DeepSeek	43
4.1	Classificação das Séries Numéricas Instrução de Comando da Aeronáutica (ICA) por Área e Relevância Estratégica	74
5.1	Avaliação PESTEL do documento analisado	81
5.2	Avaliação PESTEL da Resolução ANAC 775/2025	84
5.3	Avaliação PESTEL do documento PCA 351-7 - Concepção Operacional UAM Nacional	89
5.4	Avaliação PESTEL da Lei N° 7.565/1986 - CBA	93
5.5	Avaliação PESTEL da Lei N° 11.182/2005	96
5.6	Avaliação PESTEL da Lei n° 13.146/2015	99
5.7	Avaliação PESTEL da Lei N° 10.257/2001 - Estatuto da Cidade	103
5.8	Avaliação PESTEL da Lei N°12.587/2012	108
5.9	Avaliação PESTEL da Lei n° 10.098/2000 - Acessibilidade	111
5.10	Avaliação PESTEL da Lei N° 6.766/1979	114
5.11	Avaliação PESTEL da Lei N° 10.636/2002	118
5.12	Avaliação PESTEL do Projeto de Lei N° 743/2025	120
5.13	Avaliação PESTEL da Lei N° 9.472/1997	125
5.14	Avaliação PESTEL da Lei N° 13.116/2015	128





5.15	Avaliação PESTEL do Ato N° 915/2024 - ANATEL	132
5.16	Avaliação PESTEL da Lei N° 6.938/1981 - PNMA	135
5.17	Avaliação PESTEL da Lei n° 7.661/1988	138
5.18	Avaliação PESTEL da Lei N° 12.651/2012 - Código Florestal	141
5.19	Avaliação PESTEL da Lei n° 12.725/2012	146
5.20	Avaliação PESTEL da Lei n° 6.902/1981	149
5.21	Avaliação PESTEL da Lei N° 15.190/2025	153
5.22	Avaliação PESTEL da Resolução CONAMA N° 1/1986	156
5.23	Avaliação PESTEL da Resolução CONAMA N° 237/1997	159
5.24	Avaliação PESTEL do RBAC N° 155 - Helipontos	163
5.25	Avaliação PESTEL do RBAC N° 161	167
5.26	Avaliação PESTEL do CEF RBAC n° 161	170
5.27	Avaliação PESTEL do RBAC n° 135	172
5.28	Avaliação PESTEL da ICA 53-8	175
5.29	Avaliação PESTEL da ICA 11-408	179
5.30	Avaliação PESTEL da ICA 63-19	184
5.31	Avaliação PESTEL da ICA 11-3	189
5.32	Avaliação PESTEL da ICA 100-12	192
5.33	Avaliação PESTEL da ICA 100-36	196
5.34	Avaliação PESTEL da ICA 100-31	200
5.35	Avaliação PESTEL da ICA 100-4	204
6.1	Principais Instrumentos Legais Estaduais para UAM	207
6.2	Os 10 Maiores Municípios do Brasil por Produto Interno Bruto (PIB) - 2021	210





6.3	Instrumentos Legais de Planejamento Urbano e Mobilidade - Município de São Paulo	211
6.4	Instrumentos Legais de Planejamento Urbano e Mobilidade - Município do Rio de Janeiro	213
6.5	Instrumentos Legais de Planejamento Urbano e Mobilidade - Brasília .	215
7.1	Escala Likert para fatores Políticos, Econômicos, Social, Tecnológicos e Ambiental	217
7.2	Escala Likert para fator Legal Hierárquico	218
7.3	Análise de Atendimento aos Requisitos	218
7.4	Resumo estatístico por fator (PESTE, sem L)	221
7.5	Distribuição de notas por fator (frequências)	221
7.6	Matriz de correlação de Spearman (PESTE, sem L)	222
7.7	Top 10 documentos por abrangência (Total PESTE = P+Econ+S+Tec+Amb)	222





1 Introdução

Este relatório apresenta o **Produto I** do projeto SigmaCity, desenvolvido no âmbito da **Meta 2 | Etapa 8** do **Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)**, com previsão de entrega para novembro de 2025. O trabalho insere-se no Termo de Execução Descentralizada (TED) n. 1525720240005-003882/2024, firmado entre a **Secretaria de Aviação Civil (SAC)** e o ITA, com foco em “Estudos para Aviação de Hoje e do Amanhã”.

A Mobilidade Aérea Urbana (UAM) com Aeronave elétrica de decolagem e pouso verticais (eVTOL) desponta como vetor de inovação no transporte metropolitano, mas seu avanço depende da compatibilização entre regras aeronáuticas e ordenamento territorial urbano, desde a proteção de zonas de aeródromos e rotas especiais até diretrizes para desenho e operação de vertiportos. No Brasil, a ICA 11-408 do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) disciplina restrições a objetos projetados no espaço aéreo e estabelece zonas de proteção vinculadas a aeródromos, heliportos, rotas especiais e auxílios à navegação, com impactos diretos sobre uso e ocupação do solo urbano (Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), 2020).

Em paralelo, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) vem estruturando sua abordagem para vertiportos e sandbox regulatório, consolidando um histórico público de ações e debates técnicos (Agência Nacional de Aviação Civil, 2024). No plano internacional, a Administração Federal de Aviação dos EUA (FAA) publicou a Engineering Brief 105 com orientação interina para projeto de vertiportos, posteriormente atualizada pela EB 105A, ampliando requisitos de geometria, marcações, estacionamento Decolagem e Pouso Vertical (VTOL) e zonas de resguardo para o fluxo descendente dos rotores (*downwash*) (Federal Aviation Administration (FAA), 2022; Federal Aviation Administration (FAA), 2024).

No contexto brasileiro, circulares de informação aeronáutica recentes reorganizam a circulação terminal e rotas em áreas urbanas, como a AIC-N 34/23 para a TMA Curitiba, e afetam diretamente o planejamento local (Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), 2023). A Agência Europeia de Segurança Aérea (EASA), por sua vez, mantém processo contínuo de atualização dos *Means of Compliance* para a SC-VTOL, sinalizando parâmetros de segurança e desempenho que tendem a orientar convergências regulatórias (European Union Aviation Safety Agency (EASA), 2025).





Essa conjuntura já reverbera no debate institucional brasileiro sobre mobilidade aérea avançada e eventuais intervenções regulatórias (BENEDETTI, 2025). Diante desse cenário, a questão norteadora deste estudo é: **Como identificar as legislações vigentes de planejamento urbano que impactam as operações UAM envolvendo eVTOL?** O objetivo geral consiste na identificação das legislações vigentes de planejamento urbano que impactam as operações UAM envolvendo eVTOL. Para operacionalizar o problema de pesquisa, adotam-se os seguintes objetivos específicos: **(i)** Levantar as normas, planos diretores, instrumentos urbanísticos e atos regulatórios nacionais e locais que dialogam com a implantação de infraestruturas de UAM/eVTOL; **(ii)** Classificar essas legislações e instrumentos segundo os Fatores Político, Econômico, Social, Tecnológico, Ambiental e Legal (PESTEL), evidenciando onde estão as maiores restrições e condicionantes ao uso do espaço urbano-aeronáutico; **(iii)** Analisar os impactos urbanos, ambientais e tecnológicos dessas exigências normativas sobre as operações UAM com eVTOL, especialmente quanto à localização de vertiportos, rotas e integração com o tecido urbano; e **(iv)** Avaliar a aderência dessas legislações às demandas emergentes da mobilidade aérea urbana, apontando lacunas regulatórias e pontos que exigem atualização ou harmonização interinstitucional. Como lente de análise, emprega-se o PESTEL para estruturar condicionantes político-econômicos, sociais, tecnológicos, ambientais e legais de forma sistemática (JOHNSON et al., 2023).

A justificativa deste projeto é dupla e original. Em primeiro lugar, do ponto de vista territorial-operacional, há um acoplamento crítico entre a segurança do espaço aéreo e a regulação do solo urbano que ainda não foi mapeado de modo transversal e comparável no Brasil: normas aeronáuticas (ex.: ICA 11-408; AICs de reestruturação de TMA e circulação visual) geram zonas de restrição tridimensionais que condicionam altura, volumetria e localização de empreendimentos e, por consequência, a eletrificação e a verticalização de nós de mobilidade (vertiportos) no tecido urbano (Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), 2020; Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), 2023).

Em segundo lugar, do ponto de vista tecnológico-regulatório, a rápida maturação de requisitos internacionais (EB 105/105A; SC-VTOL) e a evolução de tecnologias de suporte, 5G/6G, IoT, CNS/ATM, georreferenciamento de alta precisão, criam dependências entre performance de rede/serviços e parâmetros de projeto e operação (marcação, geometrias, áreas de proteção), o que exige uma cartografia normativa capaz de dialogar com diretrizes setoriais e com o planejamento urbano local (Federal Aviation Administration (FAA), 2022; Federal Aviation Administration (FAA), 2024; Agência Nacional de Aviação Civil, 2024; European Union Aviation Safety Agency (EASA), 2025).





A construção de uma base jurídico-regulatória consolidada configura condição necessária para orientar o planejamento, a implantação e a operação segura de infraestruturas de UAM, como vertiportos e corredores aéreos urbanos, assegurando sua integração harmoniosa e sustentável ao desenvolvimento das cidades brasileiras. Diante da sobreposição de competências e da fragmentação normativa entre esferas aeronáutica e urbanística, a sistematização crítica desse arcabouço reduz incertezas decisórias, mitiga conflitos de uso do solo, explicita requisitos tecnológicos (p. ex.: 5G/6G, CNS/ATM) e ambientais (ruído, emissões) e amplia a previsibilidade regulatória para gestores públicos, reguladores, operadores e investidores. Em termos práticos, tal consolidação favorece coerência federativa, segurança jurídica e eficiência alocativa na adoção do novo modal, justificando a realização e a oportunidade deste estudo.

Ao sistematizar esse acoplamento com base no PESTEL, o estudo fornece evidências acionáveis para gestores municipais/estaduais, reguladores e operadores, reduzindo incertezas e custos de transação regulatória. A metodologia adota desenho documental-analítico em três etapas. - **Etapa 1 – Coleta regulatória:** levantamento exaustivo em fontes oficiais (AISWEB/DECEA para ICAs e AICs; portal da ANAC para vertiportos e segurança operacional; FAA/EASA para EB 105/105A e SC-VTOL), complementado por legislação urbanística municipal/estadual e planos diretores (Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), 2020; Agência Nacional de Aviação Civil, 2024; Federal Aviation Administration (FAA), 2022; Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), 2023; Federal Aviation Administration (FAA), 2024; European Union Aviation Safety Agency (EASA), 2025). - **Etapa 2 – Codificação PESTEL:** classificação das normas segundo fatores político-econômicos, sociais, tecnológicos (incluindo 5G/6G, IoT e ATM e normas técnicas como a ICA 11-408), ambientais e legais, com triangulação entre texto normativo e efeitos urbanísticos (JOHNSON et al., 2023; Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), 2020). - **Etapa 3 – Análise crítica:** identificação de impactos sobre localização de vertiportos, desenho de rotas e integração urbana, destacando lacunas e oportunidades de harmonização interinstitucional à luz de experiências e guias internacionais (Federal Aviation Administration (FAA), 2022; Federal Aviation Administration (FAA), 2024; European Union Aviation Safety Agency (EASA), 2025).

Este trabalho está organizado em oito capítulos, articulados de forma a conduzir o leitor desde a contextualização conceitual da Mobilidade Aérea Urbana (UAM) até a proposição de um conjunto estruturado de pilares regulatórios para o contexto brasileiro. O **Capítulo 1**, Introdução, apresenta o problema de pesquisa, os objetivos geral e específicos, a relevância acadêmica e prática do estudo e o enquadramento da UAM como desafio de planejamento territorial urbano e de engenharia regulatória.





Também são delimitados o escopo analítico, o recorte normativo e a perspectiva adotada para tratar a UAM como parte de um sistema sociotécnico mais amplo.

O **Capítulo 2**, Metodologia de Coleta de Lei, descreve os procedimentos metodológicos empregados para mapear, selecionar e organizar o corpus normativo utilizado no estudo. São detalhadas as bases de dados e repositórios consultados, os critérios de inclusão e exclusão de atos normativos, o desenho do sistema de web scraping e as etapas de triagem, classificação e consolidação da legislação relevante para a UAM.

O **Capítulo 3**, Análise PESTEL, desenvolve a análise dos fatores Políticos, Econômicos, Sociais, Tecnológicos, Ambientais e Legais que condicionam a implantação da UAM no Brasil. Cada dimensão é tratada de forma integrada, evidenciando como tendências e restrições em cada eixo impactam a viabilidade do ecossistema de UAM e dialogam com o planejamento territorial urbano.

O **Capítulo 4**, Estrutura Legislativa Brasileira, apresenta uma visão panorâmica da arquitetura jurídico-institucional do país, com ênfase na repartição de competências entre União, estados e municípios e nos instrumentos normativos que organizam a atuação estatal. O objetivo é explicitar como a forma federativa brasileira molda o espaço disponível para a regulação da UAM e para a coordenação entre diferentes níveis de governo. O **Capítulo 5**, Legislação Vigente Relacionada à UAM, aprofunda o exame do marco regulatório já existente que dialoga direta ou indiretamente com a UAM. São sistematizados atos normativos da aviação civil, do controle do espaço aéreo, do uso e ocupação do solo, do meio ambiente, da mobilidade urbana e de áreas afins, destacando lacunas, sobreposições e potencial de conflito ou sinergia na aplicação concreta dessas normas. O **Capítulo 6**, A Interseção das Competências Estaduais e Municipais, analisa como as competências legislativas e administrativas de estados e municípios se cruzam na prática quando se trata da implantação de vertiportos, definição de corredores aéreos em baixa altitude, licenciamento de empreendimentos e ordenamento territorial. O capítulo discute zonas de tensão e oportunidades de cooperação, bem como os riscos de fragmentação regulatória para a consolidação da UAM.

O **Capítulo 7**, Os Seis Pilares da Regulamentação: Uma Análise PESTEL para a UAM, integra os resultados da análise PESTEL com o mapeamento normativo brasileiro, propondo seis pilares estruturantes para a regulação da UAM. Cada pilar é apresentado com base nas evidências coletadas, articulando fatores tecnológicos, territoriais, institucionais e sociais, de modo a oferecer um quadro de referência para a formulação de políticas públicas e atos regulatórios consistentes com o contexto fe-





derativo brasileiro.

Por fim, o **Capítulo 8**, Conclusão, sintetiza as principais contribuições teóricas e práticas do estudo, retoma as questões de pesquisa à fundamentando-se nos resultados obtidos, indica limites, desafios em aberto e potenciais desdobramentos futuros, tanto em termos de aprofundamento acadêmico quanto de desenvolvimento regulatório e de planejamento territorial voltado à UAM.





2 Metodologia de Coleta de Leis

Afim de elaborar o inventário sistemático das legislações federais, com a ausência uma base de dados centralizada e estruturada contendo a legislação brasileira relacionada à mobilidade aérea urbana, motivou o desenvolvimento de um sistema automatizado de coleta.

A metodologia de coleta adotada foi concebida para realizar a extração automatizada e sistemática de atos normativos federais, incluindo também regulamentos aeronáuticos emitidos por autoridades técnicas. Para isso, desenvolveu-se o sistema **Web Scraper**, que se constitui de um conjunto de rotinas em Python projetadas para buscar, filtrar e armazenar documentos legais provenientes de múltiplas plataformas públicas (LAWSON, 2015; JARMUL; LAWSON, 2017).

O sistema foi concebido com o objetivo de garantir reprodutibilidade, transparência e abrangência, atuando em três frentes principais de coleta:

- **Portal Brasileiro de Informação Legislativa e Jurídica (LexML)** — Leis federais e decretos com abrangência nacional;
- **ANAC** — Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil (RBAC);
- **DECEA** — ICA.

2.1 Arquitetura Geral do Sistema

O Web Scraper é composto por módulos independentes e integráveis, cada um responsável por um domínio jurídico específico. A estrutura central baseia-se em:

1. **Coleta e Navegação:** Acesso programático a portais e mecanismos de busca, utilizando as bibliotecas Requests (JARMUL; LAWSON, 2017), BeautifulSoup4 e Selenium WebDriver (LAWSON, 2015);
2. **Processamento e Filtragem:** Extração de metadados, padronização de nomes, filtragem semântica por palavras-chave e determinação de relevância;





3. Armazenamento e Relatório: Conversão para Formato de Documento Portátil (PDF), verificação de integridade e geração automática de relatórios em formato JSON e Markdown.

A implementação dessas etapas foi realizada em Python, seguindo práticas de programação para processamento de textos e corpora, conforme descrito por FILHO (2021). A Figura 2.1 apresenta o fluxo adotado no processo de coletas dos documentos.

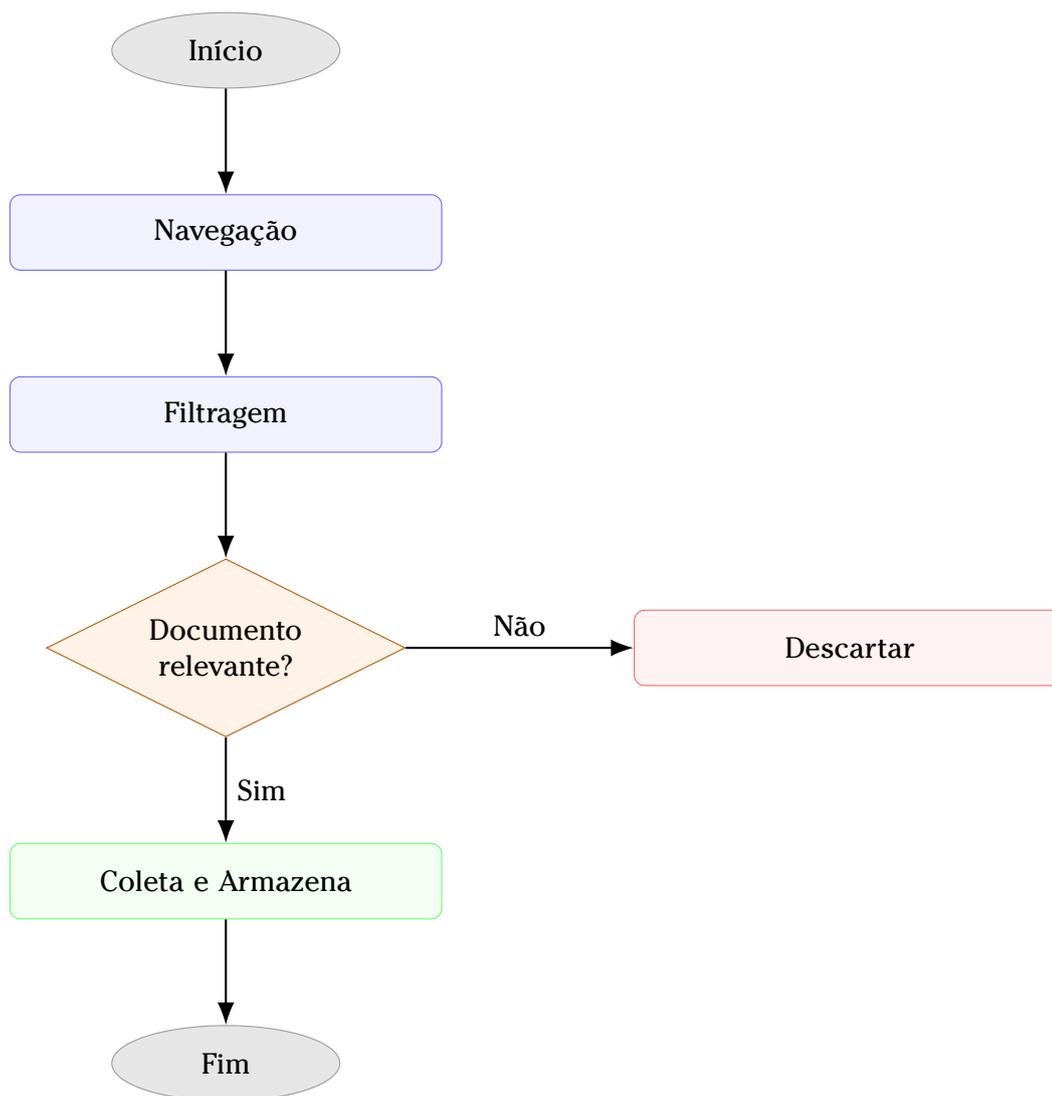


Figura 2.1: Fluxo geral de coleta do sistema **Web Scraper**.

A Figura 2.1 apresenta-se a lógica de triagem e armazenamento do corpus normativo, evidenciando que a definição de relevância varia conforme o módulo de origem. No módulo LexML, a relevância é definida por um filtro de palavras-chave aplicado sobre metadados e conteúdo textual, de modo que apenas atos normativos alinhados à agenda de UAM e às exigências regulatórias e urbanísticas são incorporados ao banco de dados.





Nos módulos RBAC e ICA, por sua vez, todos os documentos disponíveis são considerados intrinsecamente relevantes e coletados integralmente, por se tratar de repositórios que concentram regulamentação aeronáutica diretamente associada à segurança operacional, ao desenho e controle do espaço aéreo e à certificação de aeronaves. As Subseções 2.1.1, 2.1.2 e 2.1.3 descreve de forma sintética esses procedimentos de coleta, filtragem e organização, conforme o fluxo ilustrado na citada.

2.1.1 *Módulo Federal – LexML*

O módulo **LexML** é responsável pela busca de legislação federal. A consulta é automatizada por meio de filtros específicos que restringem os resultados a documentos de autoridade Federal e tipo Legislação. As palavras-chave utilizadas incluem:

- Mobilidade Urbana
- Transporte Urbano
- Mobilidade Aérea
- eVTOL
- Vertiporto
- Aeródromo e Heliponto
- Zoneamento e Uso do Solo
- Proteção Ambiental
- Estatuto da Cidade e Plano Diretor
- Impacto Ambiental e de Vizinhança
- Operações Urbanas Consorciadas
- Outorga Onerosa do Direito de Construir
- Direito de Preempção
- Plano de Expansão Urbana

Após a busca no portal LexML Brasil (2024), o sistema extrai os metadados (título, tipo e URL). O texto integral é obtido prioritariamente a partir do Presidência da República (2024) e, em caso de falha, o redirecionamento é feito ao portal do Senado Federal (2024).

2.1.2 *Módulo Aeronáutico – RBACs (ANAC)*

O módulo **RBAC** coleta todos os *Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil* diretamente do portal da ANAC (2024). Cada regulamento é identificado e baixado individualmente, com nomenclatura padronizada (RBAC091.pdf, RBAC145.pdf, etc.). O





processo é inteiramente automatizado e inclui verificação de integridade e log de execução.

2.1.3 Módulo Aeronáutico – ICAs (DECEA)

O módulo **ICA** captura todas as *Instruções do Comando da Aeronáutica*, disponíveis publicamente no portal do DECEA (2024). Os documentos são baixados diretamente ou convertidos via renderização CDP (*Chrome DevTools Protocol*), sendo armazenados com nomenclatura estruturada (ICA053-5.pdf, ICA100-12.pdf, etc.).

2.2 Fluxo de Decisão e Validação

A relevância dos documentos coletados é verificada por meio de um sistema de análise automatizada que processa o conteúdo completo de cada arquivo. O procedimento considera tanto aspectos temáticos quanto a posição hierárquica dos documentos no ordenamento jurídico brasileiro, com foco em infraestrutura urbana, uso do solo e mobilidade aérea.

2.2.1 Uso e Justificativa do OCR

A implementação do Reconhecimento Óptico de Caracteres (OCR) no sistema de processamento responde a limitações técnicas específicas de determinados arquivos PDF. Documentos digitalizados a partir de cópias físicas, páginas escaneadas ou arquivos compostos por imagens não contêm texto em formato extraível nativamente. Nessas situações, o OCR atua como um tradutor visual, convertendo as imagens das páginas em caracteres alfanuméricos processáveis.

O sistema de análise opera em duas etapas principais. Primeiro, realiza-se a extração textual do documento por meio da biblioteca PyPDF2, que recupera o conteúdo em formato nativo quando este está disponível. Em seguida, aplica-se a tecnologia de OCR (*Optical Character Recognition*) como mecanismo de contingência nos casos em que a extração direta não é viável. A abordagem de processamento de textos e o uso de expressões regulares para limpeza e normalização dos dados foram inspirados nas técnicas apresentadas por (FILHO, 2021), as quais são amplamente utilizadas em linguística de *corpus* e processamento de língua natural.

A necessidade do OCR é particularmente relevante no contexto da legislação brasi-





leira, onde parte considerável dos documentos históricos e municipais encontra-se disponível apenas em formato digitalizado, sem camada de texto embutida. Sem essa tecnologia, uma parcela significativa do acervo normativo ficaria inacessível ao processamento automatizado, comprometendo a abrangência e a representatividade da análise.

Do ponto de vista operacional, o uso do OCR aumenta o tempo de processamento por documento, além de exigir maior consumo de memória e processamento local. Contudo, essa sobrecarga é justificada pela recuperação de informações que, de outra forma, permaneceriam indisponíveis.

Cabe ressaltar que a tecnologia de OCR não é imune a erros de reconhecimento, especialmente em documentos de baixa qualidade, com fontes desgastadas ou digitalizações precárias. Tais imprecisões são parcialmente mitigadas pelo fato de que a análise subsequente baseia-se em correspondência de palavras-chave e padrões textuais amplos, e não em transcrições literais. Ainda assim, reconhece-se que erros de OCR podem ocasionalmente resultar em falsos negativos, comprometendo a identificação de documentos relevantes.

Portanto, o OCR não representa uma escolha metodológica primária, mas sim um recurso de contingência técnica que viabiliza a inclusão de documentos legados no *corpus* de análise, ampliando assim a cobertura temporal e jurisdicional do estudo.

2.2.2 Análise via semântica API DeepSeek

Após a extração textual, o conteúdo completo de cada documento é submetido à API DeepSeek (DEEPSEEK, 2024) para análise semântica automatizada, que avalia a relevância temática com base em critérios pré-estabelecidos. A API processa o texto integral sempre que este possui até 30.000 caracteres, garantindo contexto suficiente para classificação precisa. Em documentos mais extensos, o sistema divide o conteúdo em segmentos sobrepostos (*chunks*) de até 8.000 caracteres, com sobreposição de 500 caracteres entre blocos consecutivos, preservando a coesão semântica nas divisões.

A classificação é realizada com base em dois critérios objetivos: (a) o documento trata especificamente de infraestrutura para helicópteros, heliportos, UAM ou vertiportos; ou (b) estabelece limitações administrativas ao uso do solo, normas de proteção ambiental, zoneamento ou parâmetros de edificação aplicáveis obrigatoriamente ao planejamento de infraestruturas urbanas de grande porte. Documentos que atendam a pelo menos um desses critérios são classificados como "Sim" (rele-





vância direta); os demais, como "Não" (relevância indireta ou nula). Esse fluxo é apresentado na Figura 2.2.

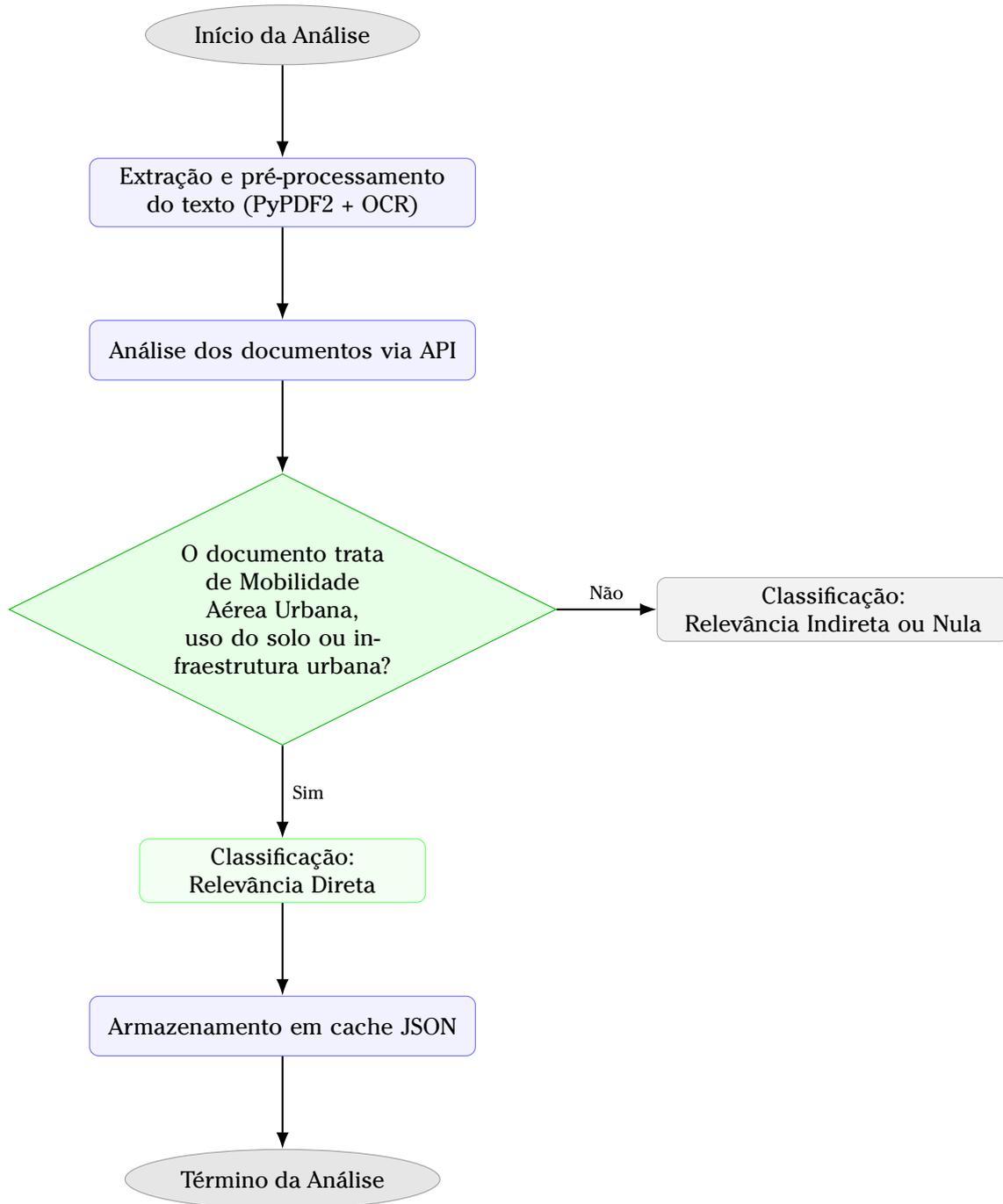


Figura 2.2: Fluxograma do processo de validação e classificação documental.

2.3 Custos Operacionais do Sistema

A operação do sistema envolve custos associados principalmente à extração de texto via OCR e ao uso da API de análise textual. Ambos impactam diretamente o tempo





de processamento e o consumo de recursos computacionais.

2.3.1 Custos Relacionados ao OCR

A biblioteca `pytesseract`, baseada no motor *Tesseract OCR* desenvolvido pela Google (SMITH, 2007), em combinação com o módulo `pdf2image`, é responsável por converter cada página do PDF em imagens de alta resolução. O processo de reconhecimento óptico é aplicado somente quando a extração convencional retorna conteúdo vazio ou insuficiente, garantindo assim que recursos computacionais adicionais sejam alocados apenas quando necessário.

O módulo de OCR, acionado sempre que a extração direta de texto não é possível, representa a principal fonte de custo computacional local (SMITH, 2007). Os fatores que influenciam esse custo incluem:

- **Tempo de execução:** O OCR aumenta o tempo de processamento por documento, especialmente em arquivos escaneados com baixa qualidade, conforme observado nos logs de execução do sistema;
- **Uso de CPU e memória:** A conversão de páginas em imagens e sua posterior interpretação textual exigem consumo de recursos locais (SMITH, 2007);

De forma geral, o uso do OCR é aplicado apenas em situações nas quais a perda de informação inviabilizaria a classificação automática. Esse módulo, portanto, atua como mecanismo de contingência e não como procedimento padrão.

2.3.2 Custos Relacionados à API DeepSeek

A API do DeepSeek (2024) é utilizada para análise semântica dos segmentos de texto, representando o principal custo externo do sistema, o custo e o desempenho dependem de três variáveis principais:

- **Número de segmentos por documento:** Cada chamada à API é tarifada individualmente, o que torna o custo proporcional à fragmentação do texto;
- **Tamanho do contexto:** Textos longos geram maior consumo de *tokens*, impactando diretamente o custo por requisição;





- **Retentativas automáticas:** Em média, 3–5% das chamadas exigem nova tentativa devido a falhas de rede ou limitação de taxa (*rate limit*), aumentando o volume total de requisições.

O custo total médio por documento processado é resultado da soma do consumo de *tokens* e da quantidade de chamadas necessárias para cobrir o conteúdo integral do texto legal.

2.4 Análise Estatística do Repositório de Leis Federais e Regulamentações Técnicas

O *corpus* de análise foi composto por documentos normativos coletados automaticamente em múltiplos níveis federativos. Para a análise desse *corpus* foi desenvolvido um prompt específico, com a finalidade de orientar a API na classificação temática dos documentos, estabelecendo critérios objetivos de relevância e padronizando o formato das respostas.

A construção do prompt passou por um processo iterativo voltado ao ajuste das instruções dadas ao modelo para aprimorar precisão e consistência. Foram desenvolvidas quatro versões: as três primeiras apresentaram falhas na identificação e exclusão de documentos relevantes ou irrelevantes ao uso do solo urbano, enquanto a versão final (v4) incorporou critérios sobre restrições operacionais aéreas, alcançando melhor desempenho. O prompt usado pode ser encontrado no apêndice 8.

2.4.1 Distribuição Geral dos Documentos

Para fins dessa análise, o foco foi direcionado especificamente para a legislação federal e regulamentações técnicas aeronáuticas, excluindo-se as leis municipais que, embora coletadas, não se enquadram no escopo prioritário deste estudo. Dessa forma, o corpus analisado compreendeu 651 documentos federais e regulatórios.

A taxa de extração direta bem-sucedida alcançou 82% do total de arquivos, sendo esses processados via PyPDF2. Os 18% restantes necessitaram de extração via OCR devido à ausência de camada textual nativa.

A classificação tipológica dos documentos segue a hierarquia normativa brasileira, permitindo identificar quais instrumentos jurídicos são mais frequentemente utilizados para regular aspectos relacionados ao uso do solo, infraestrutura urbana e ope-





rações aéreas. A Tabela 2.1 apresenta os tipos mais recorrentes no corpus federal e regulatório.

Tabela 2.1: Distribuição dos documentos por tipo normativo

Tipo de Documento	Quantidade Absoluta	Percentual
Leis	427	66%
ICA	106	16%
RBAC	84	13%
Outros	34	5%
Total	651	100%

2.4.2 Resultados da Classificação

Entre os documentos analisados, observa-se distribuição diferenciada entre as categorias normativas quando comparadas as classificações da API DeepSeek e da equipe ITA. A Tabela 2.2 apresenta os resultados detalhados da classificação por tipo de documento, sendo o fluxo adotado apresentado na Figura 2.3. Entende-se que o bloco de **Identificação** corresponde ao conjunto total de documentos obtidos por meio do sistema de *web scraping*; o bloco de **Elegibilidade**, refere-se aos documentos que foram processados pela API DeepSeek e classificados como potencialmente relevantes; e bloco de **Inclusão** corresponde a lista final de documentos que, após revisão manual pela equipe do ITA.

Tabela 2.2: Resultados de Aceitação

Tipo de Documento	Identificação	Elegibilidade	Inclusão
Leis	427	113	17
ICA	106	37	8
RBAC	84	30	5
Outros	30	7	5
Total	651	187	35

A análise comparativa revela diferenças significativas nos critérios de classificação entre a API DeepSeek e a equipe ITA. A API demonstrou maior seletividade para todos os tipos documentais, com taxas de classificação substancialmente superiores às da equipe ITA.

Para os regulamentos técnicos aeronáuticos (RBACs), a taxa da API foi de 30% contra apenas 5% da equipe ITA - uma diferença de 25 pontos percentuais. Para as ICAs, a diferença foi de 25 pontos percentuais a favor da API (33% contra 7%).



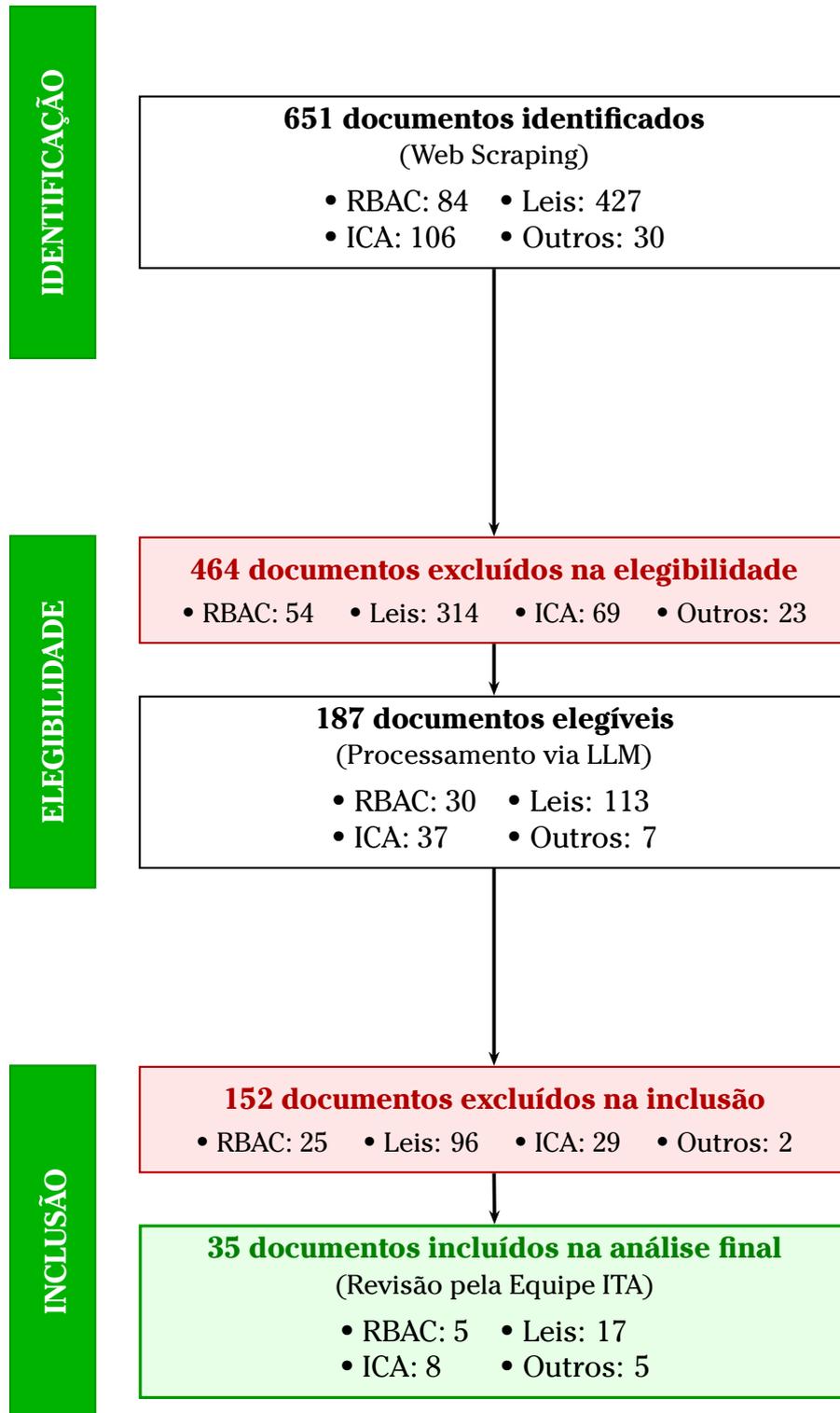


Figura 2.3: Fluxograma do processo de seleção de documentos regulatórios





A discrepância mais significativa ocorreu nas resoluções, onde a API classificou 100% dos documentos, enquanto a equipe ITA classificou apenas 33%. Para decretos presidenciais, a equipe ITA não classificou nenhum documento, enquanto a API classificou 23%.

No total geral, a API classificou 28% dos documentos analisados, enquanto a equipe ITA classificou apenas 5%, resultando em uma diferença geral de 23 pontos percentuais entre os métodos de classificação.

Tabela 2.3: Exemplo de custo de análise utilizando a API DeepSeek

Documento	Tamanho (tokens)	Custo total estimado (US\$)
Lei n° 7.565/1986	148.000	0,296
Lei n° 10.257/2001	92.000	0,184

A Tabela 2.3 exemplifica a diferença de custo de processamento entre textos normativos de grande relevância para o ecossistema UAM. Como o sistema processa o arquivo completo, o custo é diretamente proporcional ao tamanho textual e à densidade semântica de cada norma. Documentos mais extensos e técnicos demandam maior consumo de *tokens*, refletindo-se em custo mais elevado por unidade analisada.

2.5 Comparação

A Tabela 8.1 apresenta uma comparação direta entre alguns dos documentos encontrados e avaliados pela equipe, além da API do DeepSeek é apresentado também um exemplo do Gemini AI Flash e seus resultados. A análise dos dados revela padrões interessantes nas avaliações realizadas pelos diferentes métodos. A Tabela 8.1 pode ser encontrado no apêndice 8.

2.6 Resumo da Metodologia

A metodologia proposta estrutura um fluxo completo para coleta e análise automatizada de documentos normativos. O conjunto **WebScraper + DeepSeek Validator** permite tanto a obtenção de fontes normativas quanto a avaliação temática e hierárquica de sua relevância. A arquitetura prioriza resiliência operacional, por meio de camadas de contingência, rastreamento transparente via registros estruturados e uso racional de recursos no consumo da API.





A capacidade de examinar desde normas constitucionais até regulamentos técnicos (RBACs e ICAs) torna o sistema adequado à investigação de ambientes regulatórios complexos. Essa base metodológica serve como suporte para análises posteriores de natureza jurídica, urbana e aeronáutica, contribuindo para a compreensão das interações entre o ordenamento normativo e o planejamento de infraestrutura de mobilidade aérea urbana no contexto brasileiro.

Embora o sistema de análise automatizada apresente desempenho satisfatório na classificação de documentos normativos, a validação humana permanece como etapa necessária ao final do processo. A classificação automática via API oferece eficiência operacional e reprodutibilidade, mas não substitui a avaliação crítica de um especialista em direito urbanístico e regulação aeronáutica referentes a UAM.

Portanto, o sistema automatizado deve ser compreendido como ferramenta de apoio à pesquisa jurídica, e não como substituto do julgamento profissional especializado. A metodologia proposta permite reduzir significativamente o tempo dedicado à triagem inicial de documentos, mas a análise final e a tomada de decisão permanecem sob responsabilidade humana.





3 Análise PESTEL

A UAM emerge como uma das inovações disruptivas do setor de transportes no século XXI, impulsionada pelos avanços no desenvolvimento de eVTOLs. O conceito visa integrar o espaço aéreo de baixa altura ao ecossistema urbano, ampliando a oferta de transporte de passageiros e cargas, com promessas de redução de congestionamentos, maior eficiência logística e novas possibilidades de conectividade entre áreas metropolitanas (PAK et al., 2024).

Entretanto, a viabilidade da UAM não depende exclusivamente da maturidade tecnológica. Pelo contrário, trata-se de um fenômeno sistêmico, que requer análise cuidadosa de múltiplos fatores externos capazes de acelerar ou limitar sua implementação (GARROW; GERMAN; LEONARD, 2021).

Nesse contexto, a ferramenta de PESTEL, trabalhada por de Sousa e Castañeda-Ayarza (2022) e ilustrada pela Figura 3.1 abaixo, oferecem um arcabouço estruturado para compreender os condicionantes do sucesso da UAM no Brasil (Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), 2023a). Seu propósito principal é identificar, categorizar e analisar os fatores externos que impactam a mobilidade aérea urbana no âmbito do planejamento territorial urbano.





Figura 3.1: Ferramenta PESTEL

Cada um desses fatores interage de maneira dinâmica. O ambiente político-regulatório define a possibilidade de operação das aeronaves e da infraestrutura de apoio (SESAR 3 Joint Undertaking, 2023; European Union Aviation Safety Agency, 2023; Departamento de Controle do Espaço Aéreo, 2024; GALHARDO; SOUZA, 2024); as condições econômicas estabelecem a viabilidade financeira e a atratividade para investidores (GOYAL et al., 2018; O'REILLY et al., 2024); os aspectos sociais determinam a aceitação pública e a demanda por esse novo modal (LONG et al., 2023); os avanços tecnológicos viabilizam o desempenho, a segurança e a escalabilidade (SCHWEIGER; PREIS, 2022; BAURANOV; RAKAS, 2021; European Union Aviation Safety Agency, 2022); as variáveis ambientais trazem tanto oportunidades (sustentabilidade) quanto restrições (ruído e emissões) (YUNUS et al., 2023; LORENZO et al., 2025); e, por fim, o fator legal confere segurança jurídica e previsibilidade aos atores do setor (KRYLOVA, 2022; RAHMAN et al., 2023; WANG et al., 2025).





3.1 O Cenário Político-Regulatório como Fundação da UAM

O fator político em uma análise PESTEL é a dimensão que abrange a influência do governo, a formulação de políticas públicas (KRYLOVA, 2022) e a estabilidade política. Ele transcende a mera descrição da influência governamental, se configurando como o alicerce sobre o qual toda a infraestrutura e o ecossistema da UAM devem ser construídos (GOYAL et al., 2018; Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), 2023a). Para um mercado intensivo em capital e tecnologia, como é o caso dos eVTOLs, a estabilidade, a previsibilidade e a proatividade do ambiente político-regulatório não são apenas vantajosas, mas sim elementos fundamentais para a segurança jurídica e o sucesso comercial (Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), 2023a; SCHWEIGER; PREIS, 2022).

Uma série de estratégias políticas deliberadas, que incluem a autonomia e proatividade de agências regulatórias (Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), 2023a), a implementação de mecanismos políticos inovadores, a aplicação de políticas de fomento e incentivos fiscais para o setor, a busca estratégica pela harmonização internacional de normas, e o gerenciamento dos complexos desafios inerentes à coordenação federativa (Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), 2023a), são os pilares para os fatores políticos que impactam o desenvolvimento do planejamento e ordenamento urbano em UAM.

Para impulsionar o planejamento e o ordenamento urbano da UAM, a implementação de um conjunto de estratégias políticas é importante. Essas estratégias funcionam como os pilares para o avanço do setor, abrangendo a concessão de autonomia às agências reguladoras, mecanismos inovadores, criação de incentivos, harmonização de normas em escala global e superação dos desafios da coordenação federativa. Em resumo vamos abordar as seguintes estratégias políticas para avanço do setor UAM:

- Governança e Autonomia Regulatória;
- Mecanismos Inovadores;
- Políticas de Fomento e Incentivos;
- Harmonização Internacional de normas; e
- Coordenação Federativa.





3.1.1 Governança e Autonomia Regulatória

O cenário regulatório da aviação civil no Brasil é ancorado na ANAC, uma autarquia federal, dotada de autonomia técnica, decisória e financeira, vinculada ao Ministério dos Portos e Aeroportos (Ministério de Portos e Aeroportos, 2025). A ANAC personifica uma escolha política estrutural: a de substituir a gestão diretamente ligada ao Poder Executivo por uma entidade técnica e independente, com o objetivo expresso de criar um ambiente de regras estáveis e previsíveis (Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), 2025b). Essa autonomia é um instrumento político para reduzir a influência de ciclos políticos de curto prazo, atraindo os investimentos de longo prazo essenciais para um mercado como o da UAM.

Se a ANAC é o regulador "do solo para cima" — responsável pela certificação de aeronaves, empresas, pessoal civil (pilotos, mecânicos) e infraestrutura (aeroportos e vertiportos) (Aeroescola, 2025; Canal Piloto (YouTube transcript), 2025; STUTZEL, 2023) — a gestão do espaço aéreo é uma prerrogativa militar.

Esta segunda esfera é de competência do Comando da Aeronáutica (Comando da Aeronáutica (COMAER)), exercida por meio do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). O DECEA é o órgão central do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB)) (DECEA, 2025a; Aerodesporto Brasil, 2020) é uma organização militar vinculada ao Ministério da Defesa (DECEA, 2025c). Ele atua como o provedor dos serviços de navegação aérea, responsável direto pelo controle de tráfego aéreo, meteorologia aeronáutica, comunicações e serviços de busca e salvamento (DECEA, 2025c).

Na prática, enquanto a ANAC regula os ativos e os agentes econômicos, o DECEA gerencia o "mar de ar" por onde esses ativos irão navegar (DECEA, 2025b).

A autonomia destes órgãos é um instrumento político para reduzir a influência de ciclos políticos de curto prazo, atraindo os investimentos de longo prazo essenciais para um mercado como o da UAM.

3.1.2 Mecanismos Inovadores: O Sandbox Regulatório

Um dos instrumentos políticos adotados pela ANAC é a implementação de *sandboxes* regulatórios. Este mecanismo de governança, inspirado em experiências do setor financeiro, permite a flexibilização temporária e supervisionada de normas aplicáveis, criando um ambiente experimental controlado para testar tecnologias, modelos de





negócios e operações que não se enquadram plenamente na regulação vigente (Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), 2025d).

O *sandbox* serve, portanto, como uma ferramenta política para mitigar a incerteza regulatória – um dos maiores obstáculos para o investimento em setores nascentes (SPACCA, 2025). A ANAC utiliza essa ferramenta para fomentar a inovação, permitindo que soluções inovadoras sejam desenvolvidas e avaliadas em um ambiente controlado e seguro (Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), 2025a).

3.1.3 Políticas de Fomento e Incentivo

Políticas de fomento e incentivo são um conjunto de ações estratégicas adotadas pelo Estado para estimular o desenvolvimento de setores considerados prioritários, como o da UAM (MAZZUCATO, 2013). Em um mercado emergente e de alta tecnologia, essas políticas atuam em diversas frentes: reduzem o risco para investidores privados (STIGLITZ, 2015), aceleram a pesquisa e o desenvolvimento (Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)) (NELSON, 1993) e sinalizam um compromisso governamental de longo prazo. Tais políticas se materializam principalmente através de três mecanismos: o financiamento direto a projetos (FELDMAN; HADJIMICHAEL, 2019), a concessão de benefícios fiscais (KLEIN; SYED, 2021) e a criação de instrumentos no mercado de capitais para atrair investimentos em grande escala (KAPLAN, 2012). Juntas, essas ferramentas criam um ecossistema favorável para que tecnologias disruptivas possam amadurecer e se consolidar (WEBER; ROHRACHER, 2016).

3.1.4 Harmonização Internacional

A UAM é, por essência, um mercado global. Aeronaves desenvolvidas e certificadas no Brasil almejarão operar em múltiplos países (GOYAL et al., 2018). Portanto, a compatibilidade e harmonização regulatória internacional não são uma opção, mas um imperativo político e econômico (SCHWEIGER; PREIS, 2022; THIPPHAVONG et al., 2018). A ANAC tem atuado de forma proativa para buscar o alinhamento com as principais agências reguladoras internacionais, notadamente a FAA, dos Estados Unidos, e a EASA, da Europa, que estão na dianteira da padronização de critérios de certificação e conceitos operacionais para eVTOLs (RAJENDRAN; SRINIVAS, 2021; COHEN; SHAHEEN; FARRAR, 2021).





RESUMO

Fatores Políticos: Referem-se à influência do governo, à formulação de políticas públicas e à estabilidade política que fundamentam o ecossistema da Mobilidade Aérea Urbana. Incluem a autonomia e proatividade de agências reguladoras, a criação de mecanismos inovadores, políticas de fomento e incentivos fiscais, a estratégia de harmonização internacional de normas e os desafios inerentes à coordenação federativa e à vontade política nas diferentes esferas de governo (CHAE et al., 2024).

3.2 O Cenário Econômico como Motivador UAM

O fator econômico na análise PESTEL para a UAM transcende a mera análise de custos e tarifas. Ele engloba a viabilidade financeira do ecossistema como um todo, incluindo a capacidade de atrair investimentos de grande escala, a sustentabilidade dos modelos de negócio, a integração com a economia local e regional, e o impacto macroeconômico da implantação desta nova modalidade. No contexto brasileiro, este fator é analisado através de quatro pilares principais:

- Custos Operacionais e Viabilidade do Modelo de Negócio;
- Fontes de Financiamento e Investimento;
- Impacto no Desenvolvimento Regional e Urbano; e
- Geração de Emprego e Cadeia Produtiva.

3.2.1 Custos Operacionais e Viabilidade do Modelo de Negócio

A viabilidade econômica da UAM depende da superação de uma barreira inicial de custos elevados. Estudos como o de Garrow, German e Leonard (2021) destacam que, embora o custo por passageiro-quilômetro dos eVTOLs seja inicialmente superior ao do transporte terrestre, a escalabilidade das operações é a chave para competitividade desse modal. Santha, Woods e Streeting (2023) projetam que os custos operacionais de eVTOL podem cair de USD 2,7 para menos de USD 1,0 por passageiro-quilômetro entre 2025 e 2040 através de economias de escala. Complementarmente, Celli, Schmidt e Harris (2024) estimam que a manutenção de eVTOLs será aproximadamente 50% menor que a de helicópteros, devido à maior simplicidade mecânica





das aeronaves elétricas. O Departamento de Controle do Espaço Aéreo (2024) corrobora essa visão, afirmando em seu Art. 56 que "o volume das operações de UAM poderá aumentar substancialmente, considerando-se a expectativa de redução dos custos operacionais resultante da escalabilidade econômica no setor".

Os principais componentes de custo incluem:

- **Aquisição e Manutenção de Aeronaves:** O investimento realizados pela Eve Air Mobility (MOBILITY; EMBRAER, 2023), em Taubaté é um dos exemplos de movimento estratégico para dominar a curva de aprendizado e reduzir custos de produção em escala;
- **Energia:** As aeronaves eVTOLs são elétricas, portanto, o custo da eletricidade e a eficiência das baterias são fatores econômicos cruciais. Bills, Mayyas e Thakur (2021) destacam que os requisitos de carregamento rápido (5-10 minutos) e vida útil superior a 2.000 ciclos são essenciais para maximizar a utilização das aeronaves e receitas operacionais. Quanto a autonomia limitada das baterias o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) (2024c) exige uma rede de vertiportos com infraestrutura de carregamento, impactando o Despesa de Capital (CAPEX) inicial;
- **Infraestrutura Terrestre (Vertiportos):** Como estudado por Lu et al. (2025) e relatado na Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) (2023a), a seleção da localização dos vertiportos é um problema de otimização que busca maximizar a cobertura de demanda e minimizar os custos de construção e operação, considerando o valor do solo urbano. Solanki et al. (2024) estimam que o CAPEX para upgrades de infraestrutura elétrica em vertiportos varia entre USD 3-5 milhões, enquanto Markets and Markets (2023) projetam que o mercado global de vertiportos crescerá de USD 0,4 bilhões (2023) para USD 10,7 bilhões (2030);
- **Custos Regulatórios e de Certificação:** O processo de certificação de uma nova aeronave e de novos conceitos operacionais é demorado e dispendioso. O uso de *sandboxes* regulatórios pela ANAC é uma ferramenta também econômica, pois reduz a incerteza e os custos de *compliance* para as empresas.

3.2.2 Fontes de Financiamento e Investimento

O capital intensivo requerido pela UAM demanda uma estratégia econômica multifacetada para o seu financiamento. O Brasil demonstrou uma abordagem proativa através de:





- **Financiamento Público Direto:** O papel do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), como principal banco de desenvolvimento do país, é fundamental. O empréstimo de R\$ 500 milhões para a Eve Air Mobility (BNDES, 2024) é um sinal econômico potente que mitiga o risco percebido e "ancora" o ecossistema, atraindo investidores privados. BNDES (2025) apresentam o novo Pacote de Estabilização de Funding para Infraestrutura, que incluiu R\$ 260,6 bilhões investidos em infraestrutura em 2024, demonstrando a capacidade do banco em financiar projetos de grande escala;
- **Incentivos Fiscais:** Programas como Regime Especial de Tributação para a Plataforma de Exportação de Serviços de Tecnologia da Informação (REPES) e Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores e Displays (PADIS) oferecem benefícios fiscais para empresas de tecnologia, reduzindo a carga tributária de empresas desenvolvedoras de softwares, sistemas de controle e outras tecnologias habilitadoras para a UAM;
- **Mercado de Capitais:** O regime de Debêntures de Incentivo à Infraestrutura, é uma inovação econômica crucial. Ela permite captar recursos de grandes investidores institucionais (fundos de pensão, seguradoras) para projetos de vertiportos e infraestrutura correlata, oferecendo isenção de Imposto de Renda para os rendimentos. Isso abre um novo canal de financiamento de longo prazo essencial para projetos de infraestrutura;
- **Parcerias Público-Privadas (Parceria Público-Privada (PPP)s):** Os editais de sandbox para vertiportos em São José dos Campos e Campo de Marte são exemplos de futuras PPPs. Inter-American Development Bank (2014) destacam que o Brasil recebeu apoio de USD 20 milhões do Banco Interamericano de Desenvolvimento para preparação de projetos PPP, alavancando investimentos locais adicionais;

3.2.3 *Impacto no Desenvolvimento Regional e Urbano*

A UAM tem o potencial de alterar dinâmicas econômicas regionais. Conforme analisado por Chen e Schintler (2023), infraestruturas de transporte de alta tecnologia podem redefinir a conectividade entre regiões. No Brasil, a UAM pode:

- **Reduzir Deseconomias Urbanas:** A UAM, ao oferecer uma alternativa de transporte rápido sobre áreas congestionadas, atua diretamente nesse objetivo, potencialmente reduzindo perdas econômicas causadas por engarrafamentos. FIRJAN (2014) estimam que somente nas cidades do Rio de Janeiro e São





Paulo, os congestionamentos geraram custos de R\$ 98 bilhões em 2013, equivalentes a 2% do PIB nacional. Barrero et al. (2020) expandem essa análise para 10 cidades latino-americanas, demonstrando que os custos nacionais de congestionamento podem alcançar aproximadamente 1% do PIB em países com alto nível de congestionamento;

- **Promover a Integração Regional:** Conexões aéreas rápidas entre centros urbanos e aeroportos principais, como proposto no estudo de Sinha e Rajendran (2022) para New York City (NYC), ou entre cidades de uma mesma região metropolitana, podem integrar economicamente polos produtivos, turísticos e de serviços, criando novas centralidades e valorizando terrenos em áreas hoje menos conectadas. Rosik et al. (2023) revisam sistematicamente a literatura sobre infraestruturas de transporte e desenvolvimento regional, identificando impactos em produtividade, mercados de trabalho, aglomeração urbana e valorização imobiliária.

3.2.4 Geração de Emprego e Cadeia Produtiva

O desenvolvimento da UAM no Brasil não se resume à operação de aeronaves, envolvendo a construção de uma cadeia produtiva complexa e de alto valor agregado.

Emprego Qualificado: A fábrica da Eve em Taubaté (MOBILITY; EMBRAER, 2023), os centros de P&D, a operação dos vertiportos, a manutenção das aeronaves e o desenvolvimento de softwares de gerenciamento de tráfego (gerenciamento de tráfego aéreo urbano (UTM)/UAM) demandarão engenheiros, técnicos, pilotos, desenvolvedores e profissionais de logística, gerando empregos de alta qualificação. Lopes et al. (2024) identificam que o ecossistema UAM demandará profissionais em amplo espectro: pilotos de eVTOL, técnicos de manutenção especializados, engenheiros de software, e planejadores de infraestrutura urbana.

Cadeia de Fornecimento Nacional: A estratégia de apoiar uma fabricante nacional (Eve/Embraer) visa internalizar parte dessa cadeia produtiva, desenvolvendo fornecedores locais para componentes, baterias, sistemas de aviônica e softwares, criando um *cluster* tecnológico-aeronáutico com potencial de exportação. Um exemplo concreto dessa expansão da cadeia de valor é o "Eve TechCare", um portfólio integrado de serviços de suporte pós-venda (MRO) que, por si só, gera demanda por profissionais especializados em manutenção, treinamento de pilotos e suporte técnico (MOBILITY, 2024).

Elementos-Chave Identificados para a Classificação do Fator Econômico:





- **Viabilidade e Escalabilidade do Modelo de Negócio:** Análise da trajetória de redução de custos operacionais (CAPEX e Despesa Operacional (OPEX)) e da formação de tarifas que tornem o serviço acessível a uma parcela significativa da população, superando a fase inicial de alto custo.
- **Estratégia de Financiamento e Atração de Investimentos:** Avaliação do mix de fontes de capital (BNDES, incentivos fiscais, debêntures, equity privado) e sua adequação para suprir as necessidades de investimento em diferentes fases do desenvolvimento do ecossistema (P&D, infraestrutura, frota).
- **Impacto na Eficiência Econômica Urbana e Regional:** Mensuração do potencial da UAM em reduzir perdas econômicas decorrentes de congestionamentos, tempos de deslocamento prolongados e ineficiências logísticas, integrando-se ao planejamento urbano conforme a Política Nacional de Urbanização (PNU).
- **Integração Multimodal e Cadeia de Valor do Transporte:** Análise de como a UAM se conecta economicamente com outros modais, criando um serviço *door-to-door* viável e competitivo, onde o custo-tempo-benefício total seja atraente para o usuário.
- **Geração de Emprego e Desenvolvimento da Cadeia Produtiva:** Avaliação do potencial de internalização da cadeia de valor da UAM no país, com criação de empregos qualificados e desenvolvimento de fornecedores nacionais, transformando o setor em um vetor de desenvolvimento tecnológico e industrial.

RESUMO

Fatores Econômicos: Tratam da viabilidade financeira, custos, sustentabilidade dos modelos de negócio e impacto macroeconômico do ecossistema da Mobilidade Aérea Urbana. Incluem a análise dos custos operacionais e a escalabilidade do modelo de negócio, as estratégias multifacetadas de financiamento e captação de investimentos (com BNDES e incentivos fiscais), o impacto no desenvolvimento regional e na eficiência econômica urbana, a integração multimodal como peça-chave para a viabilidade do serviço e o potencial de geração de empregos qualificados e desenvolvimento de uma cadeia produtiva nacional de alto valor agregado.

3.3 O Cenário Social que Sustentará a UAM

O fator social em uma análise PESTEL é a dimensão que examina as tendências demográficas, culturais, comportamentais e de percepção da sociedade que impactam





um mercado. Para a UAM, este fator transcende a mera aceitação do novo modal, configurando-se como o alicerce da licença social para operar. O sucesso comercial da UAM está intrinsecamente ligado à sua capacidade de se integrar ao tecido urbano de forma segura, justa, acessível e benéfica para a comunidade, respondendo a suas necessidades e superando suas resistências naturais à mudança e ao risco percebido. Os pilares principais do fator social são:

- Aceitação Pública e Percepção de Ruído;
- Equidade, Acessibilidade e Inclusão; e
- Segurança Operacional e Percepção de Risco.

3.3.1 Aceitação Pública e Percepção de Ruído

A aceitação pública é o pilar fundamental para a implantação da UAM. A percepção da comunidade sobre ruído, segurança e perturbação visual será um determinante crítico para a aprovação de vertiportos e rotas aéreas urbanas. Estudos de aceitação comunitária, como os sugeridos por (BAURANOV; RAKAS, 2021), são essenciais para mapear preocupações e desenvolver estratégias de mitigação. O ruído, em particular, é uma das maiores objeções antecipadas. A implementação de corredores aéreos sobre vias arteriais existentes, a utilização de tecnologias de propulsão mais silenciosas e a definição de rigorosos limites operacionais noturnos são medidas que podem ser derivadas de uma análise social proativa para ganhar a confiança da população.

A pesquisa de (BABETTO et al., 2023) aborda essa perspectiva, indicando que o ruído se configura como uma das principais preocupações do público em relação à UAM. Em estudo realizado em cidades europeias de médio porte, o ruído foi consistentemente identificado como uma das barreiras à aceitação, com 65% dos entrevistados mencionando níveis reduzidos de ruído como um fator que contribuiria para sua percepção de segurança e conforto. O estudo também aponta que a emissão de ruído está entre os desafios legais e sociais que necessitam ser considerados para a implantação da UAM. Os autores indicam que a otimização do projeto do rotor ou a instalação de rotores canalizados podem reduzir as emissões de ruído, enquanto o agendamento de voos em horários específicos pode contribuir para a gestão do incômodo sonoro (BABETTO et al., 2023).





3.3.2 *Equidade, Acessibilidade e Inclusão*

O risco de a UAM se tornar um serviço de elite, acessível apenas a uma pequena parcela da população de alta renda, é uma significativa barreira social. A literatura (LONG et al., 2023; RAHMAN et al., 2023) frequentemente aborda a necessidade de analisar a demanda não apenas sob uma óptica comercial, mas também social. A integração da UAM com o sistema de transporte público existente, identificando locais para vertipostos em terminais de ônibus e estações de metrô (uma abordagem Sistema de Informação Geográfica (GIS), como em (RAHMAN et al., 2023)), é uma estratégia crucial para promover a acessibilidade e evitar a segregação socioespacial. Políticas públicas que incentivem operações compartilhadas (e.g., Compartilhamento de viagens (serviço de transporte compartilhado) (Ride-sharing) aéreo) e subsidiem tarifas podem ser necessárias para garantir que os benefícios da mobilidade aérea sejam distribuídos de forma mais equitativa.

3.3.3 *Segurança Operacional e Percepção de Risco*

Acidentes, especialmente nos estágios iniciais de implantação, podem erodir drasticamente a confiança pública e inviabilizar todo o setor. O fator social demanda uma comunicação transparente e contínua sobre os rigorosos protocolos de segurança, certificações e redundâncias tecnológicas embarcadas nas aeronaves e nos sistemas de gerenciamento de tráfego (conforme detalhado em conceitos operacionais como o (SESAR 3 Joint Undertaking, 2023)). Estratégias de comunicação de risco e planos de resposta a emergências claros e divulgados são componentes essenciais para administrar a percepção social e demonstrar o compromisso inabalável com a segurança acima de tudo.

Elementos-Chave Identificados para a Classificação do Fator Social:

- **Aceitação Pública e Mitigação de Impactos:** O nível de ruído percebido e a disruptividade visual são barreiras críticas. A realização de estudos de aceitação comunitária e a implementação ativa de medidas mitigadoras são indicadores de maturidade social do projeto.
- **Equidade e Acesso:** O risco de a UAM ser um serviço de elite exige estratégias de integração com o transporte público e análise de políticas de tarifação para garantir acessibilidade e evitar segregação socioespacial.
- **Comunicação de Risco e Transparência:** Estratégias proativas de comunicação





sobre os protocolos de segurança e a gestão de crises são essenciais para construir e manter a confiança pública.

RESUMO

Fatores Sociais: Evidenciam as tendências demográficas, culturais, comportamentais e de percepção da sociedade que impactam a adoção e a integração da Mobilidade Aérea Urbana. Incluem a aceitação pública e a mitigação de impactos percebidos (como ruído e perturbação visual), a imperativa necessidade de equidade, acessibilidade e inclusão para evitar que se torne um serviço de elite, e a gestão da percepção de risco através de comunicação transparente e rigorosa sobre os protocolos de segurança, que são fundamentais para construir a licença social para operar (GARROW; GERMAN; LEONARD, 2021).

3.4 O Cenário Tecnológico que inovará a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)

O fator tecnológico, na análise PESTEL, é a dimensão que abrange o desenvolvimento, a integração e a adoção de tecnologias que condicionam a viabilidade de um setor. No caso da Mobilidade Aérea Urbana UAM, esse fator transcende a mera existência da aeronave eVTOL, configurando-se como o “sistema nervoso central” que torna possíveis operações seguras, eficientes e escaláveis em ambiente urbano denso (COHEN; SHAHEEN; FARRAR, 2021; BAURANOV; RAKAS, 2021). A materialização da UAM depende da maturidade e da confiabilidade de um ecossistema tecnológico que conecta aeronaves, gestão do espaço aéreo e infraestrutura em solo, com impactos diretos sobre o planejamento territorial tridimensional (CAMPAGNA et al., 2025; MAVRAJ et al., 2022). Nesta pesquisa, a análise do eixo tecnológico organiza-se em três eixos articulados: **(i)** Tecnologias de Suporte, **(ii)** Infraestrutura Terrestre e de Energia, e **(iii)** Gêmeos Digitais e Planejamento Tridimensional do Espaço Aéreo, que, em conjunto, explicitam como a base técnica condiciona a inserção da UAM nas cidades. Os pilares descritos para os fatores Tecnológicos são:

- Tecnologias de Suporte;
- Infraestrutura Terrestre e de Energia; e
- Gêmeos Digitais.





3.4.1 *Tecnologias de Suporte (CNS/ATM e conectividade)*

As tecnologias de suporte compreendem comunicações, navegação e vigilância (CNS/ATM) e são responsáveis por manter os eVTOL conectados, localizados e separados com segurança. Combinações de diferentes tecnologias que integram redes 5G/6G, enlaces dedicados, sistemas legados (GNSS, ADS-B, radar secundário) e serviços U-space/UTM são apontadas como essenciais para garantir baixa latência e alta disponibilidade em corredores aéreos urbanos (ARAFAT; PAN, 2024; TOMASZEWSKI; KOŁAKOWSKI, 2023). Do ponto de vista territorial, a implantação dessa malha de conectividade implica planejar a posição de antenas, repetidores e servidões técnicas em coerência com gabaritos de edificações e rotas UAM, sob pena de criar “zonas cegas” incompatíveis com os requisitos de segurança (KABASHKIN et al., 2025).

3.4.2 *Infraestrutura Terrestre e de Energia*

A infraestrutura terrestre e de energia traduz as necessidades dos eVTOL em requisitos concretos para o solo urbano. Vertiportos e pontos de pouso/decolagem demandam áreas compatíveis com superfícies de segurança derivadas de regulamentos como o RBAC nº 155 (FATO, trajetórias de aproximação, zonas de proteção), o que condiciona alturas, afastamentos e usos do solo nas áreas vizinhas (Agência Nacional de Aviação Civil, 2024; MASCIO; SERRONE; MORETTI, 2025). Em paralelo, baterias de alta densidade e perfis de recarga rápida transformam os vertiportos em cargas eletrointensivas, exigindo conexão a alimentadores de média tensão, subestações e, muitas vezes, micro-redes locais para evitar picos na rede de distribuição (FREDERICKS et al., 2018; YANG et al., 2021; QIAO et al., 2023). Assim, a adequação da infraestrutura elétrica passa a ser um filtro locacional tão relevante quanto a demanda de passageiros ou a disponibilidade de área física.

3.4.3 *Gêmeos Digitais (Digital Twins) e o Planejamento Tridimensional do Espaço Aéreo*

Gêmeos digitais urbanos e de vertiportos vêm sendo utilizados para simular, em ambiente virtual, a interação entre rotas UAM, edificações, ruído, vento e rede elétrica, permitindo testar cenários de localização e capacidade antes de qualquer obra (MASCIO; SERRONE; MORETTI, 2025). Ao combinar modelos 3D da cidade com dados de tráfego aéreo e de energia, esses sistemas ajudam a representar o espaço aéreo de





baixa altitude como uma verdadeira “camada de zoneamento”, com volumes de proteção, corredores e zonas de exclusão que precisam ser compatibilizados com o uso do solo (BAURANOV; RAKAS, 2021). Isso fornece ao poder público ferramentas para decidir onde autorizar vertiportos, quais gabaritos são aceitáveis e que contrapartidas urbanísticas são necessárias para mitigar impactos.

3.4.4 *Elementos-Chave Identificados para a Classificação do Fator Tecnológico*

- **Arquiteturas CNS/ATM e conectividade:** a presença de redes 5G/6G, enlaces dedicados e sistemas de vigilância integrados é condição básica para definir corredores de voo seguros em ambiente urbano (ARAFAT; PAN, 2024; TOMASZEWSKI; KOŁAKOWSKI, 2023).
- **Infraestrutura de vertiportos e energia:** dimensões de FATO, zonas de proteção e demanda elétrica de recarga rápida restringem e orientam a localização de vertiportos e rotas, tornando normas como o RBAC nº 155 e a capacidade da rede elétrica fatores decisórios centrais (Agência Nacional de Aviação Civil, 2024; MASCIO; SERRONE; MORETTI, 2025; QIAO et al., 2023).
- **Digital Twins (Gêmeos digitais) e a visão tridimensional do território:** o uso de modelos urbanos 3D e simulações acopladas de tráfego e energia permite tratar o espaço aéreo de baixa altitude como um recurso planejado, e não como um “resíduo”, integrando UAM ao planejamento territorial urbano (BAURANOV; RAKAS, 2021; MASCIO; SERRONE; MORETTI, 2025).





RESUMO

Fatores Tecnológicos: Os fatores tecnológicos para a Mobilidade Aérea Urbana compreendem três componentes principais. As Tecnologias de Suporte envolvem arquiteturas CNS/ATM com redes 5G/6G e sistemas de navegação para operações em corredores urbanos (ADS-B, GNSS e U-space/UTM). A Infraestrutura Terrestre e de Energia abrange vertiportos com superfícies de segurança regulamentadas e demanda por infraestrutura elétrica robusta para recarga rápida. Os Gêmeos Digitais permitem o planejamento tridimensional do espaço aéreo através de modelos 3D que simulam interações com o ambiente urbano, tratando o espaço aéreo como uma camada de zoneamento a ser integrada ao território. Fatores tecnológicos também contemplam medidas de inovação presentes em documentos técnicos que informam parâmetros e diretrizes que influenciam diretamente o início das operações UAM.

3.5 O Cenário Ambiental como Ponto-chave da UAM

O fator ambiental é a dimensão que abrange as condições ecológicas, as pressões regulatórias verdes, a gestão de recursos naturais e o impacto das operações no meio ambiente. Para a UAM, este fator transcende a simples análise das emissões diretas, configurando-se como um elemento crítico de viabilidade e licença social para operar. A promessa de um transporte aéreo menos poluente deve ser comprovada através da gestão proativa de seus impactos ambientais diretos e indiretos, que vão desde o ruído até o ciclo de vida completo da tecnologia, sempre em conformidade com a rigorosa legislação ambiental brasileira. Nesse contexto, este fator é analisado através de quatro pilares principais:

- Impacto ambiental, Emissões e Eficiência Energética;
- Poluição Sonora e Conforto Acústico;
- Uso do Solo e Impacto na Biodiversidade; e
- Conformidade com a Legislação Ambiental.

3.5.1 *Impacto ambiental, Emissões e Eficiência Energética*

A principal proposição de valor ambiental da UAM é a redução das emissões de carbono e poluentes locais em comparação com modais terrestres movidos a combustí-





veis fósseis. No entanto, esse benefício é condicional. A pegada de carbono real dos eVTOLs depende da matriz energética utilizada para recarregar suas baterias. No Brasil, com uma matriz largamente renovável (hídrica, eólica, solar), o potencial de descarbonização é significativo, um forte trunfo ambiental. A eficiência energética do sistema como um todo, abordada no estudo de (LORENZO et al., 2025), deve ser uma métrica central, considerando não apenas o voo, mas toda a cadeia (produção da bateria, geração e transmissão de energia, operação do vertiporto). Tecnologias de simulação e análise em tempo real, como os Digital Twin (DT)s, revisados por (ARSECULARATNE; RODRIGO; CHANG, 2024), representam ferramentas que podem ser aplicadas para modelar e otimizar o consumo energético e as emissões ao longo do ciclo de vida da operação de UAM.

3.5.2 Poluição Sonora e Conforto Acústico

O ruído é potencialmente o mais significativo impacto ambiental local da UAM e uma das maiores barreiras à aceitação pública. Operações frequentes de decolagem e pouso vertical em áreas urbanas densas geram níveis de pressão sonora que podem causar incômodo, perturbação do sono e redução da qualidade de vida. Estudos avançados de modelagem acústica, como o proposto por (YUNUS et al., 2023) que utiliza Propagação de Feixe Gaussiano para prever a "pegada de ruído" considerando a topografia urbana e os efeitos do vento, são ferramentas essenciais para o planejamento. Evidências de políticas ambientais urbanas, como as Zonas de Baixas Emissões estudadas por (TASSINARI, 2024), indicam que intervenções espaciais podem gerar deslocamento de externalidades negativas, como tráfego e poluição sonora. Esta constatação reforça a necessidade de uma abordagem abrangente no planejamento de rotas e corredores aéreos para a UAM. O planejamento de rotas que sobrevoem vias arteriais, a definição de corredores aéreos, restrições operacionais noturnas e o desenvolvimento de tecnologias de propulsão com menores níveis de ruído são medidas que contribuem para a mitigação deste impacto.

3.5.3 Uso do Solo e Impacto na Biodiversidade

A implantação de vertiportos e a definição de corredores aéreos de baixa altitude têm impactos diretos no uso do solo e na biodiversidade. O zoneamento urbano, exigirá que os vertiportos se integrem ao planejamento municipal, evitando a ocupação de áreas de preservação permanente ou de relevante interesse ecológico. Corredores aéreos devem ser planejados para minimizar a sobreposição com rotas de aves migratórias ou sobrevoar unidades de conservação ambientais sensíveis. O licenciamento





ambiental, conduzido pelos órgãos estaduais (como a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) em SP), exigirá Estudos de Impacto Ambiental (Estudo de Impacto Ambiental / Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA)) para analisar e mitigar esses impactos, assegurando a compatibilidade da operação com o meio ambiente urbano e natural.

3.5.4 Conformidade com a Legislação Ambiental

O sucesso da UAM está condicionado à estrita observância do robusto marco legal ambiental brasileiro. Isso envolve a obtenção de licenças ambientais (Licença Prévia, de Instalação e de Operação) para vertiportos, a conformidade com os padrões de emissão sonora estabelecidos pelos órgãos ambientais, e a obediência ao Código Florestal e às leis de proteção de mananciais e da fauna. A conformidade regulatória representa um requisito para a operação sustentável, protegendo o empreendimento de penalidades administrativas. O estudo de caso de Madrid Central por (TASSINARI, 2024) ilustra como a aplicação de normas ambientais, mesmo em contextos de debate político, mostrou-se necessária para alcançar os objetivos de sustentabilidade. No contexto brasileiro, essa conformidade constitui um dos requisitos para a operação da UAM.

Elementos-Chave Identificados para a Classificação do Fator Ambiental:

- **Pegada de Carbono e Fontes de Energia:** A intensidade de carbono real da operação, dependente da fonte de eletricidade para recarga e da eficiência energética de toda a cadeia .
- **Gestão e Mitigação do Ruído:** A implementação de tecnologias silenciosas, o planejamento estratégico de rotas e vertiportos com base em modelagem acústica avançada, e a adoção de limites operacionais rígidos para garantir o conforto acústico das comunidades.
- **Integração ao Planejamento Urbano e Uso do Solo:** A localização de infraestruturas em conformidade com o zoneamento municipal e a minimização de impactos sobre áreas protegidas e biodiversidade, exigindo licenciamento ambiental.
- **Gestão do Ciclo de Vida e Economia Circular:** A consideração dos impactos ambientais desde a extração de matérias-primas até o fim da vida útil dos componentes, com ênfase na reciclagem de baterias e na ecoeficiência.





- **Conformidade Regulatória e Licenciamento:** A capacidade de obter e manter todas as licenças ambientais necessárias, operando dentro dos padrões estabelecidos pela legislação federal, estadual e municipal, incluindo o Código Brasileiro de Aeronáutica (CBA).

RESUMO

Fatores Ambientais: Dizem respeito aos impactos ecológicos, à conformidade com a legislação verde e à gestão de recursos naturais que fundamentam a sustentabilidade da Mobilidade Aérea Urbana. Incluem a análise da pegada de carbono real e da eficiência energética, que dependem da matriz energética nacional, a gestão proativa e mitigação da poluição sonora através de modelagem acústica e planejamento de rotas, a integração da infraestrutura ao planejamento urbano para minimizar impactos no uso do solo e na biodiversidade, e a estrita conformidade com o robusto marco legal ambiental brasileiro, que exige licenciamento e operação dentro de padrões predefinidos.

3.6 O Cenário Legal

O fator legal constitui a estrutura normativa que rege a implantação e operação da UAM, representando o poder e autoridade do sistema jurídico brasileiro. Para a UAM, este fator, configura-se como um elemento determinante de viabilidade regulatória e segurança jurídica. O ecossistema UAM demanda uma compreensão da hierarquia das normas, onde a supremacia de determinados instrumentos legais sobre outros estabelece parâmetros obrigatórios de conformidade que impactam todas as dimensões de projeto.

A hierarquia jurídica brasileira segue uma estrutura piramidal, onde normas superiores vinculam e condicionam a validade das inferiores. Esta relação de supremacia e subordinação é fundamental para compreender quais documentos possuem força normativa vinculante e em que medida podem estabelecer obrigações, restrições e diretrizes para a UAM.

3.6.1 Hierarquia das Normas Jurídicas

O ordenamento jurídico brasileiro organiza-se em níveis definidos de autoridade normativa:





- **Leis Complementares:** Normas que exigem quórum qualificado para aprovação, tratando de matérias específicas previstas expressamente na Constituição.
- **Leis Ordinárias:** Instrumentos normativos de competência do Poder Legislativo, aplicáveis a todas as matérias não reservadas à lei complementar.
- **Decretos e Normas Regulamentares:** Atos do Poder Executivo que detalham e operacionalizam o disposto em leis, sem poder para inovar primordialmente na ordem jurídica.
- **Atos Administrativos/Normativos:** Normas técnicas e procedimentais expedidas por órgãos e agências reguladoras, com escopo específico e subordinação às leis que autorizam sua edição.

3.6.2 Aplicação Prática da Hierarquia na UAM

Na prática, esta hierarquia significa que:

- **Leis Ordinárias** estabelecem o marco legal para a infraestrutura aeronáutica, definindo conceitos, competências e diretrizes gerais que vinculam toda a regulamentação subsequente.
- **Decretos Presidenciais** regulamentam aspectos específicos da execução das leis, detalhando procedimentos e estabelecendo parâmetros operacionais que as agências reguladoras devem observar.
- **Atos Normativos das Agências Reguladoras (ANAC, DECEA)** como RBACs e ICAs possuem caráter técnico-específico, aplicando os princípios e diretrizes das leis e decretos às operações concretas da aviação civil.
- **Documentos de Orientação e Alertas** representam o nível mais operacional, oferecendo interpretações, recomendações e procedimentos detalhados para implementação das normas superiores.

3.6.3 Consequências da Hierarquia para a UAM

A correta compreensão desta hierarquia é essencial porque:

- **Validade Jurídica:** Normas de nível inferior que contrariem disposições de nível superior são inválidas e podem ser anuladas judicialmente.





- **Segurança Jurídica:** Investimentos em infraestrutura UAM devem priorizar a conformidade com normas de maior hierarquia, que possuem maior estabilidade e permanência.
- **Resolução de Conflitos:** Em caso de aparente contradição entre normas, prevalece sempre a de hierarquia superior.
- **Processo Legislativo:** Mudanças em normas de alta hierarquia exigem processos mais complexos e demorados, representando maior risco regulatório.

3.6.4 Elementos-Chave para Classificação do Fator Legal

- **Hierarquia Normativa:** Posição do documento na escala de autoridade jurídica, determinando sua força vinculante e relação de supremacia/subordinação com outras normas.
- **Competência Regulatória:** Legitimidade do órgão emissor para editar a norma, conforme atribuições definidas na Constituição e leis.
- **Abrangência Temática:** Alcance substantivo da norma sobre os diversos aspectos da UAM (infraestrutura, operações, segurança, meio ambiente).
- **Vinculação Jurídica:** Grau de obrigatoriedade das disposições, variando entre normas mandatórias, orientativas ou recomendatórias.
- **Estabilidade Normativa:** Perspectiva de permanência e resistência a alterações, influenciada pela posição hierárquica e complexidade do processo de mudança.

RESUMO

Fatores Legais: Abordam estrutura hierárquica do ordenamento jurídico que rege a Mobilidade Aérea Urbana, organizada em cinco níveis de autoridade normativa. O nível mais elevado compreende as Leis Complementares, seguido pelas Leis Ordinárias, Decretos e Normas Regulamentares, Atos Administrativos/Normativos e Projetos de Lei em tramitação. Esta hierarquia determina a validade, supremacia e força vinculante das normas, sendo fundamental para segurança jurídica, conformidade regulatória e planejamento estratégico.





4 Estrutura Legislativa Brasileira

A elaboração normativa no Brasil é regulada pela Lei Complementar (LC) (BRASIL, 1998), que define diretrizes para a redação, alteração e consolidação das leis, conforme previsto na Constituição Federal. Esse dispositivo normativo busca assegurar coerência, clareza e uniformidade na formulação das normas jurídicas, aplicando-se tanto às leis formais quanto a regulamentos específicos, como o RBAC e a ICA. Em síntese, a norma estabelece um conjunto de parâmetros técnicos que estruturam o processo legislativo e sua expressão textual.

4.1 Estrutura Básica das Leis

De acordo com o art. 3º da LC (BRASIL, 1998), a estrutura de uma lei é composta por três partes principais. Em primeiro lugar, a **Parte Preliminar** abrange a epígrafe, ementa, preâmbulo, enunciado do objeto e indicação do âmbito de aplicação. A ementa deve descrever de forma sucinta o conteúdo da norma (art. 5º), enquanto o preâmbulo identifica o órgão competente e o fundamento legal (art. 6º). Em seguida, a **Parte Normativa** contém as disposições substantivas, organizadas em artigos, parágrafos, incisos, alíneas e itens (art. 10), estabelecendo o conteúdo jurídico efetivo da lei. Por fim, a **Parte Final** reúne dispositivos relativos à execução da norma, às disposições transitórias e às cláusulas de vigência e revogação, quando aplicáveis (art. 8º e 9º). Essa estrutura busca assegurar coerência interna e previsibilidade na leitura e aplicação da lei.

4.1.1 Princípios Fundamentais da Redação Legislativa

O art. 11 da LC (BRASIL, 1998) define princípios destinados à padronização e à clareza da linguagem normativa. Inicialmente, o princípio da **Clareza** orienta o uso de termos em seu sentido comum, frases objetivas, ordem direta e pontuação equilibrada. Em seguida, o princípio da **Precisão** exige a formulação cuidadosa das ideias para garantir compreensão integral, evitando ambiguidades e variações terminológicas desnecessárias. Por fim, o princípio da **Ordem Lógica** recomenda a organização das disposições conforme afinidade temática, limitando cada artigo a um único assunto e utilizando parágrafos, incisos e alíneas para detalhamento. Esses princípios





funcionam como parâmetros técnicos para a construção de textos normativos consistentes e compreensíveis.

4.1.2 *Sistema de Numeração e Hierarquia*

O art. 10 da LC (BRASIL, 1998) disciplina a forma de articulação e numeração dos dispositivos legais. A **unidade básica** é o artigo, numerado em ordinais até o nono e, a partir do décimo, em cardinais. Os **parágrafos** são indicados pelo símbolo “§” seguido de número; os **incisos** utilizam algarismos romanos (I, II, III...); as **alíneas** empregam letras minúsculas (a, b, c...); e os **itens** são numerados com algarismos arábicos (1, 2, 3...). Essa hierarquia textual permite organizar o conteúdo de maneira sistemática, podendo ser complementada por subdivisões como Subseções, Seções, Capítulos, Títulos, Livros e Partes. Dessa forma, o sistema garante padronização e facilita a referência normativa.

4.1.3 *Vigência e Revogação*

A determinação do período de aplicação de uma norma é tratada no art. 8º da LC (BRASIL, 1998). A **vigência** deve ser fixada de modo explícito, prevendo prazo suficiente para ampla divulgação, sendo reservado o uso da cláusula “entra em vigor na data de sua publicação” a normas de alcance restrito. Quanto à **revogação**, o art. 9º determina que as leis ou dispositivos revogados sejam identificados expressamente, vedando-se o reaproveitamento da numeração correspondente. Assim, a gestão adequada da vigência e revogação assegura continuidade normativa e evita sobreposições entre diplomas legais.

4.1.4 *Alteração de Leis*

O art. 12 da LC (BRASIL, 1998) dispõe sobre os métodos de modificação das normas existentes. A reprodução integral é empregada quando há alterações substanciais no texto. A substituição textual se aplica a modificações pontuais, devendo constar a indicação de nova redação (Norma Regulamentadora (NR)). Já o acréscimo permite inserir dispositivos intermediários com o uso de letras maiúsculas, como em “Art. 10-A”. É proibida a renumeração de dispositivos ou o reaproveitamento de números revogados, medida que preserva a rastreabilidade e integridade da estrutura normativa.





4.1.5 *Consolidação Legislativa*

A consolidação legislativa, prevista no art. 13 da LC (BRASIL, 1998), consiste em reunir em um único diploma todas as leis relativas a uma matéria, revogando-se as anteriores incorporadas. Esse processo permite uniformizar o tratamento de determinado tema sem alterar o conteúdo jurídico de suas disposições. Podem ser incluídas atualizações terminológicas, adequações de nomes de órgãos ou valores e correções de ambiguidades, desde que o significado normativo original seja preservado. O objetivo é simplificar o acesso e o entendimento do ordenamento aplicável.

4.1.6 *Aplicação a Regulamentos Setoriais*

Os parâmetros técnicos da LC (BRASIL, 1998) estendem-se também aos regulamentos de natureza setorial, como o RBAC e a ICA. Esses documentos seguem lógica semelhante, com definições precisas, estrutura hierarquizada e linguagem padronizada. Utilizam-se verbos específicos, como “deve” para expressar obrigatoriedade e “pode” para indicar permissão, além de unidades de medida uniformizadas. Essa correspondência entre leis e regulamentos contribui para consistência terminológica e coerência institucional entre diferentes níveis normativos.





Resumo: Estrutura Legislativa Brasileira

- Estabelece diretrizes para redação, alteração e consolidação de leis no Brasil
- Define estrutura tripartite: Parte Preliminar (epígrafe, ementa, preâmbulo), Parte Normativa (artigos, parágrafos, incisos, alíneas) e Parte Final (vigência, revogação)
- Estabelece princípios fundamentais: clareza (termos comuns, ordem direta), precisão (evitar ambiguidades) e ordem lógica (organização temática)
- Determina sistema hierárquico de numeração: artigos (ordinais até 9º, cardinais após), parágrafos (§), incisos (romanos), alíneas (letras) e itens (arábicos)
- Regula alterações por reprodução integral, substituição textual (NR) ou acréscimo (Art. 10-A), vedando renumeração
- Permite consolidação legislativa para reunir normas sobre mesma matéria sem alterar conteúdo jurídico
- Aplica-se também a regulamentos setoriais como RBAC e ICA

4.2 Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil (RBAC)

Os RBACs constituem normas técnicas publicadas pela ANAC, destinadas a definir regras, procedimentos e padrões aplicáveis às atividades da aviação civil no Brasil. Seu propósito principal é converter as diretrizes gerais da legislação aeronáutica em normas operacionais precisas, assegurando que o sistema nacional de aviação esteja em conformidade com os padrões internacionais estabelecidos pela Organização da Aviação Civil Internacional (OACI). Em termos práticos, os RBAC representam o conjunto de instruções que orientam a execução cotidiana das políticas e leis voltadas ao setor aéreo.

O RBAC ((ANAC), 2008) serve como referência estrutural para os demais regulamentos, apresentando definições, regras de redação, abreviaturas, símbolos e unidades de medida utilizados pela ANAC. A Emenda nº 18 incorpora as atualizações mais recentes, garantindo uniformidade terminológica e compatibilidade entre as diferentes normas emitidas pela Agência.





4.2.1 Estrutura e Aplicação

Cada RBAC possui organização sistemática semelhante à de uma lei ordinária. O regulamento é identificado por um número sequencial e trata de um tema específico, como certificação de aeronaves, licenciamento de pessoal, manutenção, operações de voo ou segurança. Essa segmentação permite que cada área da aviação opere com normas técnicas próprias, mantendo, entretanto, coerência dentro de um mesmo conjunto normativo.

Os documentos seguem formato padronizado, composto por seções e parágrafos que incluem definições, requisitos, exceções e procedimentos. A linguagem empregada diferencia termos de obrigatoriedade, como “deve”, de expressões de permissão ou recomendação, como “pode”, seguindo o modelo internacional de redação regulatória adotado pela OACI. Essa estrutura contribui para a clareza e previsibilidade das obrigações descritas.

4.2.2 Definições e Conceitos Fundamentais

O sistema regulatório da ANAC adota um conjunto padronizado de definições aplicáveis a todos os regulamentos. O termo **aeronave** corresponde a qualquer dispositivo empregado, ou projetado para ser empregado, em voo atmosférico. A expressão **aeródromo** designa a área destinada a pouso, decolagem e movimentação de aeronaves, enquanto **aeroporto** refere-se ao aeródromo público com infraestrutura adequada para o transporte de passageiros e cargas. Essa distinção favorece a precisão técnica e a aplicação uniforme dos regulamentos.

No âmbito operacional, diferencia-se entre **operações regulares**, que possuem horários e destinos definidos, e **operações não regulares**, realizadas sob demanda ou de forma eventual. Essa categorização permite estabelecer critérios distintos de certificação e fiscalização, ajustando as exigências conforme o tipo de operação. Em complemento, o termo **aeronave civil** designa as que não pertencem às Forças Armadas, e o **aeródromo civil** identifica os locais destinados à aviação civil. Já os aeródromos de **uso público** estão abertos à prestação de serviços a terceiros, enquanto os de **uso privativo** são restritos a operações do próprio operador.





4.2.3 Unidades, Símbolos

As unidades de medida e os símbolos técnicos utilizados em instrumentos e documentos seguem o padrão da norma **NBR 7234**, emitida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Essa padronização busca manter compatibilidade com as práticas internacionais, favorecendo a interoperabilidade entre sistemas e documentos técnicos.

4.2.4 Certificação e Especificações de Operadores (CEF RBAC)

O **Certificado e Especificações de Operador (Compêndio de Elementos de Fiscalização (CEF) RBAC)** representa o documento emitido pela ANAC que formaliza a autorização para que um operador execute atividades de aviação civil conforme os parâmetros definidos nos RBAC. O CEF contém informações sobre as operações permitidas, o tipo de aeronave, os locais de operação e as limitações aplicáveis, funcionando como instrumento de controle e rastreabilidade regulatória. Sua emissão depende do cumprimento dos requisitos técnicos, de segurança e de capacidade operacional previstos no regulamento correspondente. Dessa forma, o CEF assegura que as atividades aéreas sejam conduzidas em conformidade com os padrões estabelecidos pela autoridade aeronáutica, promovendo coerência entre a regulamentação e a prática operacional.

4.2.5 Disposições Complementares

Alguns regulamentos mantêm referências a normas anteriores, conhecidas como Regulamentos Brasileiros de Homologação Aeronáutica (RBHA), que permanecem válidas até serem substituídas por versões atualizadas do RBAC. Esse procedimento evita descontinuidade normativa durante o processo de revisão, permitindo que o sistema regulatório permaneça funcional mesmo em períodos de transição. Assim, garante-se a continuidade jurídica e técnica das disposições aplicáveis.





Resumo: Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil (RBAC)

- Normas técnicas da ANAC que convertem legislação aeronáutica em padrões operacionais conforme OACI
- RBAC nº 01 (Emenda 18) serve como referência estrutural com definições, abreviaturas e unidades padronizadas
- Organização sistemática por número sequencial e tema específico (certificação, licenciamento, manutenção, operações)
- Definições fundamentais
- Incorpora conceitos técnicos
- Unidades e símbolos seguem NBR 7234 (ABNT) para compatibilidade internacional
- Mantém referências a RBHA anteriores durante transição normativa
- CEF formaliza a autorização para que um operador execute atividades de aviação civil conforme os parâmetros definidos nos RBAC

4.3 Instruções do Comando da Aeronáutica (ICA)

As **Instruções do Comando da Aeronáutica (ICA)** são normas técnicas e administrativas emitidas pelo COMAER com o objetivo de padronizar procedimentos, regulamentar atividades e garantir a uniformidade de atuação em todo o Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB).

Essas instruções têm caráter normativo interno, ou seja, orientam o funcionamento de unidades, órgãos e serviços ligados ao DECEA, mas seus efeitos também influenciam operadores civis, empresas aéreas e entidades parceiras que utilizam ou interagem com a infraestrutura do espaço aéreo nacional.

A análise das ICAs em vigor permite identificar as principais áreas de atuação normativa do COMAER, que abrangem desde a regulação das regras de voo até o gerenciamento de aspectos técnicos, humanos e digitais. Esse conjunto de instruções constitui a base administrativa e operacional do sistema de controle do espaço aéreo.





4.3.1 ICAs da Série 100-xx: Tráfego Aéreo (ATM) e Regras de Voo

A série 100-xx reúne normas voltadas ao tráfego aéreo e à estruturação das operações de voo. Essa abordagem estabelece parâmetros técnicos consistentes para a gestão do fluxo aéreo.

4.3.2 ICAs de Suporte Operacional (AIS, CNS e MET)

As séries 50, 60 e 105 abrangem o suporte técnico-operacional, assegurando a qualidade dos serviços de informação aeronáutica (Serviço de Informação Aeronáutica (AIS)), comunicação, navegação e vigilância (Comunicações, Navegação e Vigilância (CNS)), e meteorologia (Meteorologia (MET)). Essa segmentação permite tratar separadamente as funções que sustentam a operação aérea.

4.3.3 ICAs de Pessoal e Fatores Humanos (Fadiga, Saúde e Proficiência)

As instruções que tratam de pessoal e fatores humanos compõem parte relevante da regulação operacional do COMAER.

4.3.4 ICAs de Governança, Qualidade e Segurança da Informação

Os documentos das séries 07, 12 e 800 abordam a gestão institucional e a proteção das informações no SISCEAB. Essas normas tratam da padronização dos processos internos e da preservação dos dados operacionais.

4.3.5 Implicações Operacionais e Dinâmica Regulatória

A observação das ICAs ativas evidencia as áreas de maior investimento regulatório e a relação entre normas técnicas e mudanças estratégicas. Essa análise auxilia na compreensão da distribuição das responsabilidades e no planejamento da atualização normativa.

A Tabela 4.1 apresenta a organização das séries por área de aplicação, destacando o predomínio das normas voltadas ao tráfego aéreo (Série 100) e à infraestrutura e pessoal (Séries 60/63/66). Esse panorama reflete o equilíbrio entre controle operacional e sustentação técnica.





Série Numérica (ICA xx-yy)	Área de Aplicação	Foco Operacional e Exemplos	Relevância Estratégica
ICA 100-xx	Tráfego Aéreo (Gerenciamento de Tráfego Aéreo (ATM)) e Regras de Voo	Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada (RPAS), Plano de Voo, Habilitação de Certificado de Habilitação Técnica para Controlador de Tráfego Aéreo (ATCO)/Serviço de Gerenciamento de Fluxo de Tráfego Aéreo (AFTM), Regulamentação Regras de Voo por Instrumentos (IFR)/Regras de Voo Visual (VFR).	Diretrizes operacionais e integração tecnológica.
ICA 60/63/66-xx	Infraestrutura (CNS), Pessoal e Logística	Fadiga, Estação Prestadora de Serviços de Telecomunicações e de Tráfego Aéreo (EPTA), Energia, Inoperâncias.	Gestão técnica e fatores humanos.
ICA 53-xx / 105-xx	AIS e Meteorologia (MET)	Informação Aeronáutica, Estações MET, Profissionais.	Confiabilidade dos dados de navegação.
ICA 07-xx	Tecnologia da Informação	Cibersegurança, Criptografia, Controle de Acesso.	Proteção da infraestrutura digital.
Outras Séries (05, 11, 12, 37, 57, 164, 205, 800)	Governança e Suporte	Normatização, Saúde, Finanças, Defesa Orgânica.	Gestão institucional e administrativa.

Tabela 4.1: Classificação das Séries Numéricas ICA por Área e Relevância Estratégica

4.3.6 O Papel da ICA na Modernização e Adaptação Estrutural

As ICAs funcionam como instrumentos de adaptação regulatória, viabilizando a implementação de novas práticas e projetos técnicos. Mudanças estruturais, como a revisão de rotas fixas nas Regiões de Informação de Voo (FIR)s de Brasília e Recife (Projeto Eficiência), são comunicadas por Circular de Informação Aeronáutica (AIC)s, mas têm suas bases legais nas ICAs correspondentes. Essa estrutura garante





que as alterações sejam formalmente documentadas e compatíveis com o sistema de controle do espaço aéreo.

Resumo: Instruções do Comando da Aeronáutica (ICA)

- Normas técnicas e administrativas do COMAER para padronização do SIS-CEAB com caráter normativo interno
- Instrumento de adaptação regulatória para implementação de novas tecnologias e práticas operacionais
- Requer monitoramento contínuo devido a revisões frequentes e integração com normas correlatas

4.4 Hierarquia das Leis no Sistema Jurídico Brasileiro

A compreensão da hierarquia normativa é fundamental para o estudo e aplicação da legislação em saúde e segurança do trabalho. Segundo (FARIAS, 2011), a organização hierárquica das leis estabelece uma estrutura piramidal onde cada norma inferior deve subordinar-se às normas superiores, tendo seu fundamento de validade nas disposições constitucionais.

Para o direito brasileiro, a hierarquia de uma norma representa a subordinação desta a uma fonte geradora superior (FARIAS, 2011). Conforme estabelecido pela Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 (BRASIL, 1988), todas as leis são hierarquicamente inferiores à Carta Magna, encontrando nela seu fundamento de validade.

Um princípio fundamental do sistema jurídico brasileiro determina que nenhuma lei ou ato administrativo, independentemente de sua origem (municipal, estadual ou federal), pode contrariar as disposições constitucionais. Qualquer norma que contrarie a Constituição Federal será considerada inconstitucional e, portanto, nula desde seu nascimento, sem qualquer efeito no ordenamento jurídico (FARIAS, 2011).

O sistema jurídico brasileiro organiza-se em uma estrutura hierárquica bem definida, conforme ilustrado na Figura 4.1:





Figura 4.1: Pirâmide hierárquica do sistema normativo brasileiro. Adaptado de (FARIAS, 2011).





5 Legislação Vigente Relacionada à UAM

A regulação das operações de aeródromos e sistemas de mobilidade aérea urbana baseia-se em um conjunto normativo que estabelece parâmetros técnicos, administrativos e ambientais. Este capítulo tem como propósito apresentar uma análise integrada das principais leis, decretos, regulamentos e atos normativos aplicáveis ao contexto brasileiro. O escopo da análise inclui a legislação federal, os regulamentos aeronáuticos, as normas emitidas pela ANAC, como os RBAC e as diretrizes relacionadas à mobilidade urbana, telecomunicações e licenciamento ambiental. A partir desses instrumentos, busca-se compreender como o sistema jurídico nacional estrutura as condições para o desenvolvimento e a operação da mobilidade aérea em ambiente urbano.

Ao final do quadro-resumo de cada documento legal, será apresentada uma nuvem de palavras que sintetiza os termos mais recorrentes no texto. A identificação e a visualização desses termos foram realizadas por meio da técnica de nuvens de palavras (*word clouds*), conforme metodologia descrita por (FILHO, 2021). Essa técnica permite representar graficamente a frequência de ocorrência dos termos em um corpus textual, de modo que o tamanho de cada palavra corresponde à sua relevância estatística no conjunto analisado. Essa visualização auxilia na compreensão dos principais temas e conceitos abordados em cada instrumento jurídico, servindo como complemento à análise textual.

O processo de construção das nuvens de palavras foi estruturado em etapas sequenciais, representadas no fluxograma a seguir. Cada fase corresponde a uma atividade específica, desde a obtenção dos textos legislativos até a geração final da imagem e da tabela de frequências. Essa organização visa assegurar consistência metodológica e transparência na análise dos dados utilizados.



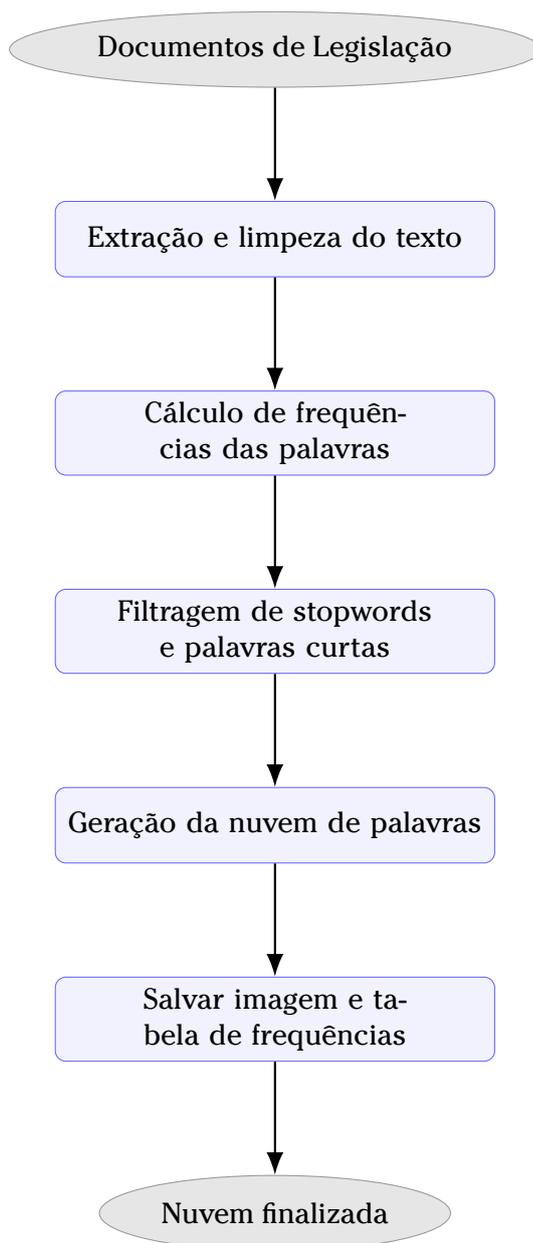


Figura 5.1: Fluxograma do processo de criação de nuvens de palavras

A aplicação dessa abordagem automatizada possibilitou examinar o conjunto de documentos de forma sistemática e uniforme. O procedimento favoreceu a identificação de padrões terminológicos e a observação dos conceitos mais recorrentes em cada norma analisada. Como resultado, a visualização obtida contribuiu para a interpretação dos textos legais sob uma perspectiva quantitativa e descritiva, permitindo uma compreensão mais abrangente do vocabulário técnico e temático presente no corpus legislativo estudado.





5.1.2 *Recomendações*

O Alerta propõe uma abordagem inicial para a infraestrutura de eVTOL baseada nas normativas existentes para helicópteros. Dada a semelhança operacional, recomenda-se que as instalações para eVTOL observem, com as devidas adaptações, os requisitos do RBAC nº 155 – Helipontos, particularmente quanto às características físicas e aos auxílios visuais. Para o dimensionamento de componentes como FATO, TLOF e Área de Segurança, o parâmetro "D" é definido como o diâmetro do menor círculo que envolve a projeção horizontal da aeronave (em configuração de pouso/decolagem, com rotores ativos, se for o caso), estabelecendo assim um critério técnico preliminar.

As características de propulsão elétrica ou híbrida das aeronaves eVTOL introduzem considerações específicas para a operação do vertiporto. O operador deve analisar os procedimentos de gerenciamento de baterias (carregamento ou troca), armazenamento de componentes e os protocolos de resposta à emergência associados a sistemas elétricos. O planejamento de emergência deve prever uma área designada para o manuseio de baterias, distanciada da Área de Aproximação Final e Decolagem (FATO) Área de Toque Inicial e Elevação (TLOF) e Área de Segurança, além de sistemas de combate a incêndio compatíveis com riscos elétricos. Adicionalmente, o pessoal envolvido nessas operações deve ser instruído sobre os procedimentos de manipulação, uso de equipamentos de emergência e contato com serviços de apoio externos.

5.1.3 *Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)*

O Alerta define as diretrizes preliminares da ANAC para a infraestrutura terrestre de suporte às operações de eVTOL, componentes do sistema de UAM. O documento utiliza a aplicação adaptada do RBAC nº 155 e a definição do parâmetro "D" (para FATO, TLOF e Área de Segurança) como referências técnicas para o planejamento de vertiportos urbanos. Além disso, as orientações sobre gerenciamento de baterias, planejamento de emergência e combate a incêndio tratam das características específicas dos sistemas de propulsão elétrica. Tais disposições relacionam-se à integração dessa modalidade de transporte no ambiente urbano.





Resumo: Alerta aos Operadores de Aeródromos nº 001/2023

Resumo do Conteúdo:

- **Base Regulatória Inicial:** Recomenda que a infraestrutura para eVTOL siga, com adaptações, os requisitos do RBAC nº 155 (Helipontos).
- **Dimensionamento de Áreas:** Orienta o uso do parâmetro "D" (diâmetro do eVTOL) para definir as dimensões de componentes como FATO, TLOF e Área de Segurança.
- **Foco em Propulsão Elétrica:** O planejamento de emergência deve prever uma área designada para o manuseio de baterias, distanciada da FATO, TLOF e Área de Segurança.
- **Contexto:** Fornece diretrizes iniciais para o planejamento de vertiportos no âmbito da UAM, utilizando o *Sandbox Regulatório* para desenvolver futuras normas.

5.1.4 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – Alerta aos Operadores de Aeródromos nº 001/2023 (ANAC)

Tabela 5.1: Avaliação PESTEL do documento analisado

Fator	Pontuação (1–5)	Justificativa
Político	4/5	Demonstra proatividade regulatória através do <i>Sandbox Regulatório</i> da ANAC para desenvolver normas futuras, estabelecendo diretrizes governamentais preliminares para o ecossistema da UAM.
Econômico	2/5	Impacto indireto ao criar base estrutural para viabilizar operações, sem menção a modelos de negócio, financiamento, custos operacionais ou impacto econômico direto.
Social	1/5	Ausência de referência a aceitação pública, equidade, acessibilidade ou gestão de percepção de risco social. Foco exclusivo em aspectos técnicos operacionais.





5.2.1 *Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)*

O Sandbox Regulatório estabelecido por esta Resolução conecta-se com a UAM ao prever autorizações temporárias para projetos que envolvam novas tecnologias, processos ou aplicações diferenciadas de tecnologias existentes. Esses projetos podem abranger soluções direcionadas à mobilidade aérea urbana, conforme definido como "projeto inovador" no Artigo 3º, III. As finalidades do Sandbox, listadas no Artigo 4º, incluem o incentivo à inovação na aviação civil, o desenvolvimento de novos produtos e serviços, a modernização do ambiente de negócios e a manutenção ou o aprimoramento dos padrões de segurança operacional. Dessa forma, cria-se um ambiente adequado para testes e implementação de iniciativas de UAM em caráter experimental, permitindo que a ANAC analise e ajuste o marco regulatório para incorporar tais inovações de modo seguro e ordenado.

Resumo: Resolução ANAC 775/2025

- Institui o Ambiente Regulatório Experimental (Sandbox Regulatório)
- Estabelece condições diferenciadas ao marco regulatório vigente
- Permite autorização temporária para projetos inovadores na aviação civil
- Define critérios mediante Termo Específico de Admissão
- Objetiva incentivar inovação e modernização do setor
- Relaciona-se com a UAM ao autorizar projetos com novas tecnologias
- Cria ambiente para testes experimentais de mobilidade aérea urbana

5.2.2 *Pontuação PESTEL*

Análise PESTEL – Resolução ANAC 775/2025





Tabela 5.2: Avaliação PESTEL da Resolução ANAC 775/2025

Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Político	5/5	Impacto direto e abrangente ao instituir mecanismo inovador de governança regulatória (Sandbox), demonstrando proatividade da ANAC na formulação de políticas públicas para fomentar inovação na aviação civil.
Econômico	4/5	Impacto relevante ao criar ambiente para desenvolvimento de novos produtos e serviços, modernização do ambiente de negócios e viabilização de modelos de negócio inovadores, embora sem menção específica a incentivos fiscais ou financiamento.
Social	3/5	Impacto moderado ao prever testes de tecnologias que podem melhorar a mobilidade urbana, porém sem referência explícita a aceitação pública, equidade ou inclusão social.
Tecnológico	5/5	Impacto direto e abrangente ao autorizar temporariamente projetos com novas tecnologias, processos ou aplicações diferenciadas de tecnologias existentes, criando base legal para testes de sistemas avançados de UAM.
Ambiental	2/5	Impacto pontual, pois a resolução foca em inovação tecnológica sem mencionar critérios ambientais específicos, avaliação de pegada de carbono ou mitigação de impactos ecológicos.

5.3 PCA 351-7 - Concepção Operacional UAM Nacional

O Plano do Comando da Aeronáutica (PCA) 351-7 define a Conceito de Operações (ConOps) para a Mobilidade Aérea Urbana (UAM) no Brasil. De acordo com o Artigo 1º, sua finalidade é determinar as características de aplicação das operações aéreas, abrangendo novos serviços e regras para a UAM. Esta base servirá para projetos de implementação futuros em espaços aéreos sob jurisdição nacional (Capítulo I, Seção I, Artigos 1º e 2º). A ConOps é caracterizada como um documento evolutivo, sujeito





terrestre ao oferecer uma alternativa de deslocamento (Capítulo II, Seção I, Artigo 18, inciso I e III; Seção II, Artigo 19, inciso III). A UAM é, assim, apresentada como uma opção de mobilidade com possíveis impactos positivos.

A implementação do conceito UAM requer ações estruturais. O Artigo 18 indica a necessidade de reestruturação do espaço aéreo nas áreas de aplicação. Adicionalmente, são previstos avanços tecnológicos e normativos progressivos (Capítulo II, Seção I, Artigo 18, inciso V).

A integração de diferentes tipos de operação é abordada no Artigo 18. O texto aponta que essa integração dependerá de um arcabouço normativo adequado. Também é mencionada a necessidade de uma infraestrutura com níveis de confiabilidade definidos (Capítulo II, Seção I, Artigo 18, inciso VII).

5.3.3 Capítulo III – Concepção Operacional UAM

A ConOps propõe o compartilhamento do espaço aéreo como abordagem para áreas congestionadas. Esta abordagem permite a utilização por diferentes tipos de aeronaves, condicionada ao atendimento de requisitos de performance e capacidade. O documento menciona que a criação de corredores exclusivos pode apresentar menor eficiência (Capítulo III, Seção III, Artigos 51, 52 e 79). O compartilhamento é, portanto, o modelo preferencial em detrimento da segregação por corredores.

A concepção prevê a definição de volumes de espaço aéreo específicos para a UAM. O acesso a esses volumes será condicionado ao cumprimento de requisitos de capacidade e performance. Esses critérios serão previamente estabelecidos para regular a entrada nessas áreas (Capítulo III, Seção III, Artigos 79 e 81; Seção V, Artigo 97).

5.3.4 Capítulo IV – Sistemas e Serviços Críticos

O serviço de cartografia é identificado como um componente para as operações UAM. Ele deverá fornecer dados de terreno, relevo e obstáculos (Objetos Projetados no Espaço Aéreo (OPEA)) com a precisão requerida para a navegação em baixas altitudes. Está prevista a elaboração de novos modelos de cartas aeronáuticas específicas para este ambiente (Capítulo IV, Seção VI, Artigos 254, 255, 256 e 264, incisos I e II). O serviço de cartografia, portanto, suporta os requisitos de navegação do sistema.

O serviço de avaliação de obstáculos tem a finalidade de identificar OPEA nas proximidades dos vertiportos. Esta verificação é realizada através do Plano de Zona de





Proteção de Vertiporto (PZPV), que delimita um perímetro para o monitoramento do crescimento urbano. O PZPV também é usado para analisar o impacto de novos empreendimentos nas operações (Capítulo IV, Seção VIII, Artigos 274, 275, 276, 278 e 279). O plano funciona, assim, como um instrumento de controle de obstáculos.

O documento atribui responsabilidades aos administradores e operadores de vertiportos. Compete a eles o monitoramento das áreas do PZPV e a análise de novos empreendimentos. É prevista a possibilidade de coordenação com as administrações municipais para definir processos de aprovação (Capítulo IV, Seção VIII, Artigos 280, incisos II e III, e 281). A gestão do PZPV recai, portanto, sobre a administração do vertiporto, podendo envolver o poder público local.

A CONOPS aborda a elaboração de procedimentos de navegação aérea para o ambiente UAM. O desenvolvimento desses procedimentos considerará a conexão entre vertiportos, podendo utilizar uma estrutura em formato de grid (matricial). Serão definidas áreas de interesse, transição e acesso (Capítulo IV, Seção IX, Artigos 299, 303, 304, 305 e 307). O objetivo dessa estrutura é organizar os fluxos operacionais no espaço aéreo designado.

5.3.5 Capítulo V – Evolução em Níveis das Operações UAM

O desenvolvimento da UAM está estruturado em níveis de maturidade (UML). O nível UML-2 descreve as operações iniciais. Estas devem ocorrer em um número restrito de localidades que apresentem um ambiente propício e contem com o apoio de órgãos governamentais locais (Capítulo V, Seção II, Artigo 330). O UML-2 representa, portanto, a fase de implementação controlada e localizada.

O nível UML-3 introduz a possibilidade de maior integração urbana dos vertiportos. Neste nível, prevê-se a capacidade de implantar infraestruturas próximas ou dentro de centros populacionais. Esta etapa é condicionada à demonstração de desempenho, segurança e características de ruído em níveis aceitáveis para a comunidade (Capítulo V, Seção II, Artigo 345). O UML-3, portanto, depende da validação de critérios operacionais e de impacto social.

O UML-4 descreve um estado de maturidade operacional da UAM. Neste nível, a UAM é prevista como uma modalidade de transporte regular em diversas áreas metropolitanas. Considera-se viável a localização de vertiportos de alta capacidade em áreas densamente povoadas (Capítulo V, Seção II, Artigo 365, inciso II). A implementação em tais áreas permanece condicionada à manutenção da segurança das comunidades vizinhas e à observância de níveis de ruído aceitáveis (Capítulo V, Seção II, Artigo





365, inciso III).

5.3.6 *Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)*

Este documento se relaciona integralmente com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM), uma vez que constitui a Concepção Operacional nacional específica para este conceito. O plano estabelece as diretrizes, requisitos e a visão estratégica para a integração segura e escalável das operações de aeronaves eVTOL no espaço aéreo brasileiro, com foco no transporte de passageiros e cargas em ambientes urbanos e suburbanos. Ele aborda desde a estruturação do espaço aéreo e a definição de serviços críticos até a evolução por níveis de maturidade, sempre com o objetivo de viabilizar a UAM como uma nova opção de transporte aéreo, conforme explicitado em seu Artigo 1º e ao longo de todo o seu texto.

Resumo: PCA 351-7 - Concepção Operacional UAM Nacional

Resumo do Conteúdo:

- **Propósito:** Estabelecer a Concepção Operacional (CONOPS) nacional para a Mobilidade Aérea Urbana (UAM), sendo um documento evolutivo para orientar a implementação futura.
- **Abordagem do Espaço Aéreo:** Prioriza o compartilhamento do espaço aéreo (com requisitos) em detrimento de corredores exclusivos, considerado mais eficiente.
- **Integração de Aeronaves:** Foco na integração segura de novas aeronaves, como eVTOLs, ao espaço aéreo existente.
- **Serviços Críticos:** Criação do Plano Zona de Proteção do Voo (PZPV) para controle de obstáculos em vertiportos.
- **Evolução por Níveis (UML):** Implementação em fases:
 - **UML-2:** Operações iniciais e restritas.
 - **UML-3:** Expansão urbana condicionada a desempenho e ruído.
 - **UML-4:** Transporte regular em diversas metrópoles.

5.3.7 *Pontuação PESTEL*

Análise PESTEL – PCA 351-7 - Concepção Operacional UAM Nacional





Tabela 5.3: Avaliação PESTEL do documento PCA 351-7 - Concepção Operacional UAM Nacional

Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Político	4/5	O documento estabelece a concepção operacional nacional, envolvendo múltiplas organizações do SISCEAB e prevendo coordenação com administrações municipais, demonstrando forte envolvimento governamental e estruturação federativa.
Econômico	3/5	Identifica benefícios econômicos como mitigação da saturação do transporte terrestre e geração de resultados econômicos, mas não detalha modelos de negócio, financiamento ou impactos macroeconômicos específicos.
Social	4/5	Aborda explicitamente a aceitação comunitária através da gestão de ruído, segurança das comunidades vizinhas e integração como modalidade de transporte, fatores críticos para a licença social para operar.
Tecnológico	5/5	Define requisitos técnicos abrangentes: serviços de cartografia com precisão para navegação em baixas altitudes, procedimentos de navegação baseados em grid, controle de obstáculos via PZPV e integração de eVTOLs no espaço aéreo.
Ambiental	3/5	Menciona mitigação de impactos através de gestão de ruído e critérios ambientais para localização de vertiportos, porém não aborda pegada de carbono, eficiência energética ou conformidade com marco legal ambiental específico.





Esta disposição viabiliza o planejamento territorial ao permitir a criação de corredores aéreos e zonas de exclusão para voos, contribuindo para a segurança e organização do espaço aéreo urbano.

5.4.3 *Artigo 16*

Direito de sobrevoo e suas limitações. Ele estabelece que o direito de propriedade na superfície não pode opor-se ao sobrevoo conforme as normas vigentes. Este artigo permite o estabelecimento de rotas sobre áreas urbanas, ao mesmo tempo que endereça a responsabilidade por danos e a regulação de operações específicas.

5.4.4 *Artigo 27*

Define aeródromo como toda área destinada a pouso, decolagem e movimentação de aeronaves. Este conceito serve como referência para o planejamento da infraestrutura.

5.4.5 *Artigo 30*

Dispõe que nenhum aeródromo civil poderá ser utilizado sem estar devidamente cadastrado. § 1º Os aeródromos públicos e privados serão abertos ao tráfego através de processo, respectivamente, de homologação e registro.

5.4.6 *Artigo 31*

Define heliportos como "heliportos públicos, dotados de instalações e facilidades para apoio de operações de helicópteros e de embarque e desembarque de pessoas e cargas".

5.4.7 *Artigos 43 e 44*

O Artigo 43 sujeita as propriedades vizinhas de aeródromos e instalações de auxílio à navegação a restrições especiais, relativas a edificações, instalações e qualquer obstáculo que possa interferir nas operações de aeronaves ou nos sinais de auxílio à navegação. O Artigo 44 detalha que tais restrições são especificadas pela autoridade aeronáutica por meio de planos como o Plano Básico de Zona de Proteção de





Aeródromos, o Plano de Zoneamento de Ruído e o Plano Básico de Zona de Proteção de Helipontos. O parágrafo 4º do Artigo 44 exige que as Administrações Públicas compatibilizem o zoneamento do uso do solo com essas restrições, integrando o planejamento aeronáutico ao planejamento urbano.

5.4.8 *Artigo 45*

O Artigo 45 concede poder de fiscalização à autoridade aeronáutica. O texto confere à autoridade o poder de embargar obras ou construções que contrariem os Planos de Proteção, ou exigir a remoção de obstáculos, às custas do infrator.

5.4.9 *Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)*

O Código Brasileiro de Aeronáutica provê elementos jurídicos para a integração da UAM ao planejamento territorial. A afirmação da soberania do espaço aéreo (Art. 11) oferece a base para a gestão estatal de novas modalidades de transporte. As disposições sobre zonas de proteção e restrição (Arts. 15, 43, 44 e 45) aplicam-se ao estabelecimento de vertiportos e corredores de voo, o que demanda compatibilização entre o zoneamento municipal e os requisitos aeronáuticos. O princípio do sobrevoo (Art. 16) possibilita a operação de rotas sobre propriedades privadas, aspecto operacional para a circulação de aeronaves.





Resumo: Lei Nº 7.565/1986 - CBA

Resumo do Conteúdo:

- **Objeto da Lei:** Regulamentação do Direito Aeronáutico no Brasil, complementando tratados internacionais e estabelecendo ordenação das atividades aeronáuticas no território nacional.
- **Soberania sobre Espaço Aéreo:** Define a jurisdição para o planejamento e controle de todas as operações aéreas dentro de suas fronteiras
- **Zoneamento Aéreo:** Possibilidade de fixação de zonas de tráfego proibido ou restrito, rotas específicas e delimitação de áreas para diferentes atividades aeronáuticas.
- **Direito de Sobrevoos:** Garantia de sobrevoos sobre propriedades privadas conforme normas vigentes, com previsão para pousos emergenciais e lançamento controlado de objetos.
- **Infraestrutura Aeroportuária:** Definições de aeródromos, heliportos, heliportos e suas áreas componentes, aplicáveis ao planejamento de vertiportos para UAM.
- **Restrições Urbanísticas:** Imposição de limitações a edificações e obstáculos no entorno de aeródromos mediante planos de proteção integrados ao zoneamento urbano municipal.

5.4.10 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – Lei Nº 7.565/1986 - Código Brasileiro de Aeronáutica

Tabela 5.4: Avaliação PESTEL da Lei Nº 7.565/1986 - CBA

Fator	Pontuação (1–5)	Justificativa
Político	5/5	Estabelece a soberania nacional sobre o espaço aéreo e cria a estrutura fundamental de governança para toda atividade aeronáutica, demonstrando máxima influência estatal no setor.





Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Econômico	2/5	Define requisitos básicos para infraestrutura aeroportuária que impactam custos, mas não aborda modelos de negócio, financiamento ou incentivos específicos para UAM.
Social	3/5	Regula o direito de sobrevoo sobre propriedades privadas e estabelece restrições urbanísticas que afetam comunidades, com impacto moderado na relação sociedade-UAM.
Tecnológico	3/5	Define conceitos fundamentais de infraestrutura (aeródromos, heliportos) e planos de proteção que estabelecem bases técnicas, mas não especifica tecnologias avançadas para UAM.
Ambiental	4/5	Estabelece Planos de Zoneamento de Ruído e Zoneamento de Proteção que integram requisitos ambientais ao planejamento urbano, com impacto relevante na gestão de impactos.

5.5 Lei N° 11.182/2005 - Cria a Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC

Esta lei estabelece a criação da ANAC, com vínculo ao Ministério da Defesa e prazo de duração indeterminado (Artigo 1º). A norma define as competências da agência na regulação e fiscalização das atividades de aviação civil e da infraestrutura aeronáutica e aeroportuária em território nacional. A Figura 5.6 apresenta a nuvem de palavras referentes a esse documento:





para construção de aeródromos e normatização de operação integrada aplicam-se ao planejamento de vertiportos em ambiente urbano.

Resumo: Lei Nº 11.182/2005

- Criação da ANAC como autarquia federal vinculada ao Ministério da Defesa
- Atribuições de regulação e fiscalização da aviação civil e infraestrutura aeroportuária
- Fiscalização de construção, reforma e ampliação de aeródromos
- Estabelecimento de normas para operação integrada entre aeródromos
- Adoção de medidas cautelares de segurança operacional

5.5.4 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – Lei Nº 11.182/2005 - Cria a ANAC

Tabela 5.5: Avaliação PESTEL da Lei Nº 11.182/2005

Fator	Pontuação (1–5)	Justificativa
Político	5/5	Cria a principal agência reguladora da aviação civil com autonomia e competências abrangentes, estabelecendo a estrutura de governança estatal fundamental para todo o setor, incluindo UAM.
Econômico	3/5	Atribui à ANAC competências para fomentar a aviação civil e fiscalizar infraestrutura aeroportuária, impactando indiretamente a viabilidade econômica, mas sem menção a incentivos específicos.
Social	2/5	A atuação regulatória da ANAC inclui medidas de segurança que beneficiam a sociedade, mas o texto não aborda especificamente aceitação pública, equidade ou inclusão social.





5.6.1 Artigo 3º

As definições legais aplicáveis constam do Artigo 3º. Este dispositivo conceitua acessibilidade como a possibilidade de utilização com segurança e autonomia de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, informação e comunicação. Define também desenho universal como concepção de produtos, ambientes, programas e serviços para uso por todas as pessoas. Estes conceitos fornecem base técnica para interpretação e aplicação da norma.

5.6.2 Artigo 48

Os requisitos para infraestruturas de transporte constam do Artigo 48. O dispositivo estabelece que veículos de transporte coletivo terrestre, aquaviário e aéreo, bem como instalações, estações, portos e terminais devem ser acessíveis. Determina que estes elementos devem garantir uso por todas as pessoas. O parágrafo segundo assegura prioridade e segurança nos procedimentos de embarque e desembarque, conforme normas técnicas aplicáveis. Estas determinações configuram obrigatoriedade de adequação das infraestruturas.

5.6.3 Artigo 60

A integração da acessibilidade no planejamento territorial é abordada no Artigo 60. O dispositivo estabelece que planos diretores municipais, planos de transporte e trânsito, planos de mobilidade urbana e planos de preservação de sítios históricos devem observar regras de acessibilidade. Inclui códigos de obras, leis de uso e ocupação do solo e leis do sistema viário entre os instrumentos sujeitos a estas regras.

5.6.4 Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)

A interface entre legislação de acessibilidade e sistemas de transporte aéreo urbano constitui objeto de análise. O Artigo 48 estabelece requisitos de acessibilidade para veículos de transporte aéreo e instalações, aplicáveis às infraestruturas de UAM. O Artigo 60 vincula planos de mobilidade urbana a regras de acessibilidade, incluindo sistemas de transporte aéreo urbano. A legislação oferece assim parâmetros para desenvolvimento de sistemas de UAM que considerem requisitos de acessibilidade.





Resumo: Lei Nº 13.146/2015

- Estabelece o Estatuto da Pessoa com Deficiência
- Estabelece normas para transporte, mobilidade e acessibilidade

5.6.5 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – Lei nº 13.146/2015 - Estatuto da Pessoa com Deficiência

Tabela 5.6: Avaliação PESTEL da Lei nº 13.146/2015

Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Político	4/5	Estabelece política nacional de inclusão com força de lei, criando obrigações para todos os entes federativos e setores, incluindo transporte, com impacto relevante na governança da UAM.
Econômico	3/5	Implica custos adicionais para adequação de infraestruturas de transporte, impactando a viabilidade econômica, mas sem tratar especificamente de incentivos ou financiamento para UAM.
Social	5/5	Impacto direto e abrangente na inclusão social, estabelecendo requisitos obrigatórios de acessibilidade para transporte aéreo e infraestruturas, garantindo equidade no acesso à UAM.
Tecnológico	4/5	Exige concepção de produtos, ambientes e serviços com desenho universal, influenciando diretamente o desenvolvimento tecnológico de aeronaves e vertiportos para atender requisitos de acessibilidade.
Ambiental	2/5	Foca principalmente em acessibilidade humana, com impacto ambiental indireto através da integração ao planejamento territorial, mas sem tratar especificamente de aspectos ecológicos.





5.7 Lei Nº 10.257/2001 - Estatuto da Cidade

Esta lei, denominada Estatuto da Cidade, regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal e estabelece as diretrizes gerais da política urbana no Brasil. Conforme o Artigo 1º, a lei define normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, além do equilíbrio ambiental. A Figura 5.8 apresenta a nuvem de palavras referentes a esse documento:

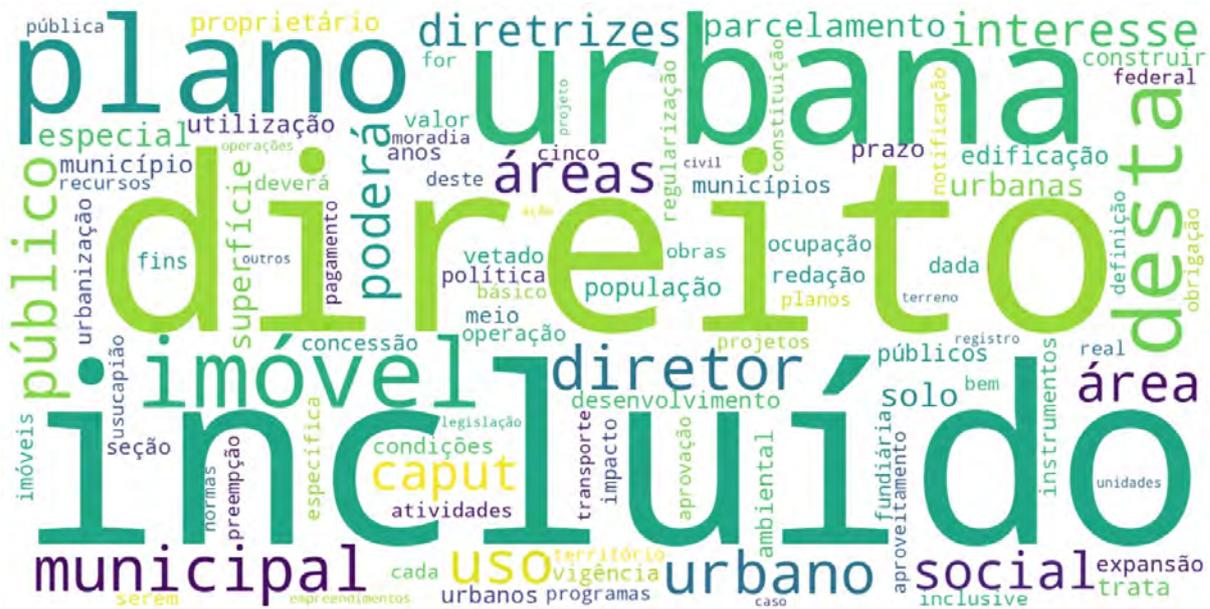


Figura 5.8: Palavras-chave da Lei Nº 10.257/2001 - Estatuto da Cidade

5.7.1 Artigo 2º

O Artigo 2º dispõe que a política urbana tem como objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana. Entre suas diretrizes estão: a garantia do direito a cidades sustentáveis que inclui o acesso à infraestrutura urbana e ao transporte, o planejamento do crescimento e da distribuição das atividades urbanas, a oferta de transporte público adequado e a ordenação do uso do solo para evitar conflitos entre funções urbanas e empreendimentos que gerem tráfego sem infraestrutura correspondente.

5.7.2 Artigo 4º

O Artigo 4º enumera os instrumentos da política urbana, que incluem o planejamento municipal, especialmente por meio do plano diretor e da disciplina do parcelamento,





do uso e da ocupação do solo. Inclui também instrumentos como o estudo prévio de impacto de vizinhança (EIV), as operações urbanas consorciadas e a outorga onerosa do direito de construir, os quais são fundamentais para orientar a ocupação do território urbano.

5.7.3 Artigo 25 e 26

Os Artigos 25 e 26 tratam do direito de preempção, que confere ao Poder Público municipal preferência para aquisição de imóvel urbano. Este instrumento será exercido sempre que o Poder Público necessitar de áreas para a implantação de equipamentos urbanos e comunitários, para a ordenação e direcionamento da expansão urbana, e para a execução de programas e projetos habitacionais de interesse social, conforme a delimitação estabelecida em lei municipal baseada no plano diretor.

5.7.4 Artigo 36, 37 e 38

Os Artigos 36, 37 e 38 disciplinam o estudo prévio de impacto de vizinhança (EIV). A lei municipal definirá os empreendimentos e atividades que dependerão da elaboração do EIV, o qual deve analisar, no mínimo, a geração de tráfego e demanda por transporte público, a mobilidade urbana, o adensamento populacional, os equipamentos urbanos e comunitários, e o uso e ocupação do solo, garantindo a avaliação dos efeitos do empreendimento sobre a qualidade de vida da população.

5.7.5 Artigo 39, 40 e 41

Esses artigos abordam o plano diretor, principal instrumento da política de desenvolvimento urbano. Ele é obrigatório para municípios com mais de 20 mil habitantes, integrantes de regiões metropolitanas e para aqueles que pretendam usar instrumentos previstos no §4º do Art. 182 da Constituição. O plano diretor define diretrizes de crescimento, áreas urbanas passíveis de parcelamento e parâmetros de infraestrutura urbana

5.7.6 Artigo 42-A e 42-B

Esses dispositivos tratam, respectivamente, do Plano de Expansão Urbana e do projeto de ampliação do perímetro urbano. Ambos devem definir áreas destinadas à





infraestrutura, ao sistema viário, aos equipamentos urbanos e sociais, além de parâmetros de uso e ocupação do solo, garantindo o planejamento integrado do transporte urbano e o desenvolvimento ordenado.

5.7.7 *Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)*

O Estatuto da Cidade estabelece o marco legal para o planejamento e a gestão do território urbano no Brasil, fornecendo os instrumentos fundamentais que os municípios devem utilizar para ordenar o uso do solo e a expansão urbana. Estes instrumentos, como o plano diretor, o estudo de impacto de vizinhança (EIV), as operações urbanas consorciadas e o direito de preempção, são diretamente aplicáveis ao processo de integração da infraestrutura de UAM, como vertiportos, no tecido urbano. O EIV, por exemplo, ao exigir a análise da geração de tráfego, demanda por transporte público e mobilidade urbana, conforme Artigo 37, torna-se uma ferramenta crucial para avaliar os impactos da implantação de vertiportos na vizinhança. Da mesma forma, o plano diretor, ao delimitar áreas para implantação de equipamentos urbanos e definir parâmetros de uso e ocupação do solo, conforme Artigos 40 e 42, fornece o enquadramento legal para a localização e o licenciamento desta nova infraestrutura de transporte aéreo, assegurando que sua implantação ocorra de forma ordenada e integrada ao desenvolvimento urbano sustentável.

Resumo: Lei Nº 10.257/2001 - Estatuto da Cidade

- **Finalidade:** Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelecendo diretrizes gerais da política urbana e normas de ordem pública e interesse social para regular o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança, do bem-estar dos cidadãos e do equilíbrio ambiental.
- **Instrumentos Principais:** Inclui o **Plano Diretor** (obrigatório para cidades acima de 20 mil habitantes), o **Estudo Prévio de Impacto de Vizinhaça (EIV)**, as **Operações Urbanas Consorciadas**, a **Outorga Onerosa do Direito de Construir** e o **Direito de Preempção** (direito de preferência do município na compra de imóveis).
- **Implicações para UAM:** O Estatuto fornece o marco legal para integrar infraestruturas de UAM (como vertiportos) ao tecido urbano. O **EIV** avalia impactos no tráfego e na mobilidade, e o **Plano Diretor** define zonas e parâmetros para implantação de equipamentos urbanos, assegurando que a infraestrutura de UAM seja planejada de forma ordenada e sustentável.





5.7.8 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – Lei Nº 10.257/2001 - Estatuto da Cidade

Tabela 5.7: Avaliação PESTEL da Lei Nº 10.257/2001 - Estatuto da Cidade

Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Político	4/5	Estabelece diretrizes fundamentais da política urbana nacional, define instrumentos de gestão municipal (plano diretor, EIV) e confere ao Poder Público municipal preferência na aquisição de imóveis (direito de preempção), criando o marco governamental essencial para implementação de políticas de UAM.
Econômico	3/5	Impacto indireto ao criar condições para investimentos através do ordenamento do uso do solo e instrumentos como operações urbanas consorciadas, sem menção específica a incentivos fiscais ou modelos de negócio para UAM, mas estabelecendo base para viabilidade econômica de infraestruturas urbanas.
Social	4/5	Foca explicitamente no "bem-estar dos cidadãos", "funções sociais da cidade" e "qualidade de vida da população", exigindo no EIV análise de impactos na vizinhança e mobilidade urbana, fundamentais para aceitação social da UAM e mitigação de efeitos negativos sobre comunidades.
Tecnológico	2/5	Menção pontual à necessidade de infraestrutura urbana adequada e análise de demanda por transporte, sem especificar requisitos técnicos ou padrões tecnológicos para infraestruturas de UAM, focando principalmente no planejamento territorial convencional.





5.8.1 Artigo 3º

O artigo 3º define o Sistema Nacional de Mobilidade Urbana como o conjunto organizado e coordenado dos modos de transporte, serviços e infraestruturas que garantem os deslocamentos de pessoas e cargas no território municipal, incluindo modos motorizados e não motorizados, conforme §1º, e infraestruturas como vias, terminais, estações, ciclovias, hidrovias, metro, ferrovias, pontos de embarque e desembarque, sinalização viária e equipamentos de controle, fiscalização e arrecadação, de acordo com o §3º.

5.8.2 Artigo 5º

Os princípios da Política Nacional de Mobilidade Urbana, estabelecidos no artigo 5º, incluem acessibilidade universal, desenvolvimento sustentável das cidades nas dimensões socioeconômicas e ambientais, equidade no acesso ao transporte público coletivo, eficiência, eficácia e efetividade na prestação dos serviços, segurança nos deslocamentos, justa distribuição de benefícios e ônus, equidade no uso do espaço público de circulação e eficiência na circulação urbana, conforme os itens I a IX.

5.8.3 Artigo 6º

As diretrizes da política, previstas no artigo 6º, priorizam a integração com a política de desenvolvimento urbano e respectivas políticas setoriais de habitação, saneamento básico e planejamento do uso do solo, a prioridade dos modos não motorizados sobre os motorizados e do transporte público coletivo sobre o individual motorizado, a integração entre modos e serviços, a mitigação de custos ambientais, sociais e econômicos, o incentivo ao desenvolvimento tecnológico e uso de energias renováveis, a priorização de projetos de transporte público estruturantes do território e a integração entre cidades gêmeas em regiões de fronteira, de acordo com incisos I a VII.

5.8.4 Artigo 24º

O artigo 24 estabelece que o Plano de Mobilidade Urbana é o instrumento de efetivação da política e deve contemplar os princípios, objetivos e diretrizes da lei, incluindo serviços de transporte público coletivo, circulação viária, infraestruturas do sistema de mobilidade urbana como ciclovias e ciclofaixas, acessibilidade para pes-





soas com deficiência, integração dos modos de transporte público com os privados e não motorizados, operação do transporte de carga, polos geradores de viagens, áreas de estacionamento, mecanismos de financiamento e sistemática de avaliação periódica, conforme incisos I a XI e §5º, que determina medidas para atender núcleos urbanos informais consolidados.

5.8.5 Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)

A Lei nº 12.587/2012 se relaciona com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM) ao estabelecer um sistema de mobilidade que integra diferentes modos de transporte, incluindo infraestruturas e serviços, com base em princípios de acessibilidade universal, desenvolvimento sustentável e priorização de modos eficientes, conforme artigos 3º, 5º e 6º. O Plano de Mobilidade Urbana, definido no artigo 24, deve contemplar a integração de modos de transporte e infraestruturas, o que pode incluir, por analogia, a incorporação de veículos aéreos como parte do sistema de mobilidade urbana, desde que alinhados aos objetivos de redução de desigualdades, promoção da inclusão social e mitigação de impactos ambientais.





Resumo: Lei Nº 12.587/2012 - Política Nacional de Mobilidade Urbana

Resumo do Conteúdo:

- **Objeto da Lei:** Instituir as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana, integrando-a à política de desenvolvimento urbano para garantir o deslocamento de pessoas e cargas nos municípios.
- **Sistema Nacional de Mobilidade Urbana:** Conjunto organizado e coordenado dos modos de transporte (motorizados e não motorizados), serviços e infraestruturas que garantem os deslocamentos no território municipal.
- **Princípios Orientadores:** Acessibilidade universal, desenvolvimento sustentável, equidade no acesso ao transporte público, eficiência, segurança nos deslocamentos e justa distribuição de benefícios e ônus.
- **Prioridade Modal:** Estabelece a prioridade dos modos de transporte não motorizados sobre os motorizados e dos serviços de transporte público coletivo sobre o transporte individual motorizado.
- **Plano de Mobilidade Urbana:** Instrumento obrigatório para municípios com mais de 20 mil habitantes, que deve integrar os diferentes modos de transporte, infraestruturas, acessibilidade e mecanismos de financiamento.
- **Integração com Novas Tecnologias:** A lei cria o arcabouço para incorporação de modos inovadores, como a UAM, desde que alinhados aos princípios de acessibilidade, sustentabilidade e eficiência do sistema.

5.8.6 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – Lei Nº 12.587/2012 - Política Nacional de Mobilidade Urbana





Tabela 5.8: Avaliação PESTEL da Lei N°12.587/2012

Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Político	5/5	Estabelece a política nacional de mobilidade urbana com diretrizes abrangentes para todos os municípios, criando estrutura de governança obrigatória e integração com políticas setoriais, impactando diretamente a implementação da UAM.
Econômico	4/5	Define mecanismos de financiamento para sistemas de mobilidade e prioriza eficiência econômica, impactando a viabilidade financeira da UAM através da integração multimodal e planejamento de investimentos.
Social	5/5	Estabelece princípios de acessibilidade universal, equidade no acesso, inclusão social e segurança nos deslocamentos, com impacto direto e abrangente na integração social da UAM.
Tecnológico	3/5	Incentiva o desenvolvimento tecnológico e uso de energias renováveis, mas não especifica tecnologias avançadas para UAM, tendo impacto moderado no fator tecnológico.
Ambiental	4/5	Prioriza desenvolvimento sustentável, mitigação de custos ambientais e energias renováveis, com impacto relevante na conformidade ambiental da UAM e integração ao planejamento urbano.

5.9 Lei nº 10.098, de 2000 - Acessibilidade

Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida. Esta legislação aborda a supressão de barreiras e obstáculos nas vias e espaços públicos, no mobiliário urbano, na construção e reforma de edifícios e nos meios de transporte e de comunicação. O documento constitui, portanto, o marco legal para implementação de medidas de acessibilidade no território nacional. A Figura 5.10 apresenta a





5.9.3 Artigo 4º

A adaptação de espaços existentes representa o foco do Artigo 4º. O dispositivo legal estabelece que vias públicas, parques e demais espaços de uso público existentes, incluindo instalações de serviços e mobiliários urbanos, devem ser adaptados seguindo ordem de prioridade que vise à eficiência das modificações. O parágrafo único determina que parques de diversões, públicos e privados, adaptem no mínimo 5% de cada brinquedo e equipamento para uso por pessoas com deficiência. Evidencia-se, portanto, a necessidade de intervenções progressivas no espaço construído.

5.9.4 Artigo 5º

Os parâmetros técnicos para elementos de urbanização são tratados no Artigo 5º. Este artigo estabelece que o projeto e traçado dos elementos de urbanização públicos e privados de uso comunitário devem observar os parâmetros das normas técnicas de acessibilidade da ABNT. A norma inclui itinerários e passagens de pedestres, percursos de entrada e saída de veículos, escadas e rampas. Configura-se, desta forma, a vinculação dos projetos urbanísticos às normas técnicas especializadas.

5.9.5 Artigo 8º

A disposição de elementos de sinalização é abordada no Artigo 8º. O dispositivo determina que sinais de tráfego, semáforos, postes de iluminação ou quaisquer outros elementos verticais de sinalização instalados em itinerários ou espaços de acesso para pedestres devem ser dispostos de forma a não dificultar ou impedir a circulação. A norma estabelece que estes elementos devem poder ser utilizados com comodidade. Resulta deste artigo a necessidade de integração entre sinalização e fluxo pedestre.

5.9.6 Artigo 10-A

A sinalização tátil de alerta constitui o objeto do Artigo 10-A. Este artigo estabelece que a instalação de qualquer mobiliário urbano em área de circulação comum para pedestre que ofereça risco de acidente à pessoa com deficiência deve ser indicada mediante sinalização tátil de alerta no piso. A norma especifica que esta sinalização deve seguir as normas técnicas pertinentes. Demonstra-se, assim, a preocupação





com a segurança na circulação de pessoas com deficiência visual.

5.9.7 *Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)*

A aplicabilidade da lei à infraestrutura terrestre de UAM representa o tema desta análise. Os Artigos 3º, 4º e 5º estabelecem requisitos para planejamento e adaptação de vias, espaços públicos e elementos de urbanização que devem garantir acessibilidade. Estes dispositivos podem ser estendidos ao planejamento da infraestrutura terrestre associada à UAM, incluindo acessos a vertiportos e estações de embarque. Conclui-se que a legislação de acessibilidade oferece parâmetros para integração segura entre modos de transporte terrestre e aéreo.

Resumo: Lei Nº 10.098/2000

- Estabelece normas para promoção da acessibilidade em espaços públicos e privados
- Define critérios para eliminação de barreiras arquitetônicas e urbanísticas
- Regulamenta adaptações em vias públicas, edificações e transportes
- Estabelece requisitos técnicos baseados nas normas da ABNT
- Inclui disposições sobre comunicação e sinalização acessíveis

5.9.8 *Pontuação PESTEL*

Análise PESTEL – Lei nº 10.098/2000 - Acessibilidade

Tabela 5.9: Avaliação PESTEL da Lei nº 10.098/2000 - Acessibilidade

Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Político	3/5	Estabelece política pública nacional de acessibilidade com caráter vinculante, exigindo que governos municipais e estaduais implementem as normas em espaços públicos e equipamentos urbanos, criando obrigações diretas para o poder público.





Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Econômico	2/5	Impacto econômico indireto ao estabelecer requisitos obrigatórios de adaptação que geram custos de implementação para infraestruturas públicas e privadas, sem mencionar incentivos fiscais ou financiamento específico para estas adaptações.
Social	5/5	Impacto direto e abrangente na inclusão social ao garantir acessibilidade para pessoas com deficiência e mobilidade reduzida em todos os espaços públicos, transportes e comunicações, sendo fundamental para evitar que a UAM se torne serviço de elite e promovendo equidade no acesso.
Tecnológico	3/5	Estabelece vinculação obrigatória às normas técnicas da ABNT para projetos urbanísticos e exige soluções técnicas específicas como sinalização tátil, criando parâmetros técnicos para infraestruturas terrestres de UAM, mas sem abordar tecnologias aeronáuticas específicas.
Ambiental	1/5	Ausência de referência a impactos ecológicos, pegada de carbono ou requisitos ambientais, focando exclusivamente em aspectos de acessibilidade humana sem conexão com questões ambientais.

5.10 Lei N° 6.766/1979 - Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano

A Lei 6.766/1979 disciplina o parcelamento do solo urbano no Brasil, abrangendo as modalidades de loteamento e desmembramento. Descreve a regulação da subdivisão de glebas em lotes para edificação, com criação de vias ou uso da infraestrutura viária existente. Especifica os conceitos de loteamento e desmembramento, e possibilita que estados, o Distrito Federal e municípios adaptem as normas às características regionais e locais, configurando um quadro normativo para o desenvolvimento urbano. A Figura 5.11 apresenta a nuvem de palavras referentes a esse documento:



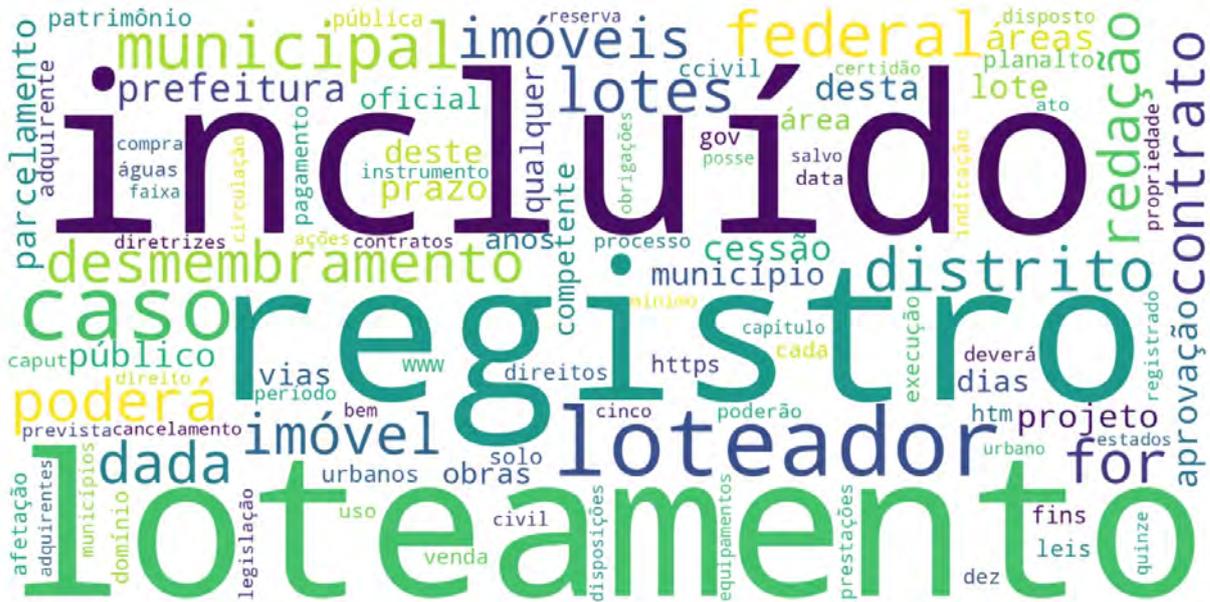


Figura 5.11: Palavras-chave da Lei Nº 6.766/1979

5.10.1 Artigo 3º

O parcelamento do solo para fins urbanos é permitido exclusivamente em zonas urbanas, de expansão urbana ou de urbanização específica, conforme definido pelo plano diretor ou lei municipal. O Parágrafo Único proíbe essa atividade em áreas com limitações ambientais ou geotécnicas, como terrenos alagadiços, sujeitos a inundações, com declividade igual ou superior a 30%, onde condições geológicas desaconselhem a edificação, em áreas de preservação ecológica ou com poluição que impeça condições sanitárias adequadas.

5.10.2 Artigo 4º

Os loteamentos devem cumprir requisitos urbanísticos mínimos, incluindo a alocação de áreas para sistemas de circulação, equipamentos urbanos e comunitários, e espaços livres de uso público, proporcionais à densidade de ocupação prevista. É obrigatória a reserva de faixas não edificáveis ao longo de águas correntes e dormentes, rodovias e ferrovias, com largura mínima estabelecida, passível de redução por lei municipal que aprove instrumento de planejamento territorial. As vias de loteamento necessitam articular-se com as vias adjacentes oficiais e adaptar-se à topografia local, assegurando a integração com a infraestrutura existente.





5.10.3 Artigo 5º

O poder público competente tem a faculdade de exigir, adicionalmente em cada loteamento, a reserva de faixa non aedificandi para equipamentos urbanos. Esses equipamentos englobam sistemas de abastecimento de água, esgotos, energia elétrica, coleta de águas pluviais, rede telefônica e gás canalizado. Essa disposição contribui para a provisão de infraestrutura urbana essencial nos parcelamentos.

5.10.4 Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)

A Lei 6.766/1979 estabelece o marco regulatório para o planejamento territorial urbano no Brasil, sendo aplicável ao planejamento da infraestrutura terrestre associada à UAM, como a localização de vertiportos. As definições de zonas urbanas e de expansão urbana (Artigo 3º), os requisitos para destinação de áreas públicas e sistemas de circulação (Artigo 4º) e a possibilidade de reserva de faixas para equipamentos urbanos (Artigo 5º) oferecem a base normativa para a integração de infraestruturas de UAM no tecido urbano.

Resumo: Lei Nº 6.766/1979

- Regulamenta o parcelamento do solo urbano.
- Exige faixas não edificáveis em áreas ambientais e viárias.

5.10.5 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – Lei Nº 6.766/1979 - Parcelamento do Solo Urbano

Tabela 5.10: Avaliação PESTEL da Lei Nº 6.766/1979

Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Político	4/5	Estabelece o marco regulatório federal para parcelamento do solo urbano, delegando competências a estados e municípios, criando estrutura de governança territorial relevante para a localização de infraestruturas UAM.





Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Econômico	3/5	Define requisitos para alocação de áreas públicas e equipamentos urbanos que impactam custos de implantação de vertiportos, mas não aborda especificamente incentivos ou modelos de negócio para UAM.
Social	2/5	Estabelece normas gerais de parcelamento que beneficiam a coletividade, mas não trata especificamente de acessibilidade, inclusão ou impactos sociais diretos da UAM.
Tecnológico	2/5	Exige infraestrutura básica urbana (sistemas de circulação, energia), mas não aborda tecnologias avançadas específicas para UAM ou requisitos técnicos para vertiportos.
Ambiental	4/5	Proíbe parcelamento em áreas com limitações ambientais e exige faixas não edificáveis em áreas de preservação, com impacto relevante na conformidade ambiental da implantação de infraestruturas UAM.

5.11 Lei N° 10.636/2002 - Recursos originários CIDE

A Lei n° 10.636, de 30 de dezembro de 2002, define as diretrizes para o uso dos recursos arrecadados por meio da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE), incidente sobre a importação e a comercialização de petróleo e seus derivados, gás natural e álcool etílico combustível. Ela também cria o Fundo Nacional de Infraestrutura de Transportes (FNIT), voltado ao financiamento de investimentos no setor de transportes. A Figura 5.12 apresenta a nuvem de palavras referentes a esse documento:





descentralizada. Isso inclui a possibilidade de transferência de responsabilidades para outros entes federativos ou para a iniciativa privada, por meio de concessões, permissões ou autorizações.

5.11.4 *Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)*

A Lei nº 10.636/2002 relaciona-se com a UAM ao criar o FNIT, um fundo destinado a financiar programas de investimento em infraestrutura de transportes com aplicação multimodal (artigo 10 e artigo 11, §1º). Embora o foco explícito da lei esteja no transporte terrestre e na redução do consumo de combustíveis automotivos (artigo 6º), a previsão de aplicação multimodal de recursos e a descentralização da administração da infraestrutura de transportes (artigo 12) podem, em tese, criar um ambiente propício para futuros investimentos em infraestrutura de suporte a modalidades emergentes, como a UAM, especialmente no que tange ao desenvolvimento de corredores aéreos, vertiportos ou sistemas de controle de tráfego aéreo urbano integrados à malha de transportes.

Resumo: Lei Nº 10.636/2002

- **Objetivo:** Destinar recursos da CIDE sobre combustíveis ao financiamento da infraestrutura de transportes e criar o FNIT (Art. 1º).
- **Aplicação dos Recursos:** Investimentos voltados à eficiência, segurança, conforto, qualidade de vida e redução de custos logísticos (Art. 6º).
- **Fundo de Financiamento:** O FNIT, vinculado ao Ministério dos Transportes, apoia programas de investimento multimodal (Art. 10 e 11).
- **Gestão:** A administração da infraestrutura deve ser **descentralizada**, podendo envolver entes públicos e privados (Art. 12).
- **Relação com UAM:** A lei se relaciona com a UAM ao instituir um fundo (FNIT) de aplicação **multimodal** para infraestrutura de transportes. Essa característica abre a possibilidade teórica de financiamento para infraestruturas de suporte à UAM, como vertiportos e sistemas de controle de tráfego aéreo urbano. A previsão de descentralização da gestão (Art. 12) também cria um ambiente favorável para que entes públicos ou privados desenvolvam projetos inovadores no setor de transportes, incluindo a mobilidade aérea.





5.11.5 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – Lei Nº 10.636/2002 - Recursos originários CIDE

Tabela 5.11: Avaliação PESTEL da Lei Nº 10.636/2002

Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Político	4/5	Cria instrumento de política pública federal (FNIT) com gestão descentralizada e possibilidade de parcerias público-privadas, estabelecendo estrutura de governança relevante para financiamento de infraestruturas de transporte.
Econômico	5/5	Impacto direto e abrangente ao instituir fundo específico (FNIT) para financiamento multimodal de infraestrutura de transportes, criando mecanismo concreto de financiamento público para possíveis projetos UAM.
Social	3/5	Estabelece objetivos de melhoria da qualidade de vida e segurança dos usuários, com impacto moderado nos benefícios sociais, mas sem tratar especificamente de inclusão ou equidade no acesso à UAM.
Tecnológico	2/5	Foca em eficiência energética e redução de consumo de combustíveis, mas não aborda especificamente tecnologias avançadas ou requisitos técnicos para infraestrutura UAM.
Ambiental	3/5	Prioriza redução de consumo de combustíveis e impactos negativos nos centros urbanos, com impacto moderado na sustentabilidade ambiental, mas sem tratar especificamente de pegada de carbono ou licenciamento ambiental.

5.12 Projeto de Lei Nº 743, de 2025

Dispõe sobre a atualização do marco legal brasileiro para inserir as aeronaves de mobilidade aérea avançada no ecossistema de transporte nacional.





Altera a Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986 (Código Brasileiro de Aeronáutica), a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001 (Estatuto da Cidade), a Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012 (Política Nacional de Mobilidade Urbana) e a Lei nº 10.636, de 30 de dezembro de 2002 (Recursos originário CIDE), para estabelecer base legal ao desenvolvimento regulatório e à implementação de medidas de incentivo à introdução de aeronaves elétricas de decolagem e pouso vertical (eVTOLs) como componente integrante da cadeia de mobilidade urbana sustentável no Brasil. A Figura 5.13 apresenta a nuvem de palavras referentes a esse documento:



Figura 5.13: Palavras-chave do Projeto de Lei Nº 743/2025

5.12.1 Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)

A presente proposta constitui o alicerce legislativo para a consolidação da Mobilidade Aérea Urbana (UAM) no país. Ao criar um ambiente jurídico seguro e propício, o projeto viabiliza a regulamentação e a adoção dessas tecnologias, posicionando os eVTOLs como um novo eixo de deslocamento, capaz de integrar-se de forma multimodal e inteligente ao espaço aéreo urbano com potencial para reduzir congestionamentos, diminuir emissões de poluentes e fomentar a inovação tecnológica e econômica no setor de transportes.





Resumo: Projeto de Lei N° 743/2025

- Altera quatro marcos legais: Código Brasileiro de Aeronáutica, Diretrizes da Política Urbana, Política Nacional de Mobilidade Urbana e lei da CIDE
- Objetivo: estabelecer base legal para regulamentação de aeronaves eVTOL na mobilidade urbana
- Propõe ajustes no planejamento territorial para infraestrutura de vertiportos
- Busca integrar eVTOLs como componente do sistema de transporte urbano
- Abre possibilidade de uso de recursos da CIDE para financiamento

5.12.2 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – Projeto de Lei N° 743/2025

Tabela 5.12: Avaliação PESTEL do Projeto de Lei N° 743/2025

Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Político	5/5	Impacto direto e abrangente ao propor marco legal específico para UAM, alterando quatro leis federais e criando base para políticas públicas setoriais, demonstrando forte envolvimento estatal e coordenação federativa para fomento do ecossistema.
Econômico	4/5	Impacto relevante ao prever incentivos fiscais através da alteração da lei da CIDE, criando condições para financiamento e investimentos no setor, além de fomentar inovação tecnológica e econômica com potencial para geração de empregos qualificados.
Social	3/5	Impacto moderado ao focar na integração multimodal e redução de congestionamentos, mas sem menção específica a equidade, acessibilidade ou mecanismos de inclusão social que evitem que a UAM se torne serviço de elite.





Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Tecnológico	4/5	Impacto relevante ao estabelecer base legal para regulamentação de eVTOLs e infraestrutura de vertiportos, criando enquadramento para desenvolvimento de sistemas CNS/ATM e integração com planejamento territorial urbano tridimensional.
Ambiental	4/5	Impacto relevante ao mencionar explicitamente redução de emissões de poluentes e posicionar eVTOLs como componente de mobilidade urbana sustentável, embora sem detalhamento sobre gestão de poluição sonora ou conformidade com marco ambiental.

5.13 Lei Nº 9.472/1997 — Lei Geral de Telecomunicações

A Lei trata da estrutura organizacional dos serviços de telecomunicações e da criação da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL). O texto legal atribui à União a responsabilidade de coordenar a exploração desses serviços e de disciplinar aspectos como execução, comercialização, uso e implantação de redes. Em síntese, o Artigo 1º delimita o papel estatal na gestão das telecomunicações, estabelecendo parâmetros de atuação administrativa e técnica que servem de referência para políticas públicas e integração setorial. A Figura 5.14 apresenta a nuvem de palavras referentes a esse documento:





uso das telecomunicações como elemento de apoio a políticas de mobilidade e conectividade urbana. Essa lógica cria condições legais para a integração futura entre serviços tecnológicos e planejamento territorial, aspecto aplicável à UAM.

5.13.2 Artigos 8º a 19 — Criação e Função da ANATEL

O segundo conjunto de dispositivos, entre os Artigos 8º e 19, define a criação e o funcionamento da ANATEL. O tema central é a instituição de uma autarquia de regime especial, dotada de autonomia administrativa e financeira, com a função de regular e fiscalizar o setor. Essa configuração busca assegurar que as decisões técnicas da agência sejam tomadas com independência e observância de critérios públicos. A presença de órgãos internos, como o Conselho Diretor e a Procuradoria, estrutura a governança regulatória e define a base operacional para execução das políticas de telecomunicações.

O desenvolvimento da norma reforça as competências técnicas da ANATEL. Entre as atribuições, o Art. 19 destaca a administração do espectro de radiofrequências, o controle de outorgas e a edição de normas sobre interconexão de redes e equipamentos. Tais disposições possuem relevância para a organização do espaço urbano, uma vez que envolvem a coordenação do uso de faixas de frequência e de recursos de órbita, aspectos essenciais para sistemas de comunicação aérea. Assim, a regulação técnica descrita nesse trecho cria mecanismos de compatibilidade entre redes terrestres e aéreas em ambientes urbanos.

Encerrando a seção, a lei apresenta o papel estratégico da agência no desenvolvimento do setor. O texto conclui que a atuação da ANATEL deve promover o atendimento ao interesse público e acompanhar a evolução tecnológica de modo contínuo. Essa diretriz consolida um modelo regulatório orientado para o equilíbrio entre inovação, segurança e planejamento, assegurando coerência institucional para futuras aplicações, inclusive na integração de comunicações voltadas à UAM.

5.13.3 Artigos 47 a 51 — Financiamento e Infraestrutura

O conjunto de artigos de 47 a 51 aborda os instrumentos financeiros do setor de telecomunicações. O tema principal é a definição das fontes de receita e dos fundos vinculados à regulação, especialmente o Fundo de Fiscalização das Telecomunicações (FISTEL). Esses dispositivos explicam como as taxas e contribuições são aplicadas em projetos de ampliação e modernização da infraestrutura de comunicação. A pre-





visão legal de destinação de recursos a fundos específicos garante maior estabilidade e continuidade nas políticas públicas de conectividade.

Ao longo dessa parte, o texto detalha os mecanismos de arrecadação e aplicação dos recursos. A lei prevê que os valores provenientes de concessões, autorizações e fiscalização possam ser utilizados em investimentos de infraestrutura técnica e em ações de universalização dos serviços. Essa estrutura contribui para o planejamento territorial urbano, pois permite o financiamento de redes que suportam sistemas de comunicação e controle distribuídos. No contexto da UAM, a existência de fundos dessa natureza viabiliza a expansão de redes seguras e integradas para monitoramento e operação aérea.

Em conclusão, o conteúdo desses artigos demonstra que o modelo financeiro adotado busca compatibilizar sustentabilidade econômica e expansão tecnológica. A destinação de recursos aos fundos regulatórios, ao lado da supervisão da ANATEL, forma um sistema de apoio contínuo ao desenvolvimento das telecomunicações. Essa abordagem oferece fundamentos para políticas urbanas que dependem de infraestrutura de comunicação confiável, reforçando a viabilidade técnica de soluções aplicáveis à mobilidade aérea em áreas urbanas.

5.13.4 Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)

No âmbito da UAM, a Lei nº 9.472/1997 apresenta conexão indireta, mas relevante, com a infraestrutura de comunicação e controle. O tema central é a gestão do espectro de radiofrequência e a normatização das comunicações, fatores indispensáveis à operação de sistemas de tráfego aéreo urbano. As disposições do Art. 19, incisos VIII e XIV, e do Art. 2º, incisos II e VI, permitem a integração entre o ordenamento territorial e as redes de telecomunicações. Em síntese, o conteúdo da lei estabelece um arcabouço legal que sustenta a interoperabilidade entre plataformas digitais e serviços urbanos, oferecendo suporte normativo para a implementação segura e coordenada de operações aéreas em ambiente urbano.





Resumo: Lei Nº 9.472/1997 — Lei Geral de Telecomunicações

- Estabelece a organização dos serviços de telecomunicações no Brasil e cria a ANATEL como órgão regulador.
- Define competências da União, direitos e deveres dos usuários e princípios de regulação econômica e técnica.
- Introduce normas sobre espectro de radiofrequências, infraestrutura e financiamento setorial.
- Fornece base legal para a integração entre redes de comunicação e políticas públicas de conectividade.
- Apresenta relevância para a UAM por disciplinar comunicações e infraestrutura tecnológica aplicáveis ao espaço aéreo urbano.

5.13.5 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – Lei Nº 9.472/1997 — Lei Geral de Telecomunicações

Tabela 5.13: Avaliação PESTEL da Lei Nº 9.472/1997

Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Político	5/5	Cria a ANATEL como agência reguladora autônoma e estabelece a estrutura de governança estatal para o setor de telecomunicações, com impacto direto e abrangente na regulação das comunicações essenciais para UAM.
Econômico	3/5	Estabelece mecanismos de financiamento setorial (FISTEL) e regulação econômica que impactam custos de infraestrutura, mas não aborda especificamente incentivos ou modelos de negócio para UAM.
Social	3/5	Define princípios de acesso universal e defesa do consumidor, com impacto moderado na inclusão digital, mas sem tratar especificamente de equidade ou aceitação social da UAM.





Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Tecnológico	5/5	Impacto direto e abrangente ao disciplinar o espectro de radiofrequências, infraestrutura de comunicação e interoperabilidade de redes, elementos críticos para os sistemas CNS/ATM da UAM.
Ambiental	1/5	Ausência de referência a requisitos ou impactos ambientais específicos no texto analisado, com influência mínima no fator ambiental da UAM.

5.14 Lei N° 13.116/2015 - Compartilhamento da infraestrutura de telecomunicações

A Lei 13.116/2015 delimita a aplicação da lei a setores específicos da infraestrutura de telecomunicações.

5.14.1 Artigo 6°

As restrições para instalação de infraestrutura de telecomunicações em áreas urbanas são tratadas no Artigo 6°. Especificamente, no inciso VII, não poderá desrespeitar as normas relativas à Zona de Proteção de Aeródromo, à Zona de Proteção de Heliponto, à Zona de Proteção de Auxílios à Navegação Aérea e à Zona de Proteção de Procedimentos de Navegação Aérea, editadas pelo Comando da Aeronáutica. A Figura 5.15 apresenta a nuvem de palavras referentes a esse documento:





Resumo: Lei Nº 13.116/2015

- Fornece as restrições para instalação de infraestrutura de telecomunicações em zonas de proteção de aeródromos e helipontos;
- Estabelece que a avaliação das estações transmissoras de radiocomunicação deve ser efetuada por entidade competente

5.14.5 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – Lei Nº 13.116/2015 - Compartilhamento da infraestrutura de telecomunicações

Tabela 5.14: Avaliação PESTEL da Lei Nº 13.116/2015

Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Político	2/5	Impacto pontual ao estabelecer diretrizes regulatórias para infraestrutura de telecomunicações com referência ao Comando da Aeronáutica, indicando coordenação interinstitucional limitada, mas sem políticas de fomento específicas para UAM.
Econômico	2/5	Impacto marginal ao criar procedimento simplificado de licenciamento que pode reduzir custos e prazos para infraestrutura de apoio, mas sem menção a incentivos fiscais ou modelos de negócio específicos para UAM.
Social	1/5	Ausência de referência a impactos sociais, aceitação pública, equidade ou inclusão, focando exclusivamente em aspectos técnicos de infraestrutura sem considerações sobre benefícios ou impactos sociais diretos.





Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Tecnológico	4/5	Impacto relevante ao estabelecer normas para infraestrutura de telecomunicações essenciais para sistemas CNS/ATM da UAM, incluindo avaliação de estações transmissoras e restrições em zonas de proteção de aeródromos/helipontos que afetam diretamente o planejamento técnico.
Ambiental	1/5	Ausência completa de referência a impactos ecológicos, gestão de recursos naturais, pegada de carbono ou qualquer requisito ambiental relacionado à infraestrutura de telecomunicações.

5.15 Ato N° 915, de 01 de fevereiro de 2024 - Faixas de frequências associadas ao Serviço Limitado Privado

O Ato n° 915/2024, emitido pela Superintendência de Outorga e Recursos à Prestação da ANATEL, estabelece os requisitos técnicos e operacionais para o uso de faixas de radiofrequências pelo Serviço Limitado Privado (SLP) prestado por sistemas terrestres. O documento revoga normas anteriores e define novas condições para o uso eficiente e a convivência harmônica do espectro, fundamentando-se na Lei n° 9.472/1997 e no Regulamento de Condições de Uso de Radiofrequências. A Figura 5.16 apresenta a nuvem de palavras referentes a esse documento:





5.15.3 Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)

O documento se relaciona com a UAM ao prever, de forma explícita, um uso excepcional de radiofrequências para câmeras móveis instaladas em aeronaves, permitindo o aumento da potência de transmissão durante situações de emergência ou urgência para viabilizar a transmissão de vídeo em tempo real para o solo, conforme estabelecido no item 5.14.3. Esta disposição demonstra o reconhecimento, no marco regulatório das telecomunicações, da necessidade de suporte de comunicações para operações envolvendo aeronaves, um elemento fundamental para o planejamento e a operação segura de sistemas de UAM.

Resumo: Ato Nº 915, de 01 de fevereiro de 2024

- **Finalidade:** Define regras técnicas para o uso de faixas de radiofrequência pelo Serviço Limitado Privado (SLP), substituindo normas antigas e garantindo uso eficiente do espectro.
- **Coordenação:** Exige que os operadores façam coordenação prévia com outros sistemas da mesma área para evitar interferências.
- **Flexibilidade:** Permite exceções técnicas, desde que aprovadas pela ANATEL e sem causar interferência prejudicial.
- **Faixa de 4.950–4.990 MHz:** Autoriza o aumento temporário de potência em câmeras instaladas em aeronaves durante emergências, para transmitir vídeo em tempo real ao solo.
- **Relação com UAM:** A disposição para operações aéreas e a estruturação técnica de faixas como 4.950-4.990 MHz e 27,5-27,9 GHz criam um marco regulatório fundamental para viabilizar futuras operações de comunicação seguras e confiáveis no contexto da Mobilidade Aérea Urbana.

5.15.4 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – Ato Nº 915/2024 - ANATEL





Tabela 5.15: Avaliação PESTEL do Ato N° 915/2024 - ANATEL

Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Político	3/5	Estabelece diretrizes regulatórias para uso do espectro através da ANATEL, indicando envolvimento estatal no setor, mas com foco técnico-operacional limitado.
Econômico	2/5	Impacto indireto ao criar marco regulatório para comunicações, sem menção a incentivos fiscais, modelos de negócio ou impactos macroeconômicos para UAM.
Social	2/5	Benefícios tangenciais em emergências através de transmissão de vídeo de aeronaves, sem foco em inclusão, equidade ou aceitação social da UAM.
Tecnológico	5/5	Define parâmetros técnicos específicos para comunicações aeronave-solo e autoriza aumento de potência para câmeras em aeronaves, elementos essenciais para infraestrutura de comunicação da UAM.
Ambiental	1/5	Ausência de referência a requisitos ou impactos ambientais no texto analisado.

5.16 Lei N° 6.938/1981 - Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA)

O propósito central da norma é regular a política ambiental, focando na preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, ao mesmo tempo que busca assegurar condições para o desenvolvimento socioeconômico, os interesses da segurança nacional e a proteção da dignidade humana. A Figura 5.17 apresenta a nuvem de palavras referentes a esse documento:





5.16.3 *Artigo 9º*

São instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente o zoneamento ambiental (Art. 9º, inciso II), a avaliação de impactos ambientais (Art. 9º, inciso III) e o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras (Art. 9º, inciso IV). Outro instrumento é a criação de espaços territoriais especialmente protegidos pelo Poder Público federal, estadual e municipal, tais como áreas de proteção ambiental (Art. 9º, inciso VI)

5.16.4 *Artigo 10*

Com base na legislação ambiental, foi determinado que a construção, instalação, ampliação e operação de qualquer empreendimento ou atividade que utilize recursos naturais estão sujeitas à obtenção de um licenciamento ambiental prévio.

5.16.5 *Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)*

O documento legal estabelece a obrigatoriedade de licenciamento ambiental para atividades efetiva ou potencialmente poluidoras ou capazes de causar degradação ambiental, o que pode incluir a infraestrutura e operações associadas à UAM, como a construção de vertiportos, a operação de aeronaves e o uso de recursos ambientais (Art. 10). O zoneamento ambiental (Art. 9º, II) e a avaliação de impactos ambientais (Art. 9º, III) são instrumentos diretamente aplicáveis ao planejamento territorial de infraestruturas de UAM, visando a compatibilização do desenvolvimento com a preservação ambiental (Art. 4º, I) e o controle de atividades em áreas urbanas. A criação de áreas especialmente protegidas (Art. 9º, VI) também pode influenciar a localização e o licenciamento de tais empreendimentos.





Resumo: Lei Nº 6.938/1981 - Política Nacional do Meio Ambiente

- **Instrumentos da PNMA:** Lista ferramentas como o zoneamento ambiental, a avaliação de impactos ambientais (AIA) e o licenciamento de atividades.
- **Licenciamento Ambiental:** Exige licenciamento prévio para construção e operação de atividades potencialmente poluidoras ou que causem degradação ambiental.
- **Implicações para UAM:** A infraestrutura (ex: vertiportos) e operações de UAM estão sujeitas ao licenciamento e devem ser planejadas conforme os instrumentos de zoneamento e avaliação de impacto.

5.16.6 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – Lei Nº 6.938/1981 - Política Nacional do Meio Ambiente

Tabela 5.16: Avaliação PESTEL da Lei Nº 6.938/1981 - PNMA

Fator	Pontuação (1–5)	Justificativa
Político	4/5	Impacto relevante ao estabelecer política nacional ambiental com ação governamental obrigatória para manutenção do equilíbrio ecológico, criando estrutura de governança ambiental que condiciona políticas setoriais incluindo transporte e desenvolvimento urbano.
Econômico	3/5	Impacto moderado ao condicionar desenvolvimento econômico à preservação ambiental através do licenciamento obrigatório, gerando custos de compliance para empreendimentos de UAM, mas sem mencionar incentivos fiscais ou financiamento específico.
Social	3/5	Impacto moderado ao visar proteção da dignidade humana e qualidade ambiental propícia à vida, criando base para aceitação social de empreendimentos através do controle de impactos, mas sem foco específico em equidade ou inclusão social direta.





5.17.1 Artigo 2º

O artigo 2º trata da definição legal da Zona Costeira. Este dispositivo descreve essa zona como área de interação entre ar, mar e terra, incluindo seus recursos renováveis e não renováveis. A norma especifica que a zona compreende faixas marítima e terrestre, cuja delimitação será detalhada pelo PNGC.

5.17.2 Artigo 3º

O conteúdo programático do PNGC é tratado no artigo 3º. O dispositivo determina que o plano deve conter zoneamento de usos e atividades na Zona Costeira, considerando critérios técnicos e ambientais. O texto indica a inclusão de ações para conservação de bens naturais e culturais, como ecossistemas costeiros, recursos hídricos e áreas de relevância histórica.

5.17.3 Artigo 5º

Este artigo estabelece que o plano deve observar padrões definidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), abrangendo temas como urbanização, uso do solo, sistema viário e saneamento. O dispositivo prevê que Estados e Municípios podem instituir planos próprios, desde que compatíveis com as diretrizes nacionais.

5.17.4 Artigo 6º

O licenciamento ambiental na Zona Costeira é disciplinado pelo artigo 6º, definindo que intervenções que modifiquem características naturais da área devem respeitar normas federais, estaduais e municipais. Estas disposições consolidam o licenciamento como instrumento de controle ambiental.

5.17.5 *Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)*

Os artigos sobre zoneamento e licenciamento estabelecem que intervenções na Zona Costeira devem observar normas de uso do solo, sistema viário e padrões ambientais. Esta estrutura normativa pode incluir a implantação de vertiportos e corredores de tráfego aéreo de baixa altitude. Dessa maneira, o PNGC oferece parâmetros para o planejamento de operações de UAM compatíveis com o ordenamento territorial





costeiro.

Resumo: Lei nº 7.661/1988 - PNGC

- Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC)
- Define a Zona Costeira como área de interação ar-mar-terra
- Estabelece diretrizes para zoneamento e uso do território
- Regulamenta o licenciamento ambiental na zona costeira
- Articula políticas federais, estaduais e municipais

5.17.6 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – Lei nº 7.661/1988 - Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro

Tabela 5.17: Avaliação PESTEL da Lei nº 7.661/1988

Fator	Pontuação (1–5)	Justificativa
Político	4/5	Estabelece política nacional de gestão costeira com articulação federativa entre União, estados e municípios, criando estrutura de governança territorial relevante para implantação de infraestruturas UAM em zonas costeiras.
Econômico	2/5	Impacto indireto ao estabelecer restrições de uso do solo que podem afetar custos de implantação, mas sem tratar especificamente de incentivos ou modelos econômicos para UAM.
Social	2/5	Foca na preservação de bens culturais e naturais com benefícios sociais indiretos, mas não aborda especificamente inclusão, equidade ou aceitação social da UAM.
Tecnológico	2/5	Estabelece diretrizes gerais para sistema viário e urbanização, mas não aborda tecnologias avançadas ou infraestruturas específicas para UAM.





Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Ambiental	5/5	Impacto direto e abrangente ao instituir regime especial de proteção ambiental para zona costeira, com licenciamento obrigatório e zoneamento ecológico que condiciona totalmente a implantação de infraestruturas UAM.

5.18 Lei Nº 12.651/2012 - Código Florestal

O propósito desta Lei é o estabelecimento de normas gerais para a proteção da vegetação nativa, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal. Ela se baseia na proteção e no uso sustentável de florestas e outras formas de vegetação, buscando compatibilidade com o desenvolvimento econômico. A legislação institui regramentos para Áreas de Preservação Permanente (APP), Reserva Legal, exploração florestal e define instrumentos econômicos para a implementação de seus objetivos. A Figura 5.19 apresenta a nuvem de palavras referentes a esse documento:



Figura 5.19: Palavras-chave da Lei Nº 12.651/2012 (Código Florestal)

5.18.1 Artigo 3º

O Artigo 3º apresenta os conceitos técnicos utilizados para a aplicação da lei. Entre as definições listadas, o inciso II descreve a Área de Preservação Permanente





(APP) como uma área protegida, cuja função ambiental é a preservação de recursos hídricos, paisagem, estabilidade geológica e biodiversidade. Adicionalmente, o inciso XXVI define área urbana consolidada como a parcela incluída no perímetro urbano ou em zona urbana pelo plano diretor ou por lei municipal específica que possui sistema viário, organização em quadras e lotes majoritariamente edificados, uso primariamente urbano e infraestrutura correspondente.

5.18.2 Artigo 4º

O Artigo 4º especifica as localizações consideradas Áreas de Preservação Permanente (APP). A lei determina que estas áreas se aplicam tanto a zonas rurais quanto urbanas, listando diversas tipologias. Elas incluem as faixas marginais de cursos d'água, áreas ao redor de lagos e lagoas naturais, nascentes, encostas com declividade acima de 45°, restingas, manguezais, bordas de tabuleiros, topos de morros, áreas em altitudes superiores a 1.800 metros e veredas. Os incisos I a XI do referido artigo detalham as dimensões mínimas de proteção para cada uma dessas categorias.

5.18.3 Artigo 8º

O Artigo 8º determina que a intervenção ou supressão de vegetação nativa em Área de Preservação Permanente somente ocorrerá nas hipóteses de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental previstas na lei, conforme caput.

5.18.4 Artigo 25

O Artigo 25 descreve instrumentos à disposição do poder público municipal para a criação de áreas verdes urbanas. Conforme detalhado nos incisos I a IV, o município pode utilizar diferentes mecanismos.

5.18.5 Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)

A Lei 12.651/2012 apresenta implicações para o planejamento da Mobilidade Aérea Urbana (UAM). A legislação define restrições e diretrizes para o uso e ocupação do solo, com ênfase nas Áreas de Preservação Permanente (APPs), o que pode afetar a seleção de locais para infraestruturas de UAM, como vertiportos. Limitações em





áreas próximas a cursos d’água, topos de morros e outras zonas ambientalmente protegidas (conforme Art. 4º) e conceitos como “área urbana consolidada” (Art. 3º) é elemento que pode influenciar o desenho territorial para a implementação de sistemas de UAM.

Resumo: Lei Nº 12.651/2012 (Código Florestal)

- **Objetivo da Lei:** Estabelece normas sobre proteção e uso da vegetação nativa.
- **Definições:** Define conceitos como Área de Preservação Permanente (APP) e área urbana consolidada.
- **Tipos de APP:** Lista as áreas consideradas APPs, como faixas marginais de rios, entorno de lagos, nascentes e encostas.
- **Áreas Verdes Urbanas:** Apresenta instrumentos municipais para a criação de áreas verdes.
- **Implicações para UAM:** As restrições em APPs e as regras de intervenção podem condicionar a localização de infraestruturas, como vertiportos.

5.18.6 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – Lei Nº 12.651/2012 - Código Florestal

Tabela 5.18: Avaliação PESTEL da Lei Nº 12.651/2012 - Código Florestal

Fator	Pontuação (1–5)	Justificativa
Político	3/5	Impacto moderado ao estabelecer política nacional de proteção vegetal com competências municipais para criação de áreas verdes urbanas, criando estrutura de governança ambiental que condiciona políticas de uso do solo para UAM.
Econômico	2/5	Impacto pontual ao criar restrições de uso do solo que podem aumentar custos de implantação de infraestruturas de UAM em áreas protegidas, sem mencionar incentivos econômicos ou mecanismos de compensação específicos.





Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Social	2/5	Impacto marginal ao visar preservação de paisagem e biodiversidade que pode contribuir para qualidade de vida urbana, mas sem foco específico em inclusão social, equidade ou aceitação pública de infraestruturas de transporte.
Tecnológico	1/5	Ausência de referência a requisitos tecnológicos, sistemas de comunicação, navegação ou qualquer aspecto técnico relacionado à infraestrutura ou operações de transporte aéreo urbano.
Ambiental	5/5	Impacto direto e abrangente ao estabelecer proteção legal para vegetação nativa, APPs em zonas urbanas e rurais, com restrições específicas para intervenção em áreas protegidas que condicionam diretamente a localização de vertipor-tos e rotas de UAM.

5.19 Lei nº 12.725/2012 Controle da fauna nas imediações de aeródromos

Esta Lei estabelece regras que visam à diminuição do risco de acidentes e incidentes aeronáuticos decorrentes da colisão de aeronaves com espécimes da fauna nas imediações de aeródromos. A Figura 5.20 apresenta a nuvem de palavras referentes a esse documento:





um instrumento territorial para mitigar conflitos entre fauna e operações aéreas.

5.19.3 Artigo 4º

As obrigações relativas às restrições do Programa Nacional de Gerenciamento do Risco da Fauna (PNGRF) são detalhadas no Artigo 4º. A autoridade municipal deve observar essas restrições no ordenamento e controle do uso do solo urbano, incluindo a implementação e fiscalização. A autoridade ambiental as aplica no licenciamento e fiscalização, pelo inciso II, e o operador do aeródromo na administração do sítio, pelo inciso III. O parágrafo 1º estende essas restrições a propriedades rurais na ASA, sujeitas à fiscalização municipal, e o parágrafo 2º determina que instrumentos de planejamento municipal, como zoneamento, incorporem tais disposições. Consequentemente, o planejamento urbano deve integrar essas diretrizes para garantir conformidade.

5.19.4 Artigo 5º

O fornecimento de informações por entidades envolvidas é tratado no Artigo 5º. A administração pública em todos os níveis, operadores de aeródromos e proprietários de imóveis na ASA são obrigados a prestar dados solicitados pelas autoridades de aviação civil ou aeronáutica militar. Essa exigência facilita a coleta de informações necessárias para o gerenciamento de riscos. Portanto, a transparência e a cooperação são elementos necessários para a efetividade das medidas.

5.19.5 Artigo 6º

As autorizações para manejo da fauna em aeródromos são reguladas no Artigo 6º. A aprovação do Plano de Manejo da Fauna em Aeródromos (PMFA) pela autoridade ambiental é necessária para intervenções, que podem incluir manejo ambiental, captura e translocação, entre outras ações, conforme incisos I a V. O parágrafo 1º estabelece que o PMFA deve avaliar métodos de controle de riscos de colisão com base em dados científicos. Assim, o manejo é estruturado para balancear aspectos operacionais e ecológicos.





5.19.6 Artigo 7º

As infrações relacionadas a atividades na ASA são listadas no Artigo 7º. Implantar ou operar atividades com potencial atrativo de fauna sem aprovação das autoridades municipal e ambiental constitui infração, pelo inciso I, assim como desenvolver ou permitir atividades proibidas, pelo inciso II.

5.19.7 Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)

A conexão desta Lei com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM) deriva de suas disposições sobre aeródromos e restrições territoriais. O Artigo 2º define aeródromo de forma ampla, abrangendo infraestruturas como heliportos e, por extensão, vertiportos usados em UAM. A ASA, com suas limitações de uso do solo no raio de 20 km, requer que o planejamento municipal e o licenciamento ambiental incorporem essas restrições, conforme Artigo 4º. Isso influencia a localização e operação de vertiportos, pois atividades atrativas de fauna devem ser controladas para reduzir riscos operacionais. Portanto, a Lei estabelece parâmetros que afetam diretamente o desenvolvimento de infraestruturas de UAM em contextos urbanos.

Resumo: Lei nº 12.725/2012

Esta lei estabelece a Área de Segurança Aeroportuária (ASA) com um raio de 20 km ao redor de aeródromos, onde se aplicam restrições de uso e ocupação do solo. As autoridades municipais devem incorporar essas restrições no planejamento territorial e no licenciamento ambiental. O documento define atividades atrativas de fauna e estabelece sanções para infrações. Suas disposições se aplicam a aeródromos, incluindo infraestruturas de UAM, como vertiportos.

5.19.8 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – Lei nº 12.725/2012 - Controle da fauna nas imediações de aeródromos





Tabela 5.19: Avaliação PESTEL da Lei nº 12.725/2012

Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Político	4/5	Estabelece articulação federativa entre autoridades de aviação civil, municipais e ambientais, criando estrutura de governança territorial obrigatória para aeródromos que se aplica diretamente a vertiportos UAM.
Econômico	3/5	Implica custos adicionais para controle de fauna e restrições de uso do solo que impactam a viabilidade econômica de vertiportos, mas sem tratar de incentivos ou financiamento específico.
Social	3/5	Foca na segurança operacional que beneficia a população vizinha, com impacto moderado na aceitação social, mas não aborda especificamente equidade ou inclusão no acesso à UAM.
Tecnológico	2/5	Estabelece requisitos gerais para manejo ambiental de aeródromos, mas não aborda tecnologias avançadas de comunicação, navegação ou infraestrutura específica para UAM.
Ambiental	4/5	Impacto relevante ao exigir licenciamento ambiental específico, planos de manejo da fauna e restrições a atividades atrativas de fauna, condicionando a implantação de vertiportos a critérios ambientais.

5.20 Lei nº 6.902/1981 - Criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental

A Lei nº 6.902/1981 dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental (APAs). Define as Estações Ecológicas como áreas destinadas à realização de pesquisas ecológicas básicas e aplicadas, à proteção do ambiente natural e ao desenvolvimento de atividades de educação ambiental. A Figura 5.21 apresenta a nuvem de palavras referentes a esse documento:





ou risco de extinção de espécies raras.

5.20.4 *Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)*

A Lei nº 6.902/1981 apresenta implicações diretas para o planejamento de infraestruturas vinculadas à UAM. Inicialmente, as disposições relativas às Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental, especialmente nos artigos 1º, 8º e 9º, estabelecem restrições quanto ao uso do solo e à execução de obras que possam interferir nas condições ecológicas. Em desenvolvimento, tais limitações devem ser consideradas no processo de definição de vertiportos, rotas de voo e demais elementos estruturais da mobilidade aérea urbana. Em conclusão, a aplicação dessa legislação assegura que a implantação de projetos de UAM ocorra em conformidade com as normas ambientais, evitando sobreposição com áreas de preservação e garantindo a compatibilidade entre inovação tecnológica e conservação dos ecossistemas.

Resumo: Lei Nº 6.902/1981 - Criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental

- Define Estações Ecológicas como áreas representativas de ecossistemas brasileiros destinadas à pesquisa e preservação ambiental.
- Autoriza União, Estados e Municípios a criarem Estações Ecológicas, com limites e órgãos administrativos definidos.
- Determina que as Estações Ecológicas possibilitem estudos comparativos entre áreas naturais e modificadas.
- Permite ao Poder Executivo declarar áreas como de interesse para proteção ambiental, visando à conservação ecológica e ao bem-estar humano.
- Estabelece restrições em Áreas de Proteção Ambiental, proibindo atividades que causem poluição, erosão, assoreamento ou ameaça à fauna e flora.
- Implica na necessidade de compatibilizar projetos de UAM com zonas de preservação, assegurando conformidade com normas ambientais e de ordenamento territorial.

5.20.5 *Pontuação PESTEL*

Análise PESTEL – Lei nº 6.902/1981 - Estações Ecológicas e APAs





Tabela 5.20: Avaliação PESTEL da Lei nº 6.902/1981

Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Político	3/5	Impacto moderado ao estabelecer competência tripartite (União, Estados, Municípios) para criação de unidades de conservação, criando estrutura de governança ambiental que condiciona políticas de ordenamento territorial relevantes para UAM.
Econômico	2/5	Impacto pontual ao criar restrições que podem aumentar custos de implantação de infraestruturas próximas a áreas protegidas, sem mencionar incentivos econômicos ou mecanismos de compensação para projetos de transporte sustentável.
Social	2/5	Impacto marginal ao visar bem-estar humano através da conservação ambiental, criando benefícios indiretos para qualidade de vida, mas sem foco específico em inclusão social ou aceitação pública de infraestruturas de transporte.
Tecnológico	1/5	Ausência completa de referência a requisitos tecnológicos, sistemas de comunicação, infraestrutura técnica ou qualquer aspecto tecnológico relacionado a operações de transporte ou mobilidade urbana.
Ambiental	5/5	Impacto direto e abrangente ao criar instrumentos legais para proteção ambiental (Estações Ecológicas e APAs) com restrições específicas a atividades poluidoras e obras que alterem condições ecológicas, condicionando diretamente a localização de vertiportos e rotas de UAM.

5.21 Lei Nº 15.190/2025 – Lei Geral do Licenciamento Ambiental

Esta Lei estabelece normas gerais para o licenciamento de atividade ou de empreendimento utilizador de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidor ou





capaz, sob qualquer forma, de causar degradação do meio ambiente. A ementa indica que a lei dispõe sobre o licenciamento ambiental, regulamenta o inciso IV do § 1º do art. 225 da Constituição Federal, altera as Leis nºs 9.605/1998, 9.985/2000 e 6.938/1981, revoga dispositivos das Leis nºs 7.661/1988 e 11.428/2006, e dá outras providências (p. 1). A Figura 5.22 apresenta a nuvem de palavras referentes a esse documento:



Figura 5.22: Palavras-chave da Lei Geral do Licenciamento Ambiental

5.21.1 Artigo 1º

O âmbito de aplicação da lei abrange normas gerais para o licenciamento de atividades ou empreendimentos que utilizem recursos ambientais. Esta aplicação estende-se ao licenciamento ambiental realizado perante os órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama). A lei observa as atribuições estabelecidas na Lei Complementar nº 140, de 2011 (p. 1).

5.21.2 Artigo 4º

As atividades de construção, instalação, ampliação e operação de empreendimentos estão sujeitas a requisitos de licenciamento. Estão sujeitas a prévio licenciamento ambiental perante a autoridade licenciadora integrante do Sisnama as atividades utilizadoras de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidoras ou capazes de causar degradação ambiental. Este requisito não exclui a necessidade de outras





licenças, outorgas e autorizações cabíveis (p. 2).

5.21.3 *Artigo 12*

O licenciamento ambiental em âmbito municipal ou distrital possui procedimentos específicos. A aprovação do projeto de atividade ou de empreendimento deve ocorrer mediante a emissão de licença urbanística e ambiental integrada nos casos de regularização ambiental ou fundiária de assentamentos urbanos. Aplica-se também à urbanização de núcleos urbanos informais e parcelamento de solo urbano (p. 4).

5.21.4 *Artigo 14*

O gerenciamento de impactos ambientais segue uma sequência definida de ações. A fixação de condicionantes das licenças ambientais deve atender à ordem de objetivos prioritários: prevenção dos impactos ambientais negativos; mitigação dos impactos ambientais negativos; e compensação dos impactos ambientais negativos, na impossibilidade de observância dos itens anteriores (p. 4-5).

5.21.5 *Artigo 17*

A relação entre licenciamento ambiental e outros instrumentos urbanísticos é estabelecida com autonomia. O licenciamento ambiental independe da emissão da certidão de uso, parcelamento e ocupação do solo urbano emitida pelos Municípios, bem como de autorizações e outorgas de órgãos não integrantes do Sisnama. O empreendedor mantém a obrigação de atender à legislação aplicável a esses atos administrativos (p. 5).

5.21.6 *Artigo 35*

O sistema de informações ambientais inclui componente específico para licenciamento. O Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente (Sinima) deve conter subsistema que integre as informações sobre os licenciamentos ambientais realizados nos âmbitos federal, estadual, distrital e municipal. O sistema opera com as bases de dados mantidas pelas respectivas autoridades licenciadoras, utilizando, quando cabível, informações georreferenciadas (p. 8).





5.21.7 Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)

A Lei Geral do Licenciamento Ambiental estabelece requisitos aplicáveis a infraestruturas de transporte aéreo. A construção, instalação, ampliação e operação de empreendimentos utilizadores de recursos ambientais estão sujeitas a licenciamento ambiental perante a autoridade competente (art. 4º, p. 2), disposição que abrange infraestruturas de UAM como vertiportos, operações de aeronaves e sistemas de apoio em solo.

Os aspectos de integração urbana e gestão de informações possuem implicações para projetos de mobilidade aérea. A exigência de integração entre licenças urbanísticas e ambientais em âmbito municipal (art. 12, p. 4) e a previsão de utilização de informações georreferenciadas no sistema nacional de informações ambientais (art. 35, p. 8) indicam a necessidade de planejamento territorial urbano integrado para implantação de projetos de UAM. A hierarquia de mitigação de impactos (art. 14, p. 4-5) aplica-se ao ciclo de vida desses empreendimentos.

Resumo: Lei Geral do Licenciamento Ambiental

- Estabelece normas gerais para licenciamento ambiental de atividades utilizadoras de recursos ambientais
- Aplica-se aos órgãos e entidades do Sisnama (União, Estados, DF e Municípios)
- Sujeita à licença prévia atividades de construção, instalação, ampliação e operação
- Estabelece licença urbanística e ambiental integrada para municípios
- Define ordem prioritária para gerenciamento de impactos: prevenção, mitigação e compensação
- Mantém independência do licenciamento em relação a certidões de uso do solo
- Determina integração de dados de licenciamento no Sinima
- Estabelece aplicação a infraestruturas de Mobilidade Aérea Urbana (UAM)
- Requer planejamento territorial integrado para projetos de UAM
- Define uso de informações georreferenciadas no sistema ambiental





5.21.8 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – Lei Nº 15.190/2025 – Lei Geral do Licenciamento Ambiental

Tabela 5.21: Avaliação PESTEL da Lei Nº 15.190/2025

Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Político	5/5	Estabelece a estrutura federativa completa do licenciamento ambiental com articulação entre União, estados e municípios, criando sistema nacional de governança ambiental com impacto direto e abrangente na implantação de infraestruturas UAM.
Econômico	4/5	Impacto relevante ao definir requisitos obrigatórios que afetam custos e prazos de implantação de vertiportos, estabelecendo condicionantes econômicas significativas para a viabilidade financeira dos projetos UAM.
Social	3/5	Estabelece mecanismos de prevenção e mitigação de impactos que beneficiam comunidades vizinhas, com impacto moderado na aceitação social, mas sem tratar especificamente de equidade ou inclusão no acesso à UAM.
Tecnológico	3/5	Exige uso de informações georreferenciadas e integração de sistemas, com impacto moderado na infraestrutura tecnológica, mas não aborda especificamente tecnologias avançadas de comunicação ou navegação para UAM.
Ambiental	5/5	Impacto direto e abrangente ao instituir regime nacional de licenciamento ambiental obrigatório para infraestruturas UAM, com hierarquia de mitigação de impactos e integração com planejamento territorial urbano.





5.22.2 Artigo 5º

O estudo de impacto ambiental deve considerar alternativas tecnológicas e de localização do projeto, conforme estabelece o Artigo 5º. O documento exige a identificação e avaliação sistemática dos impactos ambientais nas fases de implantação e operação. Adicionalmente, determina a definição dos limites da área geográfica afetada pelos impactos, considerando a bacia hidrográfica onde se localiza o empreendimento. Estes requisitos orientam a análise da localização e dos efeitos territoriais do projeto.

5.22.3 Artigo 6º

O Artigo 6º especifica o conteúdo mínimo do estudo de impacto ambiental, incluindo diagnóstico ambiental da área de influência. Este diagnóstico compreende a análise do meio físico, abrangendo subsolo, águas, ar, clima, topografia e tipos de solo. Inclui também o meio biológico e ecossistemas naturais, com destaque para fauna e flora, e o meio socioeconômico, considerando uso e ocupação do solo, usos da água e aspectos culturais. Esta análise fornece elementos para avaliar a relação do projeto com o território.

5.22.4 Artigo 9º

O RIMA deve apresentar as conclusões do estudo de impacto ambiental, de acordo com o Artigo 9º. O relatório precisa conter a descrição do projeto e suas alternativas tecnológicas e locacionais, especificando a área de influência. Deve incluir ainda síntese dos diagnósticos ambientais e descrição dos prováveis impactos ambientais da implantação e operação. Estes elementos permitem compreender os efeitos territoriais do empreendimento.

5.22.5 Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)

A Resolução CONAMA nº 1/1986 aplica-se ao licenciamento de aeroportos, categoria que inclui vertiportos para aeronaves VTOL. O documento estabelece a exigência de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e RIMA para estas infraestruturas, conforme Artigo 2º. A resolução determina a análise de alternativas de localização e avaliação de impactos ambientais nas fases de implantação e operação, conforme Artigo 5º. Estas disposições fornecem base legal para considerar os efeitos territoriais de





infraestruturas de UAM no processo de licenciamento ambiental.

Resumo: Resolução CONAMA Nº 1/1986

- Estabelece critérios para avaliação de impacto ambiental
- Define atividades sujeitas a EIA/RIMA, incluindo aeroportos
- Estabelece diretrizes para análise de alternativas de localização
- Requer diagnóstico ambiental da área de influência
- Define conteúdo mínimo do RIMA

5.22.6 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – Resolução CONAMA Nº 1/1986

Tabela 5.22: Avaliação PESTEL da Resolução CONAMA Nº 1/1986

Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Político	4/5	Impacto relevante ao estabelecer diretrizes nacionais para avaliação ambiental através do CONAMA, criando estrutura de governança ambiental com competências estaduais e federais que condicionam políticas setoriais incluindo transporte aéreo.
Econômico	3/5	Impacto moderado ao criar obrigação de EIA/RIMA que gera custos significativos de compliance para infraestruturas aeroportuárias incluindo vertiportos, influenciando a viabilidade econômica de projetos de UAM através de exigências processuais.
Social	4/5	Impacto relevante ao exigir análise de impactos na saúde pública e condições socioeconômicas, incluindo aspectos culturais e uso do solo, criando instrumento para avaliação de aceitação social e mitigação de efeitos negativos sobre comunidades.





5.23.1 *Artigo 2º*

O licenciamento ambiental é exigido para empreendimentos que utilizam recursos ambientais e apresentam potencial poluidor. A norma estabelece que a localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação destas atividades dependem de autorização prévia do órgão ambiental competente. O parágrafo 1º especifica que os empreendimentos sujeitos a este regime estão listados no Anexo 1 da resolução, enquanto o parágrafo 2º atribui ao órgão ambiental a definição de critérios complementares considerando especificidades, riscos ambientais e porte das atividades.

5.23.2 *Artigo 10*

A compatibilidade com o ordenamento territorial municipal é requisito no processo de licenciamento ambiental. O parágrafo 1º determina a apresentação de certidão da Prefeitura Municipal atestando conformidade com a legislação de uso e ocupação do solo. Esta disposição vincula o licenciamento ambiental à aprovação municipal relativa ao parcelamento do território. Dessa forma, integra as decisões de planejamento territorial ao processo administrativo ambiental.

5.23.3 *Anexo 1*

O Anexo 1 enumera categorias de atividades sujeitas ao licenciamento ambiental. Na seção "Transporte, terminais e depósitos" são relacionados "portos e aeroportos", enquanto "Obras civis" inclui "rodovias, ferrovias, hidrovias, metropolitanos" e "outras obras de arte". A seção "Serviços de utilidade" abrange "produção de energia termoelétrica" e "transmissão de energia elétrica", e "Atividades diversas" compreende "parcelamento do solo" e "distrito e pólo industrial". Essas categorias envolvem infraestruturas que demandam avaliação ambiental prévia à implantação.

5.23.4 *Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)*

A Resolução CONAMA nº 237/1997 apresenta aplicabilidade ao ecossistema de UAM através do licenciamento ambiental de infraestruturas aeroportuárias. O Anexo 1 inclui "portos e aeroportos" entre as atividades sujeitas a licenciamento, categoria que pode abranger vertiportos considerando sua equiparação regulatória a heliportos. Adicionalmente, a exigência de conformidade com legislação municipal de uso





do solo, estabelecida no Artigo 10, § 1º, integra o licenciamento ambiental ao planejamento territorial urbano. Portanto, a resolução constitui instrumento legal relevante para implantação de infraestrutura de UAM.

Resumo: Resolução CONAMA Nº 237/1997

- Estabelece procedimentos para licenciamento ambiental de atividades potencialmente poluidoras
- Define competências dos órgãos ambientais federais, estaduais e municipais
- Especifica três tipos de licenças: Prévia, Instalação e Operação
- Inclui infraestrutura de transporte no Anexo 1 de atividades sujeitas a licenciamento
- Exige compatibilidade com legislação municipal de uso do solo

5.23.5 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – Resolução CONAMA Nº 237/1997

Tabela 5.23: Avaliação PESTEL da Resolução CONAMA Nº 237/1997

Fator	Pontuação (1–5)	Justificativa
Político	4/5	Estabelece estrutura de governança ambiental com competências distribuídas entre órgãos federais, estaduais e municipais, criando mecanismo de coordenação federativa relevante para licenciamento de infraestruturas UAM.
Econômico	3/5	Impacto moderado ao estabelecer requisitos obrigatórios de licenciamento que afetam custos e prazos de implantação de vertiportos, mas sem tratar especificamente de incentivos ou modelos econômicos.
Social	2/5	Benefícios indiretos através da prevenção de impactos ambientais que afetam comunidades, mas sem abordar especificamente aceitação social, equidade ou inclusão no acesso à UAM.





Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Tecnológico	2/5	Estabelece requisitos gerais para estudos ambientais que podem incluir aspectos tecnológicos, mas não aborda especificamente tecnologias avançadas de comunicação ou infraestrutura para UAM.
Ambiental	5/5	Impacto direto e abrangente ao instituir regime obrigatório de licenciamento ambiental para aeroportos e infraestruturas de transporte, aplicável a vertiportos UAM, com exigência de estudos ambientais específicos.

5.24 RBAC N° 155 - Helipontos

Este documento constitui o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil n° 155 (RBAC n° 155), Emenda n° 01, intitulado "Helipontos", aprovado pela Resolução n° 737, de 09.02.2024, com vigência a partir de 01.03.2024. Sua origem é a SIA da ANAC. O regulamento estabelece requisitos e parâmetros de segurança operacional para as etapas de projeto, construção, modificação e operação de helipontos, sendo de cumprimento obrigatório para operadores de helipontos civis públicos e, em parte, para helipontos civis privados elevados, conforme disposto na Subparte A, seção 155.1. A Figura 5.25 apresenta a nuvem de palavras referentes a esse documento:



Figura 5.25: Palavras-chave do RBAC N° 155 - Helipontos





5.24.1 Subparte A — Generalidades

A aplicabilidade do regulamento é definida para diferentes categorias de helipontos. O documento é obrigatório para operadores de helipontos civis públicos e para operadores de helipontos civis privados elevados, enquanto para helipontos civis privados ao nível do solo o cumprimento é recomendado. O escopo exclui helipontos em embarcações, plataformas ou áreas de aproximação sobre água, conforme estabelece a seção 155.1.

As definições técnicas são apresentadas na seção 155.3, incluindo "Heliponto" como área delimitada em terra, na água ou em estrutura destinada ao pouso, decolagem e movimentação de helicópteros, podendo ser público ou privado. "Heliponto elevado" é definido como aquele construído acima do nível do solo, permitindo o trânsito de pessoas abaixo de sua estrutura. A seção 155.7 estabelece os sistemas de referência comuns, utilizando o Sistema Geodésico Mundial – 1984 (WGS-84) para coordenadas horizontais e o Nível médio do mar (MSL) para referência vertical.

5.24.2 Subparte D — Características Físicas

As características físicas dos helipontos são especificadas com base em parâmetros dimensionais. Todo heliponto deve possuir, no mínimo, uma FATO contendo uma TLOF, as quais devem ser livres de obstáculos e proporcionar efeito solo. Para helipontos elevados, o projeto deve considerar carga adicional resultante da presença de pessoas e equipamentos, conforme estabelece a seção 155.201.

As dimensões das áreas operacionais são definidas em relação à maior dimensão do helicóptero (D). Para helipontos ao nível do solo, a FATO deve conter uma circunferência de diâmetro não inferior a 1,5 D para helicópteros de performance 1, 2 e 3, de acordo com a seção 155.203. A TLOF deve conter uma circunferência de diâmetro não inferior a 0,83 D, conforme especificado na seção 155.207.

As áreas de segurança representam outro componente das características físicas. Estas áreas devem circundar a FATO, estendendo-se, no mínimo, 0,25 D além do seu perímetro para helipontos ao nível do solo, com estabelecimento de rampas laterais protegidas, conforme a seção 155.209. Para helipontos elevados, a seção 155.223 especifica que a área de segurança deve se estender, no mínimo, 0,25 D para performance 1 e 0,5 D para performance 2 e 3. A seção 155.225 determina a instalação de grades ou redes de segurança em helipontos elevados quando a distância entre o perímetro da FATO e o da edificação for inferior a 1,5 m ou quando a diferença de





elevações for igual ou superior a 1,5 m.

5.24.3 Subparte E — Auxílios Visuais

Os requisitos para auxílios visuais são estabelecidos para garantir a operação segura de helipontos. A seção 155.301 determina a obrigatoriedade de um indicador de direção do vento (biruta) visível a um helicóptero em voo, com dimensões específicas para helipontos ao nível do solo e elevados. As seções 155.303 e 155.305 tratam da sinalização horizontal de identificação do heliponto, consistindo na letra "H" branca, sendo que para helipontos em hospitais a letra "H" é inserida sobre uma cruz vermelha.

A sinalização de massa máxima admissível na TLOF é abordada na seção 155.307. A sinalização do perímetro da FATO e da TLOF, bem como a sinalização de ponto de toque e posicionamento, são detalhadas nas seções 155.313, 155.315, 155.321 e 155.323. A seção 155.337 estabelece que as luzes não embutidas na área de segurança devem ser frangíveis e não ultrapassar 25 cm de altura.

Os sistemas de iluminação para operações noturnas são especificados em seções distintas. Os requisitos para iluminação da FATO e TLOF são estabelecidos nas seções 155.349 e 155.353, incluindo especificações para luzes de perímetro, holofotes e painéis luminescentes.

5.24.4 Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)

O RBAC nº 155 estabelece o regramento técnico para infraestrutura terrestre utilizada na operação de helicópteros, que representa um dos componentes da UAM. Ao definir parâmetros de segurança para localização, projeto, construção e operação de helipontos em ambiente terrestre, incluindo os elevados integrados ao tecido urbano, o regulamento fornece base para implantação de vertiportos e helipontos que suportarão operações de aeronaves de asas rotativas no contexto da UAM.

As disposições sobre helipontos elevados possuem particular relevância para ambientes urbanos. As especificações sobre áreas de segurança, grades de proteção e requisitos de sinalização e iluminação são aplicáveis à integração desta infraestrutura em áreas urbanas densas, conforme explicitado nas Subpartes D e E. A distinção entre helipontos públicos e privados, bem como as responsabilidades do operador delineadas na Subparte B, influenciam o planejamento e gestão do espaço aéreo urbano e da infraestrutura terrestre associada à UAM.





Resumo: RBAC Nº 155 - Helipontos

- Estabelece requisitos de segurança para projeto, construção e operação de helipontos
- Aplica-se a helipontos civis públicos e parcialmente a privados elevados
- Define heliponto como área para pouso, decolagem e movimentação de helicópteros
- Especifica características físicas incluindo FATO, TLOF e áreas de segurança
- Estabelece dimensões baseadas na maior dimensão do helicóptero (D)
- Prescreve auxílios visuais obrigatórios como biruta e sinalização horizontal
- Define requisitos para iluminação em operações noturnas
- Fornece base técnica para infraestrutura de Mobilidade Aérea Urbana (UAM)
- Especifica requisitos para helipontos elevados em ambiente urbano
- Estabelece sistemas de referência WGS-84 e MSL para coordenadas

5.24.5 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – RBAC Nº 155 - Helipontos

Tabela 5.24: Avaliação PESTEL do RBAC Nº 155 - Helipontos

Fator	Pontuação (1–5)	Justificativa
Político	3/5	Impacto moderado ao estabelecer regulamento técnico através da ANAC, demonstrando atuação estatal na regulação de infraestrutura aérea, mas sem políticas de fomento ou incentivos específicos para UAM.





Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Econômico	3/5	Impacto moderado ao definir padrões técnicos que influenciam custos de implantação e operação de infraestruturas, criando parâmetros para investimentos em helipontos/vertiportos, mas sem mencionar incentivos fiscais ou modelos de financiamento.
Social	4/5	Impacto relevante ao estabelecer requisitos de segurança física (grades, áreas de proteção) que contribuem para aceitação pública e gestão de riscos em ambientes urbanos, criando base técnica para licença social de operações.
Tecnológico	5/5	Impacto direto e abrangente ao especificar parâmetros técnicos detalhados para infraestrutura terrestre (dimensões FATO/TLOF, sistemas de referência WGS-84/MSL, iluminação, sinalização), convertendo requisitos operacionais em critérios vinculantes para uso do solo urbano.
Ambiental	2/5	Impacto pontual ao mencionar aspectos de segurança que podem ter implicações ambientais indiretas, mas sem referência específica a impactos ecológicos, poluição sonora, pegada de carbono ou requisitos ambientais para operações.

5.25 RBAC N° 161 - Planos de Zoneamento de Ruído de Aeródromos – PZR

Este RBAC apresenta os requisitos para a elaboração e aplicação do (Plano de Zoneamento de Ruído (PZR)) em aeródromos civis públicos. A finalidade do PZR é representar geograficamente a área de impacto do ruído aeronáutico, servindo como instrumento para coordenar o desenvolvimento dos aeródromos com as comunidades do entorno, conforme indicado no preâmbulo e na Subparte B, seção 161.11. O documento também define critérios técnicos para a análise de questões relacionadas ao ruído aeronáutico e determina a obrigatoriedade de um PZR para todo aeródromo civil público, o qual deve ser registrado na ANAC. A Figura 5.26 apresenta a nuvem





de palavras referentes a esse documento:

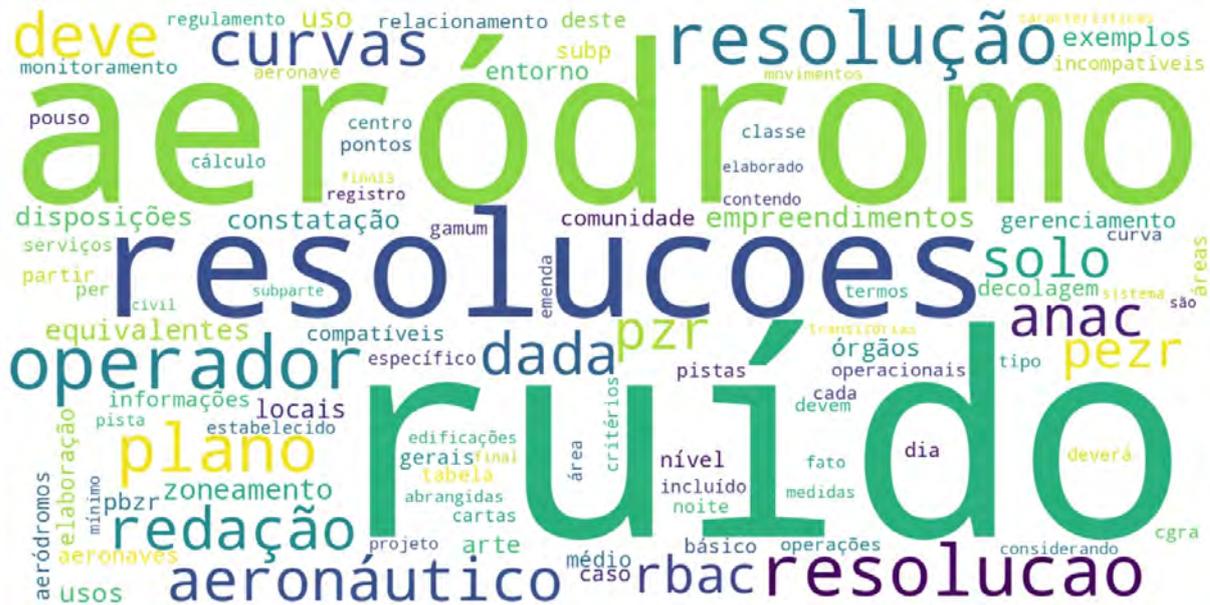


Figura 5.26: Palavras-chave do RBAC N° 161

5.25.1 Subparte A — Generalidades

Os termos e definições essenciais ao regulamento são detalhados na Subparte A. Entre eles, define o "Plano de Zoneamento de Ruído de Aeródromo – PZR" como o documento que representa geograficamente a área de impacto do ruído aeronáutico e atua como instrumento para compatibilizar o desenvolvimento dos aeródromos com as comunidades do entorno (a seção 161.1(k)). Adicionalmente, conceitua "Uso do solo" como o resultado de atividades urbanas ou rurais que envolvem controle, apropriação ou desenvolvimento de atividades antrópicas em um espaço, conforme a seção 161.1(t).

5.25.2 Subparte B — Plano de Zoneamento de Ruído

Estabelece para os operadores de aeródromos civis públicos, os requisitos de elaboração e aplicação do PZR e a composição das Curvas de Ruído (161.13 (b)).

5.25.3 Subparte C — Plano Básico de Zoneamento de Ruído

A Subparte C define o Plano Básico de Zoneamento de Ruído (PBZR), um plano simplificado com curvas de ruído de 75 e 65 dB. A elaboração baseia-se em quatro classes





de aeródromos, definidas pelo número médio de movimentos anuais. Para helipontos, a subparte especifica raios fixos para as curvas de 75 e 65 dB, sendo, respectivamente, 100 m e 300 m, traçados a partir do centro geométrico.

5.25.4 Subparte E — Uso do Solo

A Subparte E estabelece os usos do solo compatíveis e incompatíveis para as áreas abrangidas pelos Planos de Zoneamento de Ruído. Detalha a compatibilidade de diversos usos (residencial, educacional, saúde, recreacional, etc.) em função dos níveis de ruído médio dia-noite.

5.25.5 Subparte F — Relacionamento entre Operador de Aeródromo, Órgãos Locais e Comunidades do Entorno

A Subparte F detalha as responsabilidades do operador do aeródromo após o registro do PZR na ANAC. O operador deve iniciar ações de compatibilização do uso do solo junto aos municípios afetados pelas curvas de ruído e à comunidade local, devendo notificar a ANAC e os municípios ao identificar usos incompatíveis, conforme a seção 161.51. Para aeródromos com movimentação acima de 7.000 movimentos/ano, a seção 161.53(a) exige a instituição de uma (Comissão de Gerenciamento de Ruído Aeronáutico (CGRA)). Entre as atribuições da CGRA estão o estudo e a implementação de medidas para atenuar o impacto do ruído aeronáutico quando identificadas atividades incompatíveis com o PZR (seção 161.53(d)(1)), além da elaboração de um mapa da região baseado em reclamações, que orientará a seleção de pontos de monitoramento de ruído (seção 161.53(d)(6)).

5.25.6 Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)

O RBAC nº 161 possui relação com a UAM por definir a estrutura legal para o zoneamento de ruído aeronáutico. Tal estrutura é aplicável ao planejamento territorial urbano na integração de aeródromos e futuras infraestruturas de UAM, como vertiportos. A regulação requer a compatibilização do uso do solo nas áreas sob influência sonora, listando atividades permitidas ou restritas para diferentes faixas de ruído (Subpartes E e F). Esta abordagem estabelece, portanto, parâmetros técnicos para a inserção da UAM no espaço urbano e sua coexistência com outras funções da cidade.





Resumo: RBAC Nº 161

- O RBAC Nº 161 institui o Plano de Zoneamento de Ruído (PZR) para aeródromos civis públicos.
- O regulamento visa mapear o impacto do ruído aeronáutico e estabelecer critérios de compatibilidade para o uso do solo no entorno.
- Detalha os usos compatíveis e incompatíveis com base em níveis de ruído.
- Estipula as obrigações do operador do aeródromo, incluindo a interação com municípios e a criação de uma Comissão de Gerenciamento de Ruído (CGRA).

5.25.7 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – RBAC Nº 161 - Planos de Zoneamento de Ruído de Aeródromos

Tabela 5.25: Avaliação PESTEL do RBAC Nº 161

Fator	Pontuação (1–5)	Justificativa
Político	4/5	Estabelece estrutura de governança com articulação obrigatória entre operadores de aeródromos, municípios e ANAC, criando comissões de gestão de ruído (CGRA) com impacto relevante na coordenação federativa para UAM.
Econômico	3/5	Implica custos adicionais para elaboração de PZR e medidas de mitigação que impactam a viabilidade econômica de vertiportos, mas sem tratar especificamente de incentivos ou financiamento.
Social	5/5	Impacto direto e abrangente na aceitação social da UAM ao estabelecer critérios obrigatórios de compatibilidade de uso do solo, gestão de ruído e proteção de comunidades do entorno, elementos críticos para a licença social para operar.





5.26.1 Elementos de Fiscalização sobre Planos de Zoneamento de Ruído

Os elementos de fiscalização desta subseção abordam requisitos para elaboração e divulgação dos Planos de Zoneamento de Ruído (PZR). O Plano Básico de Zoneamento de Ruído (PBZR) deve conter planta em escala com identificação de vias e lotes, coordenadas geográficas, limites do sítio aeroportuário, curvas de ruído de 75 e 65 dB, escala gráfica e legenda. Estes requisitos asseguram que os PZR contenham informações técnicas necessárias para o planejamento urbano e controle do impacto sonoro.

5.26.2 Elementos de Fiscalização sobre Relatórios e Monitoramento

Esta subseção apresenta requisitos para elaboração de relatórios e transparência de informações sobre ruído aeronáutico. O operador deve preparar Relatório Anual de Ruído contendo dados sobre ações realizadas, número de reclamações entre outros.

5.26.3 Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)

O documento estabelece parâmetros para planejamento de áreas próximas a helipontos e FATO, incluindo representação de curvas de ruído e coordenadas geográficas, que fornecem subsídios para projeto de vertiportos. O CEF fornece orientações para incorporação de práticas de controle de ruído e uso do solo em operações de mobilidade aérea urbana.

Resumo: CEF RBAC nº 161

- Estabelece regras para elaboração e divulgação dos Planos de Zoneamento de Ruído (PZR) e do Plano Básico de Zoneamento de Ruído (PBZR).
- Relaciona-se à UAM ao fornecer parâmetros técnicos e mecanismos de gestão de ruído aplicáveis à operação de vertiportos e corredores aéreos urbanos.

5.26.4 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – CEF RBAC nº 161 - Zoneamento de Ruído





Tabela 5.26: Avaliação PESTEL do CEF RBAC nº 161

Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Político	3/5	Impacto moderado ao estabelecer procedimentos de fiscalização padronizados pela ANAC, demonstrando atuação regulatória estatal na gestão de impactos sonoros, mas sem políticas de fomento ou incentivos específicos.
Econômico	2/5	Impacto pontual ao criar obrigações de monitoramento e relatórios que geram custos operacionais para operadores de infraestruturas aéreas, mas sem mencionar incentivos econômicos ou mecanismos de financiamento para mitigação de ruído.
Social	4/5	Impacto relevante ao estabelecer mecanismos de gestão de ruído (PZR, PBZR) e transparência (Relatório Anual, reclamações) que são fundamentais para aceitação pública, mitigação de impactos percebidos e construção da licença social para operações de UAM.
Tecnológico	5/5	Impacto direto ao definir parâmetros técnicos para zoneamento acústico (curvas de 75/65 dB, coordenadas geográficas) que exigem capacitação técnica para implementação, mas sem especificar tecnologias de monitoramento ou sistemas avançados.
Ambiental	4/5	Impacto relevante ao focar especificamente na gestão da poluição sonora através de planos de zoneamento de ruído, criando instrumento regulatório direto para controle de impactos ambientais sonoros de operações aéreas urbanas.





5.27.2 Subparte B — Operações de Voo

Os procedimentos de localização de voo devem ser estabelecidos pelos operadores, fornecendo informações necessárias para planos de voo visual e permitindo notificação em caso de atraso ou desaparecimento de aeronave, conforme a seção 135.79. O manual geral da empresa precisa incluir procedimentos para determinação de mínimos de utilização de aeródromo e procedimentos especiais de tráfego aéreo, em conformidade com normas do Comando da Aeronáutica, segundo a seção 135.23.

5.27.3 Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)

Este RBAC estabelece marco regulatório para operações de aeronaves de pequeno porte e helicópteros, veículos considerados no âmbito da UAM. As disposições sobre requisitos operacionais para aeródromos, os procedimentos de localização de voo e a necessidade de um SGSO fornecem base para a integração dessas operações no espaço aéreo.

Resumo: RBAC nº 135

- Estabelece regras para operações de transporte aéreo com helicópteros
- Define requisitos operacionais de aeronavegabilidade
- Inclui disposições sobre gestão de segurança operacional

5.27.4 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – RBAC nº 135 - Operações de serviço de transporte aéreo com helicópteros

Tabela 5.27: Avaliação PESTEL do RBAC nº 135

Fator	Pontuação (1–5)	Justificativa
Político	3/5	Estabelece regulação técnica pela ANAC para operações de helicópteros, indicando envolvimento estatal no setor, mas com foco operacional limitado à aviação tradicional.





Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Econômico	3/5	Define requisitos operacionais que impactam custos de operação e gestão de segurança, com influência moderada na viabilidade econômica de serviços UAM baseados em helicópteros.
Social	2/5	Estabelece requisitos de segurança operacional que beneficiam passageiros, mas sem abordar especificamente aceitação pública, ruído ou impactos sociais da UAM em comunidades urbanas.
Tecnológico	3/5	Define requisitos técnicos para equipamentos e procedimentos de voo com impacto moderado na infraestrutura operacional, mas não aborda tecnologias avançadas específicas para eVTOL ou UAM.
Ambiental	2/5	Foca principalmente em aspectos operacionais de segurança, com impacto ambiental indireto através de procedimentos de voo, mas sem tratar especificamente de emissões, ruído ou licenciamento ambiental.

5.28 ICA 53-8 - Serviços de Informação Aeronáutica

Este documento aborda a ICA 53-8. A instrução estabelece requisitos para os Serviços de Informação Aeronáutica e aplica padrões do Anexo 15 da OACI e do Doc 8126, visando aprimorar a qualidade e integridade dos dados necessários para a navegação aérea. A Figura 5.29 apresenta a nuvem de palavras referentes a esse documento:





5.28.3 Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)

A instrução estabelece bases de dados e informações aeronáuticas aplicáveis ao planejamento e operação da UAM. As especificações técnicas para áreas de coleta de dados, fornecem estrutura para projeto e integração de vertiportos e corredores de voo em ambiente urbano. Os requisitos para conjuntos de dados digitais de terreno e obstáculos, particularmente nas Áreas 2, 3 e 4, são aplicáveis ao mapeamento de rotas aéreas urbanas e identificação de riscos em ambientes densamente construídos. Estes elementos técnicos suportam a navegação de aeronaves de UAM mediante garantia de integridade e qualidade dos dados.

Resumo: ICA 53-8

- Estabelece requisitos para Serviços de Informação Aeronáutica
- Define estrutura funcional e áreas de atuação do SIA
- Especifica conteúdo mínimo de dados aeronáuticos
- Regulamenta produtos de informação aeronáutica digital
- Estabelece requisitos para coleta de dados de terreno e obstáculos
- Fornece base técnica para operações de Mobilidade Aérea Urbana

5.28.4 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – ICA 53-8 - Serviços de Informação Aeronáutica

Tabela 5.28: Avaliação PESTEL da ICA 53-8

Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Político	3/5	Impacto moderado ao estabelecer estrutura de serviços de informação aeronáutica com harmonização internacional (OACI), demonstrando coordenação estatal na gestão de dados de navegação aérea, mas sem políticas de fomento específicas para UAM.





Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Econômico	2/5	Impacto pontual ao criar estrutura de coleta e gestão de dados que gera custos operacionais para o sistema aeronáutico, mas sem mencionar incentivos econômicos, financiamento ou impactos na viabilidade de negócios de UAM.
Social	2/5	Impacto marginal ao garantir qualidade de informações para segurança de voo, criando benefícios indiretos para confiança pública, mas sem foco específico em inclusão social, equidade ou aceitação pública de operações urbanas.
Tecnológico	5/5	Impacto direto e abrangente ao estabelecer requisitos detalhados para dados digitais de terreno e obstáculos (Produto e-TOD), sistemas de informação aeronáutica, metadados e integridade de dados essenciais para navegação CNS/ATM de aeronaves UAM em ambiente urbano complexo.
Ambiental	1/5	Ausência de referência a impactos ecológicos, gestão de recursos naturais, pegada de carbono ou qualquer requisito ambiental relacionado a operações aéreas ou infraestruturas.

5.29 ICA 11-408 - Restrições aos objetos projetados

Este documento foi aprovado pela Portaria nº 1.424/GC3 de 14 de dezembro de 2020 e entrou em vigor em 4 de janeiro de 2021. A finalidade da norma é estabelecer restrições impostas pelos Planos de Zona de Proteção a objetos projetados no espaço aéreo que possam afetar a segurança ou a regularidade das operações aéreas. A aplicação se estende a aeródromos públicos ou privados, civis ou militares, conforme especificado nas Seções 1.1 e 1.2, considerando o espaço aéreo nacional como recurso limitado que deve ser administrado para promover seu uso eficiente e a segurança das aeronaves. A Figura 5.30 apresenta a nuvem de palavras referentes a esse documento:



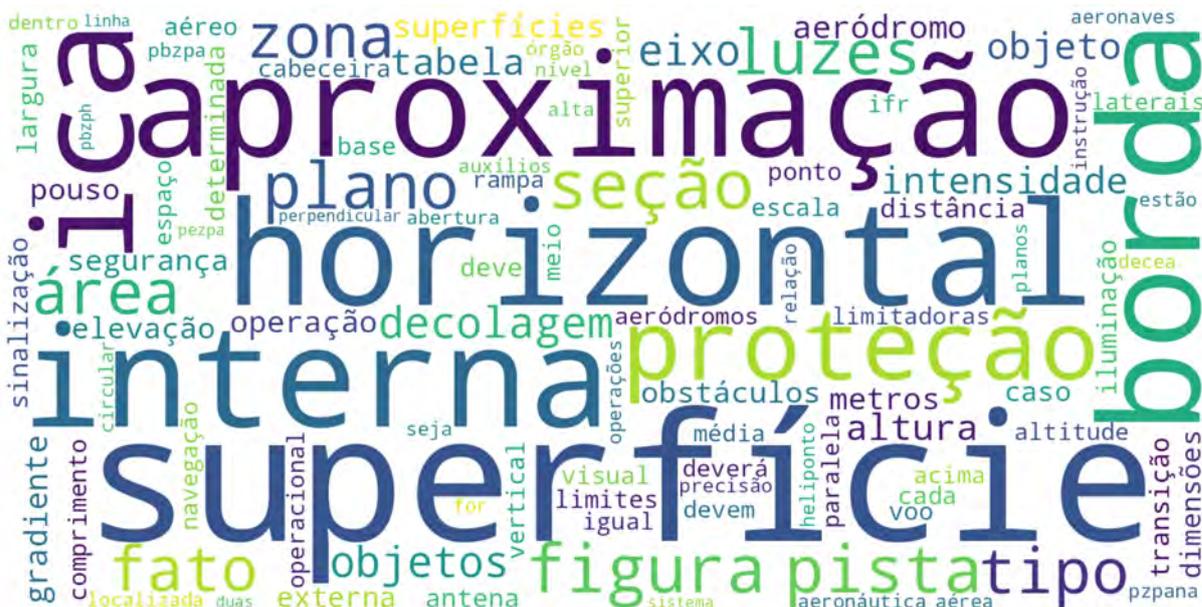


Figura 5.30: Palavras-chave da ICA 11-408 - Restrições aos objetos projetados

5.29.1 Capítulo 1 — Disposições Preliminares

O âmbito de aplicação da ICA 11-408 abrange quaisquer bens, privados ou públicos, sujeitos às restrições impostas pelos Planos Básico e Específico de Zona de Proteção de Aeródromo, Plano Básico de Zona de Proteção de Heliponto, Plano de Zona de Proteção de Rotas Especiais de Aviões e Helicópteros e pelo Plano de Zona de Proteção de Auxílios à Navegação Aérea, conforme a Seção 1.1. Estas disposições têm como objetivo aplicar restrições aos objetos projetados no espaço aéreo que possam afetar a segurança ou a regularidade das operações aéreas, de acordo com a Seção 1.2.

5.29.2 Capítulo 3 — Planos de Zona de Proteção

A elaboração dos Planos de Zona de Proteção deve considerar o Plano Diretor Aeroportuário aprovado pela ANAC e o planejamento para o espaço aéreo aprovado pelo DECEA, conforme estabelece a Seção 3.1.1. Nos casos de superposição de superfícies de diferentes planos, aplica-se o critério de prevalência da superfície mais restritiva, de acordo com a Seção 3.1.2. Os operadores de aeródromos têm a responsabilidade de definir os Municípios/Distrito impactados pelos Planos de Zona de Proteção e solicitar à administração municipal/distrital a emissão de declaração de ciência, conforme previsto na Seção 3.9.1.





5.29.3 *Capítulo 11 — Competências*

As atribuições da Administração Municipal/Distrital incluem compatibilizar o ordenamento territorial com os Planos de Zona de Proteção e demais restrições estabelecidas nesta Instrução. Compete também a estes órgãos fiscalizar os objetos projetados no espaço aéreo e o desenvolvimento de atividades urbanas quanto à sua adequação a esses planos, conforme disposto na Seção 11.5. Aos Órgãos Regionais do DECEA cabe coordenar com a administração municipal/distrital a observância das restrições impostas pelos Planos de Zona de Proteção, de acordo com a Seção 11.2.

5.29.4 *Capítulo 12 — Autos de Embargo*

As propriedades situadas nas proximidades de aeródromos e instalações de auxílio à navegação aérea estão sujeitas a restrições especiais relativas ao uso das propriedades. Estas restrições abrangem edificações, instalações e objetos de natureza permanente ou temporária, conforme estabelece a Seção 12.1. Às Administrações Públicas compete compatibilizar o zoneamento do uso do solo, nas áreas vizinhas aos aeródromos, com as restrições constantes dos Planos Básicos e Específicos, de acordo com a Seção 12.3.

5.29.5 *Capítulo 14 — Disposições Finais*

O cumprimento do estabelecido nesta ICA constitui atribuição conjunta das Autoridades Federais, Estaduais e Municipais. Estas entidades devem compatibilizar as normas referentes ao uso do solo com as restrições existentes nas áreas que integram os Planos de Zona de Proteção, conforme estabelecem as Seções 14.7 e 14.8.

5.29.6 *Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)*

A ICA 11-408 estabelece um regime de restrições ao uso do solo no entorno de aeródromos e helipontos, que são infraestruturas utilizadas para operação de aeronaves, incluindo potenciais veículos da UAM. Ao disciplinar a ocupação do solo por meio de Planos de Zona de Proteção, o documento busca garantir a segurança das operações aéreas, o que representa um elemento para a integração da UAM no espaço aéreo nacional. A exigência de compatibilização do ordenamento territorial municipal com estas restrições, conforme os Capítulos 11 e 14, influencia o planejamento urbano,





requerendo que os municípios considerem estas limitações em seus planos diretores e leis de uso do solo para viabilizar a implantação de infraestruturas e operações de UAM.

Resumo: ICA 11-408 - Restrições aos objetos projetados

- Estabelece restrições a objetos projetados no espaço aéreo baseadas em Planos de Zona de Proteção
- Considera espaço aéreo como recurso limitado a ser administrado
- Define competências de administrações municipais/distritais e órgãos do DECEA
- Estabelece autos de embargo para propriedades vizinhas a aeródromos
- Requer compatibilização do ordenamento territorial com restrições aeronáuticas
- Define atribuições conjuntas para autoridades federais, estaduais e municipais
- Estabelece base regulatória para operações de Mobilidade Aérea Urbana (UAM)
- Disciplina uso do solo no entorno de infraestruturas aéreas
- Influencia planejamento urbano através de restrições aeronáuticas

5.29.7 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – ICA 11-408 - Restrições aos objetos projetados

Tabela 5.29: Avaliação PESTEL da ICA 11-408

Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Político	5/5	Estabelece estrutura federativa completa com atribuições conjuntas para autoridades federais, estaduais e municipais, criando sistema de governança territorial obrigatório para proteção do espaço aéreo com impacto direto e abrangente na UAM.





Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Econômico	4/5	Impacto relevante ao impor restrições de uso do solo que afetam custos de implantação de vertiportos e valor de propriedades, estabelecendo condicionantes econômicas significativas para o desenvolvimento da UAM.
Social	3/5	Estabelece mecanismos de proteção de comunidades do entorno através de restrições a objetos projetados, com impacto moderado na segurança e aceitação social, mas sem tratar especificamente de inclusão ou equidade.
Tecnológico	5/5	Define critérios técnicos para planos de proteção que influenciam o desenvolvimento de infraestruturas, com impacto direto no planejamento tecnológico, mas não aborda especificamente comunicações ou navegação avançada.
Ambiental	2/5	Foca principalmente em segurança operacional através de restrições a objetos projetados, com impacto ambiental indireto através do controle do uso do solo, mas sem tratar especificamente de aspectos ecológicos ou licenciamento ambiental.

5.30 ICA 63-19 - Critérios de Análise Técnica da Área de Aeródromos (AGA)

Esta ICA, aprovada pela Portaria DECEA nº 292/DGCEA de 2020, tem como objetivo definir efeitos adversos e estabelecer critérios para desenvolvimento de estudo aeronáutico. O documento se aplica aos Órgãos Regionais do DECEA, ao Centro de Gerenciamento de Navegação Aérea (CGNA), ao ICA, aos Operadores de Aeródromo e demais interessados em submeter processos da área de aeródromos à apreciação do COMAER, conforme estabelecido no Capítulo 1. A Figura 5.31 apresenta a nuvem de palavras referentes a esse documento:





Figura 5.31: Palavras-chave da ICA 63-19 - Critérios de Análise Técnica da Área de Aeródromos

5.30.1 Capítulo 2 — Definições e Abreviaturas

As definições técnicas apresentadas neste capítulo estabelecem a terminologia empregada no documento. Um aeródromo é caracterizado como uma área definida em terra ou na água, destinada total ou parcialmente à chegada, partida e movimentação de aeronaves na superfície, recebendo a denominação de heliponto quando destinado exclusivamente a helicópteros (Item 2.1.1). Esta definição fornece a base conceitual para a aplicação dos critérios técnicos subsequentes.

O documento prossegue com a definição de heliponto elevado como aquele localizado sobre uma estrutura elevada (Item 2.1.51). Os Planos de Zona de Proteção, incluindo o Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo (PBZPA) e o Plano Básico de Zona de Proteção de Heliponto (PBZPH), são instrumentos utilizados para disciplinar a ocupação do solo com o objetivo de manter a segurança e regularidade das operações aéreas (Item 2.1.82). Um obstáculo é definido como todo objeto de natureza permanente ou temporária, fixo ou móvel, que se estenda acima das superfícies destinadas à proteção das aeronaves em voo e cause efeito adverso à segurança ou regularidade das operações aéreas (Item 2.1.63).





5.30.2 Capítulo 3 — Efeito Adverso

A caracterização do efeito adverso é estabelecida através de critérios objetivos. O efeito adverso causado por um OPEA é determinado quando um objeto ultrapassa os limites verticais das Superfícies Limitadoras de Obstáculos (OLS) de aproximação, decolagem, transição, horizontal interna, cônica, de aproximação interna, de transição interna ou de pouso interrompido (Item 3.2.5). Esta definição permite a identificação sistemática de interferências no espaço aéreo.

Outras situações também configuram efeito adverso, incluindo objetos caracterizados como de natureza perigosa, mesmo quando não ultrapassam os limites verticais das superfícies de aproximação, decolagem ou transição (Item 3.2.5). Para objetos existentes que foram implantados em conformidade com as normas vigentes à época, mas que se tornaram obstáculos devido ao estabelecimento ou modificação de uma Superfície Limitadora de Obstáculo, é prevista a realização de estudo aeronáutico para definir medidas necessárias à manutenção da segurança das operações (Item 3.2.14.5). O efeito adverso na Circulação Aérea Geral (CAG) pode ser determinado pela sobreposição das superfícies de proteção de circulação aérea de aeródromos vizinhos (Item 3.3.6).

5.30.3 Capítulo 4 — Critérios de Sombra

O princípio da sombra constitui um método de análise para objetos que ultrapassem os limites verticais das Superfícies Limitadoras de Obstáculos. Este princípio estabelece que tais objetos podem ser autorizados se estiverem encobertos por outros obstáculos mais altos, de acordo com critérios específicos definidos no Item 2.1.85.

A aplicação do princípio segue parâmetros técnicos precisos. Um obstáculo é considerado encoberto quando a sombra, projetada com um gradiente negativo de 10% a partir do objeto gerador de sombra, o encobrir totalmente dentro de uma distância horizontal de 150 metros (Item 4.1.1). Contudo, existem restrições à sua aplicação, sendo vedada para obstáculos às superfícies limitadoras de obstáculos de auxílios à navegação aérea transmissores de sinais eletromagnéticos (Item 4.1.5). Vegetação e objetos artificiais de fácil remoção, como postes e antenas, não constituem objeto gerador de sombra (Item 4.1.6).





5.30.4 Capítulo 5 — Estudo Aeronáutico

O estudo aeronáutico representa o processo formal de análise do efeito adverso à segurança ou à regularidade das operações aéreas. Este processo elenca medidas mitigadoras e classifica o prejuízo operacional da implementação dessas medidas em aceitável ou inaceitável, conforme definido no Item 2.1.43.

A aplicação do estudo aeronáutico ocorre em situações específicas. Para objetos existentes que constituam obstáculos, o estudo aeronáutico definirá as medidas necessárias para a manutenção da segurança das operações (Item 3.2.14.5). As medidas mitigadoras para operações VFR podem incluir o estabelecimento de trajetórias específicas para aproximação e decolagem, restrições de operação da aeronave e o estabelecimento de referências visuais obrigatórias, com o objetivo de evitar o voo próximo a edificações e/ou áreas habitadas (Item 5.2.7.2).

5.30.5 Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)

Este documento estabelece a estrutura regulatória para integração de infraestruturas de pouso e decolagem de aeronaves, incluindo helipontos elevados, em ambiente urbano. A ICA 63-19 define critérios técnicos para análise de objetos projetados no espaço aéreo e seus efeitos adversos, disciplinando a ocupação do solo no entorno dessas infraestruturas através de Planos de Zona de Proteção.

Os procedimentos estabelecidos para estudos aeronáuticos que avaliam e mitigam impactos operacionais representam elementos relevantes para o planejamento territorial de operações de UAM. Esta relação é fundamentada nos Itens 2.1.1, 2.1.51, 2.1.82, 3.2.5 e 5.2.7.2, que fornecem a base técnica para a implementação de infraestruturas de mobilidade aérea urbana.





Resumo: ICA 63-19 - Critérios de Análise Técnica da Área de Aeródromos

- Define efeito adverso e critérios para estudos aeronáuticos
- Aplica-se a órgãos do DECEA, operadores de aeródromo e interessados
- Estabelece definições técnicas para aeródromos, heliportos e obstáculos
- Especifica condições para caracterização de efeito adverso
- Estabelece princípio da sombra para análise de obstáculos
- Define procedimentos para estudos aeronáuticos e medidas mitigadoras
- Fornece base regulatória para infraestruturas de UAM (vertiportos)
- Estabelece critérios para integração de operações aéreas em ambiente urbano
- Define instrumentos de planejamento para compatibilidade com espaço aéreo existente

5.30.6 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – ICA 63-19 - Critérios de Análise Técnica da Área de Aeródromos

Tabela 5.30: Avaliação PESTEL da ICA 63-19

Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Político	4/5	Estabelece estrutura regulatória do DECEA com competências técnicas para análise de aeródromos e heliportos, criando mecanismos de governança aeronáutica relevantes para a implantação de vertiportos UAM.
Econômico	3/5	Define critérios técnicos que impactam custos de implantação através de estudos aeronáuticos obrigatórios e medidas mitigadoras, com influência moderada na viabilidade econômica de infraestruturas UAM.





Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Social	3/5	Estabelece critérios de proteção para comunidades do entorno através da análise de efeitos adversos, com impacto moderado na segurança e aceitação social, mas sem tratar especificamente de inclusão ou equidade.
Tecnológico	5/5	Impacto direto e abrangente ao definir critérios técnicos detalhados para superfícies de proteção, princípio da sombra e estudos aeronáuticos, estabelecendo parâmetros técnicos fundamentais para o projeto de vertiportos UAM.
Ambiental	2/5	Foca principalmente em segurança operacional através do controle de obstáculos, com impacto ambiental indireto através do ordenamento territorial, mas sem tratar especificamente de aspectos ecológicos ou licenciamento ambiental.

5.31 ICA 11-3 – Processos da Área de Aeródromos (AGA) no Âmbito do COMAER

A ICA nº 11-3, de 2020, define os procedimentos que orientam o COMAER na análise de planos diretores aeroportuários, na inscrição e alteração de cadastros de aeródromos junto à ANAC, na exploração de aeródromos civis públicos e na avaliação de objetos projetados no espaço aéreo. Sua aplicação é obrigatória para os órgãos do COMAER, operadores de aeródromos e demais interessados nesses processos, conforme disposto no Capítulo 1, Seções 1.1 e 1.2. A Figura 5.32 apresenta a nuvem de palavras referentes a esse documento:





à **exigência de PDIR**, embora continuem obrigados a cumprir as demais disposições da ICA 11-3, como as relativas aos PZP e à coordenação com administrações municipais.

Durante a análise, o operador do aeródromo deve solicitar às prefeituras a emissão de uma declaração de ciência sobre a área afetada pela proposta do PDIR (item 5.2.2.1). Após a aprovação do COMAER e a publicação dos PZP, o órgão regional do DECEA comunica as prefeituras envolvidas, que devem incorporar essas restrições em seus Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano, conforme item 5.2.10.5. Dessa forma, o planejamento urbano e o planejamento aeronáutico passam a atuar de maneira coordenada.

5.31.3 Capítulo 8 — Objetos Projetados no Espaço Aéreo (OPEA)

O Capítulo 8 trata dos OPEA — *Objetos Projetados no Espaço Aéreo* —, como torres, antenas ou edificações que possam interferir nas operações aéreas. A aprovação do COMAER tem validade de dois anos, prazo em que o interessado deve apresentar a deliberação à prefeitura para garantir a conformidade com as restrições impostas (item 8.1.4).

Caso um objeto cause efeito adverso às operações de um aeródromo ou heliponto, o órgão regional do DECEA deve notificar o município responsável pelo uso e ocupação do solo para que adote as medidas cabíveis (item 8.1.13). Se houver interesse público no projeto, o poder municipal ou estadual pode apresentar uma **Declaração de Interesse Público**, conforme previsto na ICA 11-408, permitindo a reavaliação mediante medidas mitigadoras e condicionantes (item 8.3).

5.31.4 Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)

A ICA 11-3 tem papel central na preparação regulatória para a UAM. Ao estabelecer os procedimentos para criação, modificação e operação de aeródromos e helipontos, ela fornece a base técnica e institucional para o desenvolvimento de **vertiportos** — estruturas equivalentes aos helipontos, mas voltadas a aeronaves elétricas de decolagem e pouso vertical (eVTOL).

Mesmo que a exigência do PDIR não se aplique a esses casos, conforme a **Resolução nº 153/2010 da ANAC**, os requisitos sobre PZP, OPEA e coordenação com prefeituras permanecem válidos. Esses instrumentos garantem que o uso do solo urbano seja compatível com as operações aéreas, evitando conflitos e riscos.





Ao integrar o planejamento aeronáutico com o planejamento urbano, a ICA 11-3 cria as condições necessárias para que a Mobilidade Aérea Urbana se desenvolva de forma **segura, ordenada e sustentável**, articulando o espaço aéreo, as cidades e as novas tecnologias de transporte aéreo.

Resumo: ICA 11-3 – Processos da Área de Aeródromos

- Define os processos do COMAER para análise de PDIR, cadastro e alteração de aeródromos junto à ANAC, exploração de aeródromos civis públicos e avaliação de OPEA.
- Apresenta conceitos fundamentais como aeródromo, heliponto, heliporto e PZP, que disciplinam o uso do solo no entorno de infraestruturas aeronáuticas para garantir a segurança operacional.
- Prevê a interação obrigatória com administrações municipais, que devem emitir declaração de ciência e incorporar as restrições dos PZP em seus Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU).
- No caso dos OPEA, permite recurso por interesse público, mediante declaração formal do Poder Municipal ou Estadual, analisada pelo COMAER com base em medidas mitigadoras.
- Conforme a Resolução nº 153/2010 da ANAC, o PDIR é obrigatório apenas para aeródromos que operem aeronaves com mais de 19 passageiros ou carga paga superior a 3.400 kg — ficando helipontos e vertiportos urbanos dispensados, embora sujeitos às demais exigências da ICA 11-3.
- Relaciona-se diretamente à UAM ao estabelecer critérios técnicos e urbanísticos para aeródromos e helipontos, fornecendo uma base regulatória para a implantação segura de vertiportos e outras infraestruturas aéreas nas cidades brasileiras.

5.31.5 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – ICA 11-3 – Processos da Área de Aeródromos





Tabela 5.31: Avaliação PESTEL da ICA 11-3

Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Político	4/5	Impacto relevante ao estabelecer coordenação federativa obrigatória entre COMAER, ANAC e municípios através de PZP e declarações de interesse público, criando estrutura de governança multinível essencial para integração de UAM no planejamento urbano.
Econômico	3/5	Impacto moderado ao isentar helipontos/vertiportos do PDIR obrigatório (Resolução 153/2010), reduzindo custos de implantação para infraestruturas de UAM, mas sem mencionar incentivos fiscais ou mecanismos de financiamento específicos.
Social	3/5	Impacto moderado ao prever mecanismos de participação municipal e interesse público que podem contribuir para aceitação social, mas sem foco específico em equidade, acessibilidade ou inclusão social de serviços de UAM.
Tecnológico	4/5	Impacto relevante ao estabelecer procedimentos técnicos para análise de OPEA e PZP que convertem requisitos de segurança operacional em critérios vinculantes para uso do solo urbano, essenciais para integração segura de vertiportos no ambiente construído.
Ambiental	2/5	Impacto pontual ao mencionar restrições de uso do solo que podem ter implicações ambientais indiretas, mas sem referência específica a impactos ecológicos, poluição sonora ou requisitos ambientais para operações aéreas urbanas.





durante operações de pouso e decolagem, os voos VFR sobre cidades, povoados, lugares habitados ou grupos de pessoas ao ar livre devem manter altura mínima de 300 metros acima do obstáculo mais alto num raio de 600 metros. Em áreas não habitadas, aplica-se altura mínima de 150 metros acima do solo ou água. Os voos VFR especiais representam uma categoria operacional autorizada para condições meteorológicas inferiores às Condições Meteorológicas de Voo Visual (VMC) em Zona de Controle (CTR) ou Zona de Tráfego de Aeródromo (ATZ) de aeródromo controlado, conforme estabelecido no Capítulo V, Seção VIII. Estes voos estão sujeitos a limites de velocidade máxima de 140 kt, restrição ao período entre o nascer e o pôr do sol, e mínimos operacionais de aeródromo específicos, de acordo com os Art. 128, 130, 132, 133 e 134.

5.32.3 Anexo VII - Definições

O Anexo VII fornece definições técnicas relevantes para operações aéreas urbanas, o termo "VTOL" é definido como aeronave de Pouso e Decolagem Vertical, abrangendo helicópteros e outras aeronaves com capacidades similares, de acordo com o item LVI.

5.32.4 Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)

O documento estabelece regras aplicáveis à operação de aeronaves em ambientes urbanos, com implicações para o planejamento territorial da UAM. As restrições de altura sobre áreas povoadas definem parâmetros para corredores de voo urbano e integração com o tecido urbano, conforme Art. 21 e Art. 110. As disposições sobre aeronaves remotamente pilotadas e a definição de VTOL reconhecem formalmente categorias de aeronaves utilizadas na UAM, sujeitando-as a regulamentação específica, de acordo com Art. 31 e Anexo VII. O regime de voo VFR especial oferece estrutura operacional para condições meteorológicas adversas em zonas controladas, relevante para operações urbanas de baixa altitude que exigem adaptação a variações climáticas locais.





Resumo: ICA 100-12 - Regras do Ar

- Estabelece regras para operação de aeronaves em espaço aéreo brasileiro
- Define requisitos para voos visuais (VFR) e por instrumentos (IFR)
- Inclui disposições sobre aeronaves VTOL
- Estabelece limites operacionais em áreas urbanas

5.32.5 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – ICA 100-12 - Regras do Ar

Tabela 5.32: Avaliação PESTEL da ICA 100-12

Fator	Pontuação (1–5)	Justificativa
Político	3/5	Impacto moderado ao estabelecer regras operacionais obrigatórias através do DECEA com harmonização internacional (OACI), demonstrando coordenação estatal na gestão do espaço aéreo, mas sem políticas de fomento específicas para UAM.
Econômico	2/5	Impacto pontual ao definir restrições operacionais que podem influenciar custos de operação de aeronaves UAM, mas sem mencionar incentivos econômicos, financiamento ou impactos na viabilidade de modelos de negócio.
Social	4/5	Impacto relevante ao estabelecer requisitos de segurança (alturas mínimas sobre áreas povoadas) que são fundamentais para aceitação pública, gestão de riscos e construção da licença social para operações de UAM em ambiente urbano denso.





Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Tecnológico	5/5	Impacto direto ao definir categorias operacionais específicas (VFR especial, VTOL) e requisitos técnicos para operação em CTR/ATZ que são essenciais para integração de sistemas CNS/ATM e navegação de aeronaves UAM no espaço aéreo urbano controlado.
Ambiental	1/5	Ausência de referência a impactos ecológicos, gestão de poluição sonora, eficiência energética ou qualquer requisito ambiental relacionado a operações aéreas urbanas.

5.33 ICA 100-36 - Processo de Solicitação para o Uso Especial do Espaço Aéreo

A ICA 100-36 constitui o instrumento normativo principal para delimitação de Espaço Aéreo Condicionado (EAC) e Zona de Restrição de Voo (FRZ) no território brasileiro. Esta instrução estabelece os procedimentos obrigatórios para solicitação, criação e gestão dessas áreas restritivas. O documento especifica os parâmetros técnicos para delimitação espacial dessas zonas, incluindo coordenadas geográficas, limites verticais e condições de acesso, com base no Capítulo IV, Art. 37. A publicização das áreas aprovadas ocorre através de produtos oficiais de Informação Aeronáutica (AIS) do DECEA, conforme estabelecido no Capítulo IV, Art. 35-36. A Figura 5.34 apresenta a nuvem de palavras referentes a esse documento:





Figura 5.34: Palavras-chave da ICA 100-36 - Delimitação de EAC e FRZ

5.33.1 Capítulo I - Disposições Preliminares

A fundamentação legal para delimitação de EAC e FRZ encontra-se nas disposições preliminares da ICA 100-36. O documento define EAC como "espaço aéreo de dimensões definidas para utilização de usuários específicos, incluindo Área Reservada Temporariamente - TRA, Área Segregada Temporariamente - TSA e Áreas Perigosas, Proibidas e Restritas", conforme Capítulo I, Art. 7º, inciso XI. A FRZ é caracterizada como "espaço aéreo de dimensões definidas, previsto em aeródromos, helipontos, EAC e outras áreas sensíveis, dentro do qual o voo de aeronaves não tripuladas é restringido", com base no Capítulo I, Art. 7º, inciso XXIII. Estas definições estabelecem a base conceitual para a delimitação prática desses espaços aéreos.

5.33.2 Capítulo III - Classificação

O sistema classificatório para EAC e FRZ determina a natureza e o grau das restrições impostas. Os EAC são classificados quanto à natureza em Reserva ou Restrição do espaço aéreo, sendo as Restrições subdivididas em áreas Proibidas (P), Restritas (R) ou Perigosas (D), conforme Capítulo III, Art. 20-21. As áreas Proibidas impedem totalmente o ingresso de aeronaves, enquanto as Restritas permitem acesso condicional e as Perigosas alertam sobre riscos potenciais, com base no Capítulo III, Art. 22-24. Quanto à duração, tanto EAC quanto FRZ podem ser classificados como temporários (EAC-T/FRZ-T) ou permanentes (EAC-P/FRZ-P), segundo Capítulo III, Art. 28-34. Esta





classificação direciona os procedimentos de delimitação e publicização de cada tipo de área.

5.33.3 Capítulo IV - Identificação e Características Operacionais

Os limites operacionais são definidos através de descrição precisa dos limites laterais utilizando segmentos de retas, arcos, raios e pontos em coordenadas WGS-84, e limites verticais expressos em altitude ou nível de voo com referência AGL, GND, MSL ou FL, com base no Capítulo IV, Art. 37. Estes parâmetros garantem a precisão na delimitação tridimensional dos volumes de espaço aéreo restrito.

5.33.4 Publicação e Divulgação

A publicização das delimitações de EAC e FRZ ocorre através de canais oficiais de informação aeronáutica. Os EAC e FRZ permanentes são cadastrados na AIP Brasil e divulgados em produtos AIS, conforme Capítulo IV, Art. 35 e Capítulo V, Art. 65-66. As áreas temporárias são publicadas através de NOTAMs específicos, com base no Capítulo V, Art. 67. O processo de divulgação é coordenado pelo ICA, que providencia a atualização nos produtos AIS e sistemas necessários, segundo Capítulo V, Art. 65. Esta estrutura garante que as delimitações estejam acessíveis à comunidade aeronáutica para consulta e compliance.

5.33.5 Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)

A delimitação de EAC e FRZ estabelecida pela ICA 100-36 possui implicações significativas para o planejamento da Mobilidade Aérea Urbana. As restrições espaciais definidas por EAC permanentes em áreas urbanas podem limitar o desenvolvimento de corredores aéreos para operações UAM, conforme Capítulo III, Art. 21-24. As FRZs em aeródromos, helipontos e áreas sensíveis restringem especificamente operações de aeronaves não tripuladas, afetando diretamente a implantação de serviços UAM, com base no Capítulo I, Art. 7º, inciso XXIII. O processo de solicitação via DASA, estabelecido no Capítulo V, Art. 38, representa o mecanismo formal para que operadores UAM possam requerer a criação ou modificação dessas áreas. A publicização através de produtos AIS, conforme Capítulo IV, Art. 35-36, fornece a transparência necessária para o planejamento territorial de infraestrutura UAM, permitindo a identificação prévia de conflitos espaciais.





Resumo: ICA 100-36 - Delimitação de EAC e FRZ

- Estabelece definições de EAC e FRZ.
- Determina publicização através de produtos AIS (AIP para permanentes, NOTAM para temporários)

5.33.6 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – ICA 100-36 - Processo de Solicitação para o Uso Especial do Espaço Aéreo

Tabela 5.33: Avaliação PESTEL da ICA 100-36

Fator	Pontuação (1–5)	Justificativa
Político	5/5	Estabelece o sistema nacional de controle do espaço aéreo através do DECEA, criando estrutura de governança estatal completa com poder para delimitar áreas restritas (EAC/FRZ) que impactam diretamente e abrangentemente a UAM.
Econômico	4/5	Impacto relevante ao definir restrições espaciais que condicionam o desenvolvimento de corredores aéreos e localização de vertiportos, estabelecendo limitações econômicas significativas para a viabilidade operacional da UAM.
Social	3/5	Estabelece mecanismos de proteção de áreas sensíveis através de FRZ, com impacto moderado na segurança e aceitação social, mas sem tratar especificamente de inclusão, equidade ou impactos comunitários da UAM.
Tecnológico	4/5	Define parâmetros técnicos precisos para delimitação tridimensional do espaço aéreo (coordenadas WGS-84, limites verticais) e sistemas de informação aeronáutica (AIS), com impacto relevante na infraestrutura tecnológica da UAM.





Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Ambiental	2/5	Foca principalmente em segurança operacional e controle do espaço aéreo, com impacto ambiental indireto através do ordenamento territorial, mas sem tratar especificamente de aspectos ecológicos ou licenciamento ambiental.

5.34 ICA 100-31 - Requisitos dos Serviços de Tráfego Aéreo

Esta Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA), aprovada pela Portaria DECEA/D-NOR1 nº 1.534/2024, estabelece requisitos para os Serviços de Tráfego Aéreo em complemento às demais legislações do DECEA. O documento aplica-se no âmbito do SIS-CEAB para fins de planejamento dos serviços de tráfego aéreo, estando em conformidade com o Anexo 11, Doc. 4444 e Doc. 9426 da OACI (Artigos 1º, 2º e 4º). A Figura 5.35 apresenta a nuvem de palavras referentes a esse documento:

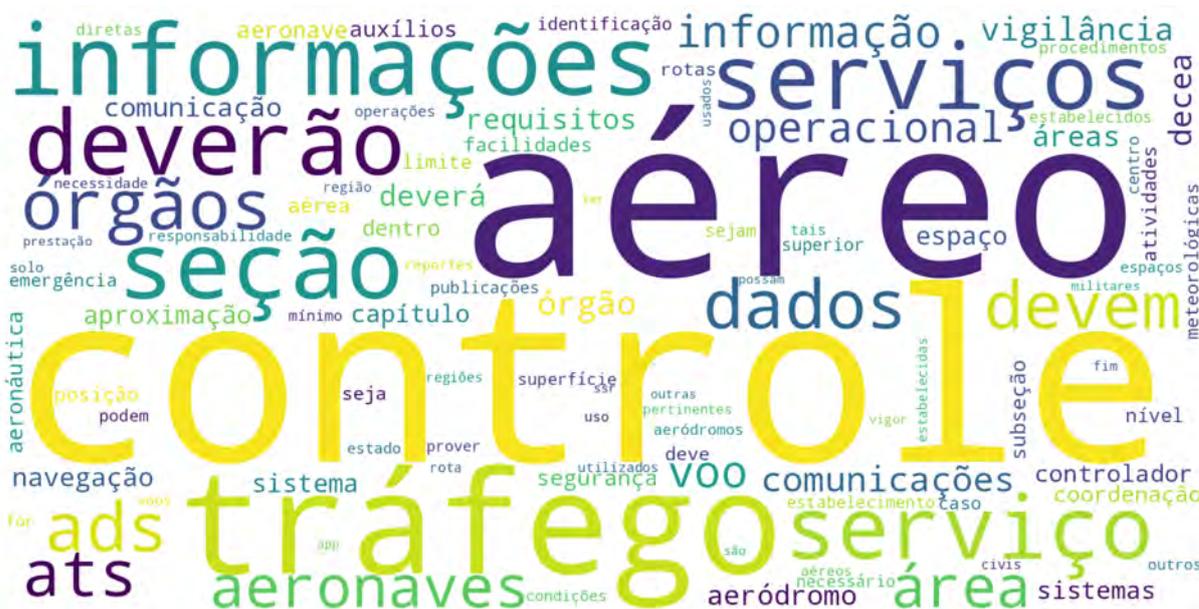


Figura 5.35: Palavras-chave da ICA 100-31

5.34.1 Capítulo III — Espaços Aéreos e Aeródromos

A designação de espaços aéreos considera o gerenciamento das atividades no espaço aéreo brasileiro. Os espaços aéreos e aeródromos são designados como Regiões de Informação de Voo, Áreas de Controle, Zonas de Controle, Zonas de Tráfego





de Aeródromo, Aeródromos Controlados ou Espaços Aéreos Condicionados (Artigo 8º). Esta classificação estabelece a estrutura para organização do espaço aéreo.

As Regiões de Informação de Voo (FIR) possuem configuração com limite vertical superior ilimitado, limite vertical inferior no solo ou água, e limites laterais indicados nas Cartas de Rota (Artigo 9º). Esta configuração define a abrangência territorial das regiões de informação de voo.

As Áreas de Controle compreendem diferentes configurações, incluindo Áreas Superiores de Controle para aerovias superiores, Áreas de Controle para aerovias inferiores e Áreas de Controle Terminal com configuração variável (Artigo 10). A delimitação destas áreas considera as trajetórias dos voos IFR e a capacidade dos auxílios à navegação normalmente usados na área (Artigo 26).

5.34.2 Capítulo IV — Requisitos Gerais

Os serviços de tráfego aéreo possuem objetivos relacionados à segurança das operações. Estes objetivos incluem prevenir colisões entre aeronaves e entre aeronaves e obstáculos na área de manobras, acelerar e manter ordenadamente o movimento do tráfego aéreo, e assessorar com informações para movimento seguro dos voos (Artigo 13). Estas finalidades orientam a prestação dos serviços.

A determinação da necessidade dos serviços de tráfego aéreo considera fatores como tipos de tráfego aéreo, densidade do tráfego, condições meteorológicas e outros fatores pertinentes (Artigo 18). Esta avaliação leva em conta variáveis operacionais que afetam as operações.

Os limites das Zonas de Controle estendem-se a pelo menos 9,3 km (5 NM) do centro do aeródromo nas direções de aproximação, abrangendo trajetórias dos voos IFR que chegam e partem de aeródromos usados em condições meteorológicas por instrumentos (Artigos 31 e 32). Esta delimitação estabelece área de proteção ao redor de aeródromos.

5.34.3 Capítulo IX — Requisitos de Coordenação

A coordenação de atividades potencialmente perigosas para aeronaves civis segue procedimentos estabelecidos. Estas atividades incluem disparo ou teste de armas, operações de aeronaves militares, lançamento de veículos espaciais e operações em áreas de conflito (Artigo 146). A coordenação busca desenvolver procedimentos que





evitem perigos para aeronaves civis.

A extensão dos espaços aéreos designados para atividades perigosas deve ser a mínima possível, e o lugar, hora e duração devem ser escolhidos para evitar alteração em trajetórias de rotas Serviços de Tráfego Aéreo (ATS) estabelecidas (Artigo 148). Estes critérios consideram impactos nas operações aéreas regulares.

Procedimentos devem permitir utilização do espaço aéreo reservado para atividades militares e outras atividades especializadas, permitindo acesso de todos os usuários (Artigo 154). Esta abordagem busca melhorar capacidade do espaço aéreo.

5.34.4 *Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)*

O documento ICA 100-31 estabelece requisitos para serviços de tráfego aéreo com aplicabilidade a operações de UAM em ambiente urbano. As disposições sobre designação de espaços aéreos (Artigo 8º), configuração de Zonas de Controle (Artigos 31 e 32) e coordenação de atividades potencialmente perigosas (Artigos 146-154) oferecem base regulatória para integração de operações de UAM no espaço aéreo brasileiro. Os requisitos de comunicação, vigilância e coordenação estabelecem parâmetros técnicos para gestão do tráfego aéreo em áreas urbanas, considerando a coexistência de diferentes tipos de operações aéreas e a prevenção de colisões em ambiente de tráfego.

Resumo: ICA 100-31

- Estabelece requisitos para os Serviços de Tráfego Aéreo
- Define espaços aéreos, requisitos de comunicação, vigilância, coordenação e informações

5.34.5 *Pontuação PESTEL*

Análise PESTEL – ICA 100-31 - Requisitos dos Serviços de Tráfego Aéreo





Tabela 5.34: Avaliação PESTEL da ICA 100-31

Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Político	4/5	Estabelece a estrutura estatal completa do SIS-CEAB com competências do DECEA para gestão do espaço aéreo, criando sistema de governança aeronáutica relevante para a integração da UAM no sistema nacional.
Econômico	3/5	Define requisitos operacionais que impactam custos de implementação de serviços de tráfego aéreo para UAM, com influência moderada na viabilidade econômica através de exigências de infraestrutura e coordenação.
Social	3/5	Estabelece objetivos de segurança operacional que beneficiam a sociedade, com impacto moderado na aceitação social através da prevenção de colisões, mas sem tratar especificamente de inclusão ou equidade.
Tecnológico	5/5	Impacto direto e abrangente ao definir requisitos técnicos para comunicação, vigilância, navegação e sistemas ATS, estabelecendo a infraestrutura CNS/ATM essencial para operações seguras da UAM.
Ambiental	2/5	Foca principalmente em aspectos operacionais de segurança do tráfego aéreo, com impacto ambiental indireto através do planejamento de rotas, mas sem tratar especificamente de emissões, ruído ou licenciamento ambiental.

5.35 ICA 100-4 - Regras e Procedimentos Especiais de Tráfego Aéreo para Helicópteros

A ICA 100-4 foi aprovada pela Portaria DECEA Nº 109/DGCEA de 21 de julho de 2021 e entrou em vigor em 2 de agosto de 2021. Esta instrução tem como objetivo estabelecer regras e procedimentos especiais de tráfego aéreo para a operação de helicópteros, aplicáveis aos helicópteros que utilizam o espaço aéreo sob jurisdição do





5.35.2 Capítulo 2 — Regras e Procedimentos Gerais

As operações de pouso e decolagem de helicópteros podem ocorrer em diferentes tipos de infraestrutura. De acordo com o Capítulo 2, estas operações são permitidas em helipontos, pistas de pouso, pistas de táxi, pontos de estacionamento ou outras áreas designadas, devendo seguir trajetórias sobre superfícies livres de obstáculos. Para locais não homologados ou registrados, o pouso e decolagem podem ser realizados como operação ocasional sob responsabilidade do operador ou piloto, desde que atendidas as condições da ANAC, enquanto para eventos programados é necessária autorização prévia da Organização Regional do DECEA, conforme estabelecido no Capítulo 2. A operação em Áreas de Pouso Eventual segue requisitos similares, exigindo conformidade com regulamentações da ANAC e contato rádio com órgão de Controle de Tráfego Aéreo (ATC) quando aplicável, completando o quadro de opções para operações de helicóptero.

5.35.3 Capítulo 3 — Regras de Voo Visual

As regras de voo visual estabelecem restrições de altura para operações sobre áreas urbanas. O Capítulo 3 determina que, exceto durante pouso e decolagem, voos VFR não podem sobrevoar cidades, povoados ou lugares habitados a altura inferior a 500 pés acima do obstáculo mais alto num raio de 600 metros. Para operações especiais como voos panorâmicos ou filmagens, a Organização Regional do DECEA com jurisdição na área pode autorizar voos VFR abaixo desta altura mínima, conforme previsto no Capítulo 3. Em locais não especificamente citados, o voo não deve ser realizado em altura inferior à necessária para um pouso seguro em emergência, com mínimo estabelecido de 200 pés, estabelecendo assim parâmetros operacionais para diferentes cenários.

5.35.4 Capítulo 5 — Procedimentos de Tráfego Aéreo

Os procedimentos de tráfego aéreo variam conforme a infraestrutura disponível no local de operação. Em aeródromos providos de torre de controle (Torre de Controle de Aeródromo (TWR)), a autoridade pode autorizar operações de pouso e decolagem em helipontos, pistas de táxi ou pontos de estacionamento para aumentar a fluidez do tráfego, de acordo com o Capítulo 5. Para pousos ou decolagens simultâneas de dois helicópteros, é necessária a ausência de conflito entre trajetórias e distância lateral mínima de 60 metros entre pontos de operação, conforme especificado no Capítulo





5. Em locais desprovidos de torre de controle, a responsabilidade pela execução segura dos procedimentos de aproximação, pouso e decolagem recai sobre o piloto em comando, completando o espectro de situações operacionais abordadas.

5.35.5 *Relação com a Mobilidade Aérea Urbana (UAM)*

A ICA 100-4 fornece a estrutura regulatória para operações de helicópteros, que constituem um componente potencial dos ecossistemas de UAM. A relação com o planejamento territorial urbano manifesta-se através da definição e regulação de locais para pouso e decolagem, incluindo helipontos, pistas de táxi e áreas de pouso eventual, mesmo para operações em locais não homologados mediante autorização, conforme estabelecido nos Capítulos 1, 2 e 5. As regras de altura mínima sobre áreas povoadas do Capítulo 3 e os procedimentos de separação e circulação em aeródromos do Capítulo 5 contribuem para a integração segura das operações de UAM no espaço aéreo de baixa altitude sobre cidades. Estes elementos em conjunto delineiam requisitos operacionais que influenciam a localização e gestão da infraestrutura terrestre necessária para suportar operações de mobilidade aérea urbana.

Resumo: ICA 100-4 - Regras e Procedimentos Especiais de Tráfego Aéreo para Helicópteros

- Estabelece regras e procedimentos para operação de helicópteros no espaço aéreo brasileiro
- Define termos técnicos para infraestrutura de operação de helicópteros
- Especifica condições para pouso e decolagem em diferentes tipos de áreas
- Estabelece regras de voo visual e por instrumentos para helicópteros
- Define procedimentos de tráfego aéreo em aeródromos com e sem torre de controle
- Regulamenta operações em plataformas marítimas
- Fornece fraseologia padronizada para comunicações





5.35.6 Pontuação PESTEL

Análise PESTEL – ICA 100-4 - Regras e Procedimentos Especiais de Tráfego Aéreo para Helicópteros

Tabela 5.35: Avaliação PESTEL da ICA 100-4

Fator	Pontuação (1-5)	Justificativa
Político	4/5	Estabelece estrutura regulatória do DECEA para operações de helicópteros com autorizações específicas para operações urbanas, criando mecanismos de governança aeronáutica relevantes para a UAM.
Econômico	3/5	Define procedimentos operacionais que impactam custos de operação em ambiente urbano, com influência moderada na viabilidade econômica através de exigências de autorização e ordenação com ATS.
Social	4/5	Estabelece regras de altura mínima sobre áreas povoadas (500 pés) e procedimentos de segurança que impactam diretamente a aceitação social, mitigando riscos para comunidades urbanas.
Tecnológico	3/5	Define procedimentos operacionais específicos para helicópteros que podem ser aplicados a eVTOLs, com impacto moderado na infraestrutura tecnológica, mas sem abordar comunicações avançadas ou navegação específica para UAM.
Ambiental	2/5	Foca principalmente em segurança operacional e procedimentos de tráfego aéreo, com impacto ambiental indireto através do planejamento de rotas, mas sem tratar especificamente de emissões, ruído ou licenciamento ambiental.





6 A Interseção das Competências Estaduais e Municipais

A regulação da UAM no Brasil não ocorrerá exclusivamente no âmbito federal. Embora a ANAC detenha a competência principal relacionada à segurança operacional e à certificação de aeronaves, a implementação dessa modalidade de transporte nas áreas urbanas está diretamente vinculada às atribuições estaduais ou municipais. Este cenário opera dentro de um arranjo federativo, cujas competências são delineadas pela Constituição Federal de 1988. Este arranjo, marcado por uma sobreposição de responsabilidades entre a União, os Estados e os Municípios, cria um "mosaico regulatório" que é, simultaneamente, um desafio à implementação de projetos e uma oportunidade para o desenvolvimento de políticas públicas inovadoras, elencados da seguinte forma:

1. **Municipal:** A regulação do uso e ocupação do solo. É no território das cidades que os vertiportos serão implantados, as rotas aéreas urbanas serão traçadas e a integração com os demais modos de transporte será necessária. O município, através de seus Planos Diretores e Códigos de Obras, detém a competência constitucional para definir onde um vertiporto pode ser construído.
2. **Estadual/Distrital:** A regulação do impacto ambiental e do planejamento metropolitano. O estado, por meio de suas agências ambientais, define se o vertiporto pode operar, com base em seu impacto local — notadamente a poluição sonora. Além disso, a UAM é uma função inerentemente metropolitana, exigindo coordenação intermunicipal que é de competência estadual.

Este capítulo examina essa interseção nos âmbitos estadual e municipal. O objetivo é mostrar como os instrumentos de planejamento (Planos Diretores), de logística (Planos de Mobilidade) e de licenciamento (agências ambientais) funcionam nas três principais economias urbanas do país, que representam os mercados iniciais mais viáveis para a UAM: São Paulo, Rio de Janeiro e Brasília.

6.1 Fundamento Normativo Estadual para UAM

A implementação da UAM no Brasil está sujeita a um complexo arranjo federativo, onde as competências estaduais e distritais desempenham papel crucial na regula-





ção de aspectos fundamentais para a operação da mobilidade aérea urbana. Conforme estabelecido pela Constituição Federal de 1988, os estados e o Distrito Federal detêm competências específicas que se mostram determinantes para a viabilidade da UAM, notadamente no que concerne ao licenciamento ambiental e ao planejamento metropolitano.

6.1.1 *As Competências Estaduais na Regulação da UAM*

A análise comparativa entre São Paulo, Rio de Janeiro e Distrito Federal revela diferentes maturidades e abordagens regulatórias dos Estados.

6.1.1.1 *São Paulo*

O Estado de São Paulo possui a CETESB, com normas técnicas estabelecidas para medição e avaliação de ruído proveniente de aeronaves, no âmbito do planejamento urbano, o Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana de São Paulo (PDUI-RMSP) ainda tramita como Projeto de Lei, criando ambiente de insegurança jurídica para investimentos que dependem de coordenação intermunicipal.

A CETESB utiliza regularização de infraestruturas como alavanca para impor exigências ambientais modernas. Seu arcabouço técnico existente para helicópteros constitui o principal precedente legal para o licenciamento ambiental de vertiportos de eVTOLs.

6.1.1.2 *Rio de Janeiro*

O Estado do Rio de Janeiro apresenta instrumentos de governança e inovações regulatórias no âmbito do desenvolvimento urbano e ambiental. Destaca-se o Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado (PEDUI), que estabelece mecanismos para compatibilização progressiva dos Planos Diretores municipais com diretrizes metropolitanas, promovendo integração regional.

Outro avanço é a proposta de *sandbox* regulatório estadual (PL 3360/2020), que permite a suspensão temporária de regras infralegais para testes é um bom exemplo de inovação jurídica. Seu Artigo 5º estabelece mecanismo para concessão de autorização conjunta entre estado e municípios, resolvendo o gargalo da sobreposição de competências.

No campo ambiental, Instituto Estadual do Ambiente (INEA) é o órgão ambiental do





Rio de Janeiro, responsável pelo licenciamento e fiscalização de grandes empreendimentos. Sua atuação proativa foi demonstrada no caso do Aeroporto Santos Dumont, onde, sob pressão comunitária, exigiu a implantação de monitoramento de ruído antes mesmo da regulamentação federal. Este caso evidencia o INEA como um ator estadual, cujo poder de polícia ambiental pode ser mais ágil e rigoroso que o federal.

6.1.2 Panorama dos Instrumentos Legais Estaduais

A regulação estadual da UAM pode ser categorizada em três dimensões principais: a ambiental, que trata do licenciamento e controle de impactos como ruído; a do planejamento metropolitano, que define a integração territorial e a governança intermunicipal; e a da inovação regulatória, que busca criar ambientes mais flexíveis para testes e desenvolvimento tecnológico. A tabela 6.1a seguir resume os principais tipos de instrumentos legais estaduais envolvidos na regulação da UAM, destacando a situação das duas maiores metrópoles em termos de legislação estadual:

Tabela 6.1: Principais Instrumentos Legais Estaduais para UAM

Unidade Federativa	Órgão Ambiental	Instrumento de Planejamento Metropolitano	Instrumento Político
São Paulo	CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo	PDUI-RMSP - Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana de São Paulo (em tramitação)	-
Rio de Janeiro	INEA - Instituto Estadual do Ambiente	PEDUI - Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado (aprovado)	Sandbox Regulatório (PL 3360/2020)

6.1.3 Conclusão

O sucesso da implementação da UAM em metrópoles dependerá da capacidade dos entes estaduais em harmonizar seus instrumentos de planejamento com as agências diferentes agências, enquanto desenvolvem mecanismos inovadores para impulsionar políticas no âmbito da UAM





6.2 A Governança Municipal: Fundamentos Normativos

A regulação da UAM no Brasil não ocorrerá exclusivamente no âmbito Federal ou Estadual. Embora a ANAC detenha a competência principal relacionada à segurança operacional e à certificação de aeronaves, a implementação dessa modalidade de transporte nas áreas urbanas está diretamente vinculada às atribuições municipais. É no território das cidades que os vertiportos serão implantados, as rotas aéreas urbanas serão traçadas e a integração com os demais modos de transporte será necessária.

Este capítulo tem como objetivo examinar o arcabouço jurídico dos governos locais, avaliando de que forma os principais municípios brasileiros estão estruturados, sob a perspectiva dos instrumentos de planejamento urbano e de mobilidade, para acomodar e regulamentar a UAM. A análise concentra-se em cidades que, em razão de sua relevância econômica e complexidade urbana, tendem a constituir os primeiros mercados de adoção dessa tecnologia. Com base na distribuição do PIB nacional, são identificados os polos econômicos mais representativos e, posteriormente, desenvolve-se uma análise normativa de três casos específicos: São Paulo, Rio de Janeiro e Brasília.

Cada uma dessas cidades apresenta características urbanas, geográficas e institucionais próprias, que se refletem em seus instrumentos de planejamento. Por meio do exame de seus Planos Diretores, Códigos de Obras, legislações referentes à infraestrutura aérea (incluindo helipontos) e Planos de Mobilidade, busca-se identificar os dispositivos legais já existentes que possam oferecer suporte à regulamentação da UAM, bem como eventuais lacunas e desafios que precisem ser considerados para permitir a integração segura, coordenada e eficiente dos veículos aéreos à estrutura urbana e às dinâmicas cotidianas das metrópoles brasileiras.

6.3 Módulo Municipal – São Paulo

O módulo **São Paulo** analisa a legislação municipal disponível no portal da Câmara Municipal (<<https://www.saopaulo.sp.leg.br/biblioteca/legislacao/>>). Foram examinados documentos normativos incluindo o Plano Diretor, Código de Obras, regulamentações sobre infraestrutura aérea e o Plano de Mobilidade. A coleta dos textos legais considerou a estrutura dinâmica do portal, garantindo a preservação do conteúdo original e dos metadados documentais para análise.





6.4 Módulo Municipal – Brasília

O módulo **Distrito Federal** realiza o exame do acervo legislativo disponível em <<http://dflegis.df.gov.br>>. A análise abrangeu a paginação completa do sistema, identificando atos normativos relevantes para a regulação da UAM, incluindo instrumentos de planejamento urbano, legislação sobre uso do solo e normas técnicas. A integridade visual e o conteúdo dos textos normativos foram preservados para garantir a fidedignidade da análise jurídica.

6.5 Módulo Municipal – Rio de Janeiro

O módulo **Rio de Janeiro** investiga a legislação municipal através do acervo disponível em <<https://leismunicipais.com.br/prefeitura/rj/rio-de-janeiro>>. A análise considerou a paginação completa do sistema, identificando documentos relevantes incluindo o Plano Diretor, legislação urbanística, regulamentação de helipontos e o Plano de Mobilidade. O conteúdo original dos textos normativos foi preservado para assegurar a precisão da análise jurídica sobre o enquadramento legal municipal para a UAM.

6.6 Análise do Produto Interno Bruto Municipal: Concentração e Dinâmicas da Economia Brasileira em 2021

A geografia econômica do Brasil é caracterizada por uma profunda e persistente concentração de riqueza e atividade produtiva. Uma análise detalhada do Produto Interno Bruto (PIB) dos municípios revela um cenário onde um número notavelmente pequeno de centros urbanos responde por uma parcela desproporcional da economia nacional. Esta realidade é vividamente ilustrada pelos dados mais recentes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), referentes ao ano de 2021, que mostram que apenas onze municípios foram responsáveis por quase 25% de todo o PIB gerado no país. No epicentro desta concentração está a cidade de São Paulo (SP), que, sozinha, contribuiu com 9,2% da economia brasileira, um testemunho de sua posição inigualável como o principal motor financeiro, corporativo e de serviços da nação.





6.6.1 A Hierarquia Econômica do Brasil: Os 10 Maiores Municípios por PIB (2021)

A distribuição do poderio econômico no Brasil em 2021 reafirma a dominância de grandes capitais e centros metropolitanos. A lista dos dez municípios com maior Produto Interno Bruto revela uma concentração significativa de capital e produção, com São Paulo liderando de forma isolada, seguida por um grupo de capitais estaduais e cidades estrategicamente posicionadas em suas respectivas regiões metropolitanas. Juntos, esses dez municípios somaram um PIB de aproximadamente R\$ 1,98 trilhão, representando uma parcela substancial da atividade econômica de todo o país.

A seguir, a Tabela 6.2 apresenta os dados detalhados, incluindo a posição no ranking, o valor do PIB a preços correntes em bilhões de Reais (R\$) e a participação percentual de cada município no PIB nacional total. A apresentação formal dos dados serve como a base factual para a análise aprofundada que se segue nas próximas seções.

Tabela 6.2: Os 10 Maiores Municípios do Brasil por Produto Interno Bruto (PIB) - 2021

Posição	Município	UF	Participação no PIB Nacional (%)
1º	São Paulo	SP	9,2
2º	Rio de Janeiro	RJ	4,0
3º	Brasília	DF	3,2
4º	Belo Horizonte	MG	1,2
5º	Manaus	AM	1,1
6º	Curitiba	PR	1,1
7º	Osasco	SP	1,0
8º	Maricá	RJ	1,0
9º	Porto Alegre	RS	0,9
10º	Guarulhos	SP	0,9

Fonte: Adaptado de <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html>>

6.6.2 São Paulo: Fundamentos Normativos para a Integração UAM

A estrutura normativa do Município de São Paulo evidencia um sistema articulado de planejamento urbano e de mobilidade, que embora ainda não aborde de forma direta a Mobilidade Aérea Urbana (UAM), apresenta elementos que podem servir de refe-





rência para sua futura integração. Como centro urbano de grande porte, São Paulo dispõe de um conjunto abrangente de instrumentos legais que tratam desde o ordenamento territorial até normas voltadas à infraestrutura aérea. Essa configuração permite examinar como o município organiza seus mecanismos de regulação diante de tecnologias emergentes de transporte.

A Tabela 6.3 reúne os principais instrumentos legais estudados, evidenciando a interconexão entre o planejamento urbano, a regulação edilícia e a gestão da mobilidade. O Plano Diretor Estratégico define as orientações gerais para o desenvolvimento urbano, enquanto normas complementares, como o Código de Obras e a legislação sobre helipontos, especificam os parâmetros técnicos e operacionais necessários para a instalação de infraestruturas complexas. Essa articulação entre instrumentos contribui para uma leitura integrada do território e de suas dinâmicas de uso.

Tabela 6.3: Instrumentos Legais de Planejamento Urbano e Mobilidade - Município de São Paulo

Instrumento	Legislação Principal	Objetivo Central	Órgão Responsável
Plano Diretor Estratégico (PDE)	Lei 16.050/2014	Nº Orientar desenvolvimento urbano e crescimento estratégico da cidade	Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento (SMUL)
Código de Obras e Edificações (COE)	Lei 16.642/2017	Nº Estabelecer normas para projeto e licenciamento de edificações	Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento (SMUL)
Regulamento do COE	Decreto 57.776/2017	Nº Regulamentar procedimentos técnicos do Código de Obras	Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento (SMUL)

Continua na próxima página





Tabela 6.3 – continuação da página anterior

Instrumento	Legislação Principal	Objetivo Central	Órgão Responsável
Diretrizes para Helipontos e Aeródromos	Lei 15.723/2013	Nº Normatizar implantação e funcionamento de helipontos no município	Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento (SMUL)
Plano de Mobilidade Urbana (PlanMob/SP)	Lei 16.050/2014	Nº Planejar e gerir sistema municipal de mobilidade urbana	Secretaria Municipal de Transportes (SMT)

Entre os instrumentos analisados, a Lei Municipal Nº 15.723/2013 se destaca por tratar diretamente da instalação de helipontos e aeródromos em área urbana. Essa norma antecipa discussões posteriormente associadas à mobilidade aérea urbana, fornecendo parâmetros administrativos e técnicos que podem orientar a implantação de novas modalidades de transporte vertical. Em conjunto com o Plano de Mobilidade Urbana e o Código de Obras, compõe um arcabouço regulatório com potencial de adaptação para atender às exigências das futuras operações aéreas urbanas.

6.6.3 Rio de Janeiro: Fundamentos Normativos para a Integração UAM

A estrutura normativa do Município do Rio de Janeiro demonstra um sistema robusto e multifacetado de planejamento urbano, que, embora não mencione explicitamente a UAM, fornece um arcabouço regulatório detalhado para a infraestrutura aérea e o ordenamento territorial. A cidade possui instrumentos legais que vão desde a macroescala do desenvolvimento urbano, com o Plano Diretor, até a microescala das edificações, com o Código de Obras, além de um decreto específico que regulamenta a implantação de helipontos e um plano dedicado à mobilidade sustentável. Essa combinação de normas permite analisar como o município já estrutura seu espaço aéreo de baixa altitude e como poderia adaptar sua legislação para novas tecnologias de transporte aéreo.

A Tabela 6.4 consolida os principais instrumentos legais analisados para o Rio de Janeiro, evidenciando a articulação entre o planejamento urbano macro, a regula-





ção de edificações e a normatização da infraestrutura aeronáutica. O Plano Diretor (Lei Complementar N° 270/2024) define os grandes vetores de desenvolvimento e as zonas de uso do solo, como a Zona de Operações Especiais (ZOE), que pode ser utilizada para projetos de infraestrutura complexa. O Código de Obras e Edificações Simplificado (COES) estabelece os parâmetros construtivos, como as limitações de altura para equipamentos em coberturas e a exigência de elevadores, que são cruciais para a viabilidade de vertiportos em edifícios. O Plano de Mobilidade Urbana Sustentável (PMUS) fornece as diretrizes para a integração de modais e a melhoria da rede de transportes, servindo de base para a inserção de novas tecnologias.

Tabela 6.4: Instrumentos Legais de Planejamento Urbano e Mobilidade - Município do Rio de Janeiro

Instrumento	Legislação Principal	Objetivo Central	Órgão Responsável
Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável	Lei Complementar N° 270/2024	Orientar a política urbana e ambiental estabelecendo diretrizes para o desenvolvimento e ordenamento territorial.	Poder Executivo (Secretarias de Desenvolvimento Urbano, Meio Ambiente)
Código de Obras e Edificações Simplificado (COES)	Lei Complementar N° 198/2019	Disciplinar a elaboração de projetos, construção e modificação de edificações no território municipal.	Poder Executivo (Secretaria de Urbanismo, Licenciamento)
Diretrizes para Heliportos e Heliportos	Decreto N° 52.629/2023	Estabelecer critérios para a instalação, ampliação e funcionamento de heliportos e helipontos no município.	Poder Executivo (Licenciamento Urbanístico e Ambiental)

Continua na próxima página





Tabela 6.4 – continuação da página anterior

Instrumento	Legislação Principal	Objetivo Central	Órgão Responsável
Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV)	Projeto de Lei Complementar N° 105/2015	Instituir e disciplinar a aplicação do Estudo Prévio de Impacto de Vizinhança para analisar os efeitos de empreendimentos na área de influência.	Comissão de Análise do EIV-RIV (Urbanismo, Meio Ambiente, Transportes)
Plano de Mobilidade Urbana Sustentável (PMUS)	Relatório Síntese (2015)	Orientar o poder público em ações para a melhoria da mobilidade, com base em diagnóstico técnico e participação social.	Secretaria Municipal de Transportes (SMTR)

Entre os instrumentos analisados, o Decreto N° 52.629/2023 e o Projeto de Lei Complementar N° 105/2015, que institui o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) destacam-se por serem diretamente aplicáveis à UAM. O decreto de helipontos já estabelece restrições de localização, como a proibição em edifícios residenciais, e impõe limites operacionais de horário e ruído. O EIV, por sua vez, exige a análise prévia dos impactos de novos empreendimentos, incluindo heliportos e aeródromos (Art. 9º, II), o que se aplicaria diretamente à implantação de vertiportos. Essas regras, embora concebidas no contexto da aviação convencional, formam a base sobre a qual a regulamentação para vertiportos de eVTOLs será construída, indicando os desafios e as oportunidades para a inserção da UAM na paisagem urbana carioca. Em conjunto, essas legislações compõem um ecossistema normativo que fornece as diretrizes essenciais para o planejamento e a implantação da mobilidade aérea no município.

6.6.4 Brasília: Fundamentos Normativos para a Integração UAM

A estrutura normativa do Distrito Federal apresenta um sistema integrado de planejamento territorial e de mobilidade que, embora não contemple explicitamente a UAM, estabelece bases sólidas para sua regulamentação futura. Diferentemente do modelo





municipal do Rio de Janeiro, Brasília opera sob uma estrutura distrital que integra as funções de governo estadual e municipal, possuindo instrumentos de planejamento que articulam de forma coerente a ordenação territorial com o sistema de transportes. Seu desenho urbano singular, caracterizado por grandes escalas, amplas áreas verdes e vias arteriais desobstruídas, oferece oportunidades únicas para a implantação de infraestrutura de UAM.

A Tabela 6.5 consolida os principais instrumentos legais analisados para o Distrito Federal, demonstrando a integração entre o ordenamento territorial macro, a regulação das edificações e o planejamento da mobilidade. O Plano Diretor de Ordenamento Territorial (PDOT) (Lei Complementar N° 803/2009) estabelece a estrutura territorial e as diretrizes de uso e ocupação do solo, definindo zonas de proteção ambiental e de consolidação urbana que são fundamentais para o zoneamento de rotas aéreas e localização de vertiportos. O Plano Diretor de Transporte Urbano e Mobilidade (PDTU/DF)/DF (Lei N° 4.566/2011) orienta a política de transportes, com potencial para incorporar a UAM como um modal integrado ao sistema de mobilidade metropolitana. O Código de Obras e Edificações (COE) (Lei N° 6.138/2018) e seu regulamento (Decreto N° 43.056/2022) disciplinam os parâmetros construtivos, incluindo questões de altura, segurança e acessibilidade que são essenciais para a implantação de infraestrutura vertiportuária.

Tabela 6.5: Instrumentos Legais de Planejamento Urbano e Mobilidade - Brasília

Instrumento	Legislação Principal	Objetivo Central	Órgão Responsável
Plano Diretor de Transporte Urbano e Mobilidade (PDTU/DF)	Lei 4.566/2011	N° Definir diretrizes e políticas para gestão dos transportes urbanos no DF	Secretaria de Transporte e Mobilidade
Código de Obras e Edificações (COE)	Lei 6.138/2018	N° Regular obras e edificações públicas e particulares no território distrital	Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação

Continua na próxima página





Tabela 6.5 – continuação da página anterior

Instrumento	Legislação Principal	Objetivo Central	Órgão Responsável
Plano Diretor de Ordenamento Territorial (PDOT)	Lei Complementar N° 803/2009	Orientar a política urbana e o ordenamento territorial do Distrito Federal	Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação
Regulamento do COE	Decreto 43.056/2022	Regulamentar procedimentos do Código de Obras e Edificações	Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação

Dentre os instrumentos analisados, o PDOT e o PDTU/DF/DF destacam-se por oferecerem o arcabouço mais promissor para a integração da UAM. O PDOT estabelece diretrizes para a estrutura urbana policêntrica do Distrito Federal, podendo incorporar vertiportos como equipamentos de articulação territorial entre as diversas centralidades urbanas. O PDTU/DF/DF, por sua vez, ao prever a integração multimodal e a modernização do sistema de transportes, cria a base legal para incluir a UAM como componente do sistema de mobilidade distrital.

O zoneamento estabelecido pelo PDOT, com suas áreas de preservação ambiental, zonas urbanas consolidadas e vazios urbanos, oferece diretrizes claras para a localização de vertiportos, privilegiando áreas próximas aos eixos de transporte existentes e evitando zonas sensíveis do ponto de vista ambiental. A integração com o sistema de transporte público, particularmente com as estações de metrô e os terminais de ônibus, emerge como oportunidade estratégica para criar nós multimodais que incorporem a UAM como extensão de alto nível serviço do sistema de mobilidade existente.





7 Os Seis Pilares da Regulamentação: Uma Análise PESTEL para a UAM

Para a análise dos documentos, utilizou-se a Escala Likert —um método de avaliação que permite mensurar percepções ou níveis de concordância por meio de graduações ordenadas —para atribuir o grau de relevância de cada documento legal em relação aos fatores PESTEL definidos. Essa abordagem é descrita em estudos como o de Norman (2010). A Tabela 7.1 a seguir detalha as notas.

Tabela 7.1: Escala Likert para fatores Políticos, Econômicos, Social, Tecnológicos e Ambiental

Nota	Descrição
1	Relação Muito Fraca - Documentos com influência mínima ou irrelevante no fator analisado
2	Relação Fraca - Documentos com pouca influência no fator analisado
3	Relação Regular - Documentos com influência moderada no fator analisado
4	Boa Relação - Documentos com influência significativa no fator analisado
5	Relação Ótima - Documentos com máxima influência no fator analisado

Com base na hierarquia normativa brasileira, cada documento legal foi classificado conforme a Escala Likert apresentada na Tabela 7.2, que define os níveis de hierarquia jurídica utilizados nesta análise.





Tabela 7.2: Escala Likert para fator Legal Hierárquico

Nota	Descrição
1	Hierarquia 1 - Projetos de Lei: Proposições legislativas em tramitação, sem força normativa até aprovação.
2	Hierarquia 2 - Atos Administrativos/Normativos: ICA, RBAC, Portarias, Alertas e Resoluções de agências reguladoras.
3	Hierarquia 3 - Decretos e Normas Regulamentares: Decretos Presidenciais e Resoluções do CONAMA.
4	Hierarquia 4 - Leis Ordinárias: Leis federais, estaduais e municipais aprovadas pelo Poder Legislativo.
5	Hierarquia 5 - Leis Complementares: Normas que exigem quórum qualificado para aprovação.

A Tabela 7.3 a seguir apresenta os documentos legais de nível federal e suas relações de atendimento aos requisitos PESTEL e hierárquicos.

Tabela 7.3: Análise de Atendimento aos Requisitos

Documentos	P	E	S	T	E	L
Alerta aos Operadores de Aeródromos nº 001/2023	4	2	1	5	2	2
Resolução Nº 775, DE 5 de agosto de 2025	5	2	1	5	2	3
PCA 351-7 - Concepção Operacional UAM Nacional	4	3	4	5	3	2
Lei Nº 7.565/1986 - Código Brasileiro de Aeronáutica - CBA	5	2	3	3	4	4
Lei Nº 11.182/2005 - Cria a Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC	5	3	2	4	2	4
Lei nº 13.146, de 2015 - Estatuto da Pessoa com Deficiência	4	3	5	4	2	4
Lei Nº 10.257/2001 - Estatuto da Cidade	4	3	4	2	4	4

Continua na próxima página





Tabela 7.3: Análise de Atendimento aos Requisitos (continuação)

Documentos	P	E	S	T	E	L
Lei Nº12.587/2012 - Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana	5	4	5	3	4	4
Lei nº 10.098, de 2000 - Acessibilidade	3	2	5	3	1	4
Lei Nº 6.766/1979 - Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano	4	3	2	2	4	4
Lei Nº 10.636/2002 - Recursos originários CIDE	4	5	3	2	3	4
Projeto de Lei Nº 743, de 2025	5	4	3	4	4	1
Lei Nº 9.472/1997 — Lei Geral de Telecomunicações	5	3	3	5	1	4
Lei Nº 13.116/2015 - Compartilhamento da infraestrutura de telecomunicações	2	2	1	4	1	4
Anatel - Ato nº 915, de 01 de fevereiro de 2024	3	2	2	5	1	2
Lei Nº 6.938/1981 - Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA)	4	3	3	2	5	4
Lei nº 7.661/1988 - Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro	4	2	2	2	5	4
Lei Nº 12.651/2012 - Código Florestal	3	2	2	1	5	4
Lei nº 12.725/2012 - Controle da fauna nas imediações de aeródromos	4	3	3	2	4	4
Lei nº 6.902/1981 - Criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental	3	2	2	1	5	4
Lei Nº 15.190/2025 – Lei Geral do Licenciamento Ambiental	5	4	3	3	5	4
Resolução CONAMA Nº 1, de 23 de janeiro de 1986	4	3	4	2	5	3
Resolução CONAMA Nº 237, de 19 de dezembro de 1997	4	3	2	2	5	3
RBAC Nº 155 - Helipontos	3	3	4	5	2	2

Continua na próxima página





Tabela 7.3: Análise de Atendimento aos Requisitos (continuação)

Documentos	P	E	S	T	E	L
RBAC N° 161 - Planos de Zoneamento de Ruído de Aeródromos – PZR	4	3	5	5	4	2
CEF RBAC n° 161 - Compêndio de Elementos de Fiscalização do RBAC n° 161	3	2	4	5	4	2
RBAC n° 135 - Operações de serviço de transporte aéreo com helicópteros	3	3	2	3	2	2
ICA 53-8 - Serviços de Informação Aeronáutica	3	2	2	5	1	2
ICA 11-408 - Restrições aos objetos projetados	5	4	3	5	2	2
ICA 63-19 - Critérios de Análise Técnica da Área de Aeródromos (AGA)	4	3	3	5	2	2
ICA 11-3 – Processos da Área de Aeródromos (AGA) no Âmbito do COMAER	4	3	3	4	2	2
ICA 100-12 - Regras do Ar	3	2	4	5	1	2
ICA 100-36 - Processo de Solicitação para o Uso Especial do Espaço Aéreo	5	4	3	4	2	2
ICA 100-31 - Requisitos dos Serviços de Tráfego Aéreo	4	3	3	5	2	2
ICA 100-4 - Regras e Procedimentos Especiais de Tráfego Aéreo para Helicópteros	4	3	4	3	2	2

Como resultados, além da atribuição de fatores para cada documento legal, foi elaborado um estudo estatístico por fator (PESTE, sem L), com o intuito de abrir à discussão quais determinantes são, atualmente, mais correlacionados à UAM. Esse resumo é apresentado na Tabela 7.4:





Tabela 7.4: Resumo estatístico por fator (PESTE, sem L)

Fator	Soma	Média	DP	Mín	Máx	% ≥ 3	% ≥ 4	% = 5	CV
Político	138	4	0.8	2	5	97	71	26	0.2
Econômico	100	3	0.7	2	5	66	17	3	0.3
Social	105	3	1.1	1	5	66	31	11	0.4
Tecnológico	125	4	1.2	1	5	71	46	23	0.4
Ambiental	103	3	1.5	1	5	49	43	20	0.5

Leituras rápidas. (i) Por média e por % de cobertura forte (≥ 4), a ordem de abrangência é: **Político** \gg Tecnológico $>$ (Social \approx Ambiental) $>$ Econômico. (ii) **Ambiental** é o mais heterogêneo (CV = 0,5, média 3), indicando polarização: muito forte em alguns diplomas, fraco nos demais.

A distribuição de notas (contagem 1–5) por fator é apresentada pela Tabela 7.5:

Tabela 7.5: Distribuição de notas por fator (frequências)

Fator	Escala 1	Escala 2	Escala 3	Escala 4	Escala 5
Político	0	1	9	16	9
Econômico	0	12	17	5	1
Social	3	9	12	7	4
Tecnológico	2	8	6	7	12
Ambiental	6	12	2	8	7

A correlação entre fatores (Spearman) é apresentada através de uma Matriz pela Tabela 7.6:





Tabela 7.6: Matriz de correlação de Spearman (PESTE, sem L)

	Pol.	Econ.	Soc.	Tec.	Amb.
Político	1.0	0.6	0.1	0.1	0.2
Econômico	0.6	1.0	0.4	-0.1	0.2
Social	0.1	0.4	1.0	-0.1	0.1
Tecnológico	0.1	-0.1	-0.1	1.0	-0.7
Ambiental	0.2	0.2	0.1	-0.7	1.0

Destaques: (i) $\rho(\text{Tec}, \text{Amb}) \approx -0,7$ (negativa e forte): documentos muito técnicos tendem a ser fracos em ambiente e vice-versa; (ii) $\rho(\text{Pol}, \text{Econ}) \approx +0,6$ (positiva): diretrizes políticas costumam vir com algum tratamento econômico.

Por fim, os documentos mais abrangentes (Total PESTE e # de fatores fortes) são elencados na Tabela 7.7:

Tabela 7.7: Top 10 documentos por abrangência (Total PESTE = P+Econ+S+Tec+Amb)

Documento	Total	# ≥ 4
Lei 12.587/2012 — Política Nacional de Mobilidade Urbana	21	4
RBAC 161 — Planos de Zoneamento de Ruído (PZR)	21	4
Projeto de Lei 743/2025	20	4
Lei 15.190/2025 — Lei Geral do Licenciamento Ambiental	20	3
PCA 351-7 — Concepção Operacional UAM Nacional	19	3
ICA 11-408 — Restrições aos Objetos Projetados	19	3
ICA 100-36 — Uso Especial do Espaço Aéreo	18	3

Continua na próxima página





Tabela 7.7: Top 10 documentos por abrangência (continuação)

Documento	Total	# \geq 4
Lei 13.146/2015 — Estatuto da Pessoa com Deficiência	18	3
Resolução CONAMA nº 1/1986	18	3
CEF RBAC 161 - Compêndio de Elementos de Fiscalização do RBAC 161	18	3





8 Conclusão

O presente estudo consolidou um mapeamento do arcabouço jurídico-regulatório aplicável à Mobilidade Aérea Urbana (UAM) no Brasil, com foco na integração entre as dimensões técnica, normativa e territorial. A utilização de um sistema automatizado de coleta, processamento e classificação de documentos normativos — abrangendo legislações federais, municipais e regulamentos aeronáuticos — permitiu a construção de uma base de dados metodologicamente reproduzível. Esse processo assegurou maior precisão na identificação de normas relevantes para o planejamento e implantação de vertiportos e demais infraestruturas associadas à operação de aeronaves eVTOL.

A análise PESTEL complementou essa estrutura ao situar a UAM dentro de um contexto mais amplo, que envolve fatores políticos, econômicos, sociais, tecnológicos, ambientais e legais. Esse enquadramento pode revelar as oportunidades de inovação e desenvolvimento urbano sustentável, assim como os desafios relacionados à governança regulatória, à aceitação pública e à adequação das infraestruturas existentes.

Os resultados obtidos indicam que, embora existam referências regulatórias iniciais — como o Alerta aos Operadores de Aeródromos nº 001/2023 e documentos correlatos do DECEA e da ANAC —, o ecossistema normativo brasileiro ainda se encontra em fase de consolidação. Torna-se importante fortalecer a interoperabilidade entre políticas urbanas, ambientais e aeronáuticas, de modo a viabilizar a adoção segura e sustentável da UAM.

Como recomendações, temos:

Leituras rápidas. (i) Considerando a média e a proporção de cobertura forte (notas maiores ou iguais a 4), a ordem de abrangência é: **Político** muito acima de Tecnológico, seguido por Social e Ambiental (em patamar semelhante), e por fim Econômico. (ii) O fator **Ambiental** é o mais heterogêneo, indicando polarização: muito forte em alguns âmbitos e fraco nos demais.

Destaques: (i) a correlação entre Tecnológico e Ambiental é fortemente negativa (aproximadamente $-0,7$), sugerindo desencaixe entre eixos; (ii) a correlação entre Político e Econômico é moderadamente positiva (cerca de $+0,6$).





Recomendações objetivas

- **Governança intersetorial permanente:** ANAC, DECEA, ANATEL. Cidades e entes subnacionais, com foco em: (i) alinhar PZR/rotas/ruído a planos diretores e zoneamento; (ii) padronizar *checklists* ambientais por classe de projeto/infra; (iii) garantir requisitos mínimos de telecomunicações no planejamento.
- **Norma “guarda-chuva” de interoperabilidade:** pontos de integração importantes entre RBAC/ICA, CONAMA/PNMA e Estatuto da Cidade (dados, prazos, responsabilidades) aplicáveis a projetos UAM.
- **Sandbox regulatório temático:** pilotos com municípios para *trade-offs* ruído-trajetória, mitigação ambiental e segurança operacional com processos de licenciamento simplificados, quando couber.
- **Agenda econômica mínima:** diretrizes de modelos tarifários, incentivos a infraestrutura comum e elegibilidade a fundos de logística/baixas emissões, reduzindo a fragilidade do fator **Econômico**.
- **KPIs multi-fator:** metas anuais para reduzir a lacuna Tec–Amb ($|Tec - Amb|$) e elevar a proporção de documentos com ≥ 3 fatores em nota ≥ 3 .

Conclui-se que o Projeto Sigma City contribui para a formação de uma base técnico-científica destinada à formulação de políticas públicas e diretrizes aplicáveis à Mobilidade Aérea Urbana. Os métodos desenvolvidos — automação de coleta e análise legislativa — constituem ferramentas estratégicas para futuras fases do projeto, permitindo a atualização contínua do marco regulatório e o apoio à tomada de decisão no planejamento territorial e operacional da aviação do futuro.





APÊNDICE A - Prompt de Análise de Documentos para UAM

Prompt de Análise de Documentos para UAM (v4)

Atue como um especialista em Mobilidade Aérea Urbana (UAM) e planejamento territorial urbano.

Analise ESTE DOCUMENTO COMPLETO: {filename}

Responda de forma clara se o conteúdo principal deste documento tem relevância aplicável e obrigatória para decisões sobre 'planejamento territorial urbano' voltado para o ecossistema UAM (por exemplo, na escolha de localização, no licenciamento ou na definição de parâmetros de uso do solo para um vertiporto).

Observe que atualmente as aeronaves EVTOL são consideradas como helicópteros (aeronaves de asa rotativa).

Considere como de relevância direta os documentos que:

- a) Tratem especificamente de infraestrutura de helipontos, ou de heliportos, ou de UAM/vertiportos; OU
- b) Estabeleçam limitações administrativas ao uso do solo, regras de proteção ambiental, zoneamento ou parâmetros edificatórios que, por obrigação legal, devam ser observados no planejamento e na implantação de qualquer infraestrutura urbana de grande porte.

O resultado esperado é 'Sim' (Relevância Direta/Aplicável) ou 'Não' (Relevância Indireta/Nula) e justifique a escolha.

IMPORTANTE - Identifique também:

1. TIPO DE DOCUMENTO: Qual tipo de norma é esse documento segundo a hierarquia jurídica brasileira? (Constituição Federal, Emenda Constitucional, Lei Complementar, Lei Ordinária, Lei Delegada, Decreto Legislativo, Decreto Presidencial, Portaria, Instrução Normativa, Resolução, Ato Normativo, Ato Administrativo, Aviso, RBAC, ICA)
2. JURISDIÇÃO: Federal, Estadual (qual estado?), Municipal (qual município?) ou Regulatório (ANAC/DECEA)

RESPONDA EM ATÉ 6 LINHAS:

Classificação: [Sim/Não]

Tipo Documento: [tipo identificado]





Jurisdição: [Federal/Estadual/Municipal/Regulatório]

Justificativa: [Síntese objetiva explicando por que é ou não relevante para UAM]

DOCUMENTO:

{text}

RESPOSTA:





APÊNDICE B - Status de Regulamentações Seleccionadas

N	Documentos	Equipe Ita	Deepseek	Gemini AI Flash
1	ALERTA nº 001	Aceita	Aceita	Aceita
2	Anatel - Ato nº 915	Aceita	Aceita	Aceita
3	CBA	Aceita	Aceita	Aceita
4	CEF RBAC 103	Rejeitado	Aceita	Aceita
5	CEF RBAC 107	Rejeitado	Aceita	Rejeitado
6	CEF RBAC 133	Rejeitado	Aceita	Aceita
7	CEF RBAC 153	Rejeitado	Aceita	Aceita
8	CEF RBAC 161	Aceita	Aceita	Aceita
9	CEF RBAC 21	Rejeitado	Rejeitado	Aceita
10	CEF RBAC 91	Rejeitado	Aceita	Aceita
11	CEF RBAC-E 94	Rejeitado	Rejeitado	Rejeitado
12	D10935	Rejeitado	Aceita	Aceita
13	D10936	Rejeitado	Aceita	Aceita
14	D1141	Rejeitado	Aceita	Aceita
15	D12483	Rejeitado	Aceita	Aceita
16	D12486	Rejeitado	Aceita	Aceita
17	D12490	Rejeitado	Aceita	Aceita
18	D12602	Rejeitado	Aceita	Aceita
19	D1876	Rejeitado	Aceita	Aceita
20	D4297	Rejeitado	Aceita	Aceita
21	D45058	Rejeitado	Aceita	Aceita
22	D527	Rejeitado	Aceita	Aceita

Continua na próxima página





Tabela 8.1: Status de Regulamentações Seleccionadas (continuação)

N	Documentos	Equipe Ita	Deepseek	Gemini AI Flash
23	D528	Rejeitado	Aceita	Aceita
24	D529	Rejeitado	Aceita	Aceita
25	D5566	Rejeitado	Aceita	Aceita
26	D5758	Rejeitado	Aceita	Aceita
27	D5875	Rejeitado	Aceita	Aceita
28	D60296	Rejeitado	Aceita	Aceita
29	D6288	Rejeitado	Aceita	Aceita
30	D6469	Rejeitado	Aceita	Aceita
31	D6686	Rejeitado	Aceita	Aceita
32	D6695	Rejeitado	Aceita	Aceita
33	D6848	Rejeitado	Aceita	Aceita
34	D707	Rejeitado	Aceita	Aceita
35	D7130	Rejeitado	Aceita	Aceita
36	D7341	Rejeitado	Aceita	Aceita
37	D7378	Rejeitado	Aceita	Aceita
38	D7747	Rejeitado	Aceita	Aceita
39	D7888	Rejeitado	Aceita	Aceita
40	D84017	Rejeitado	Aceita	Aceita
41	D85916	Rejeitado	Aceita	Aceita
42	D87561	Rejeitado	Aceita	Aceita
43	D8775	Rejeitado	Aceita	Aceita
44	D88351	Rejeitado	Aceita	Aceita
45	D88421	Rejeitado	Aceita	Aceita
46	D88940	Rejeitado	Aceita	Aceita
47	D89242	Rejeitado	Aceita	Aceita
48	D89431	Rejeitado	Aceita	Aceita

Continua na próxima página





Tabela 8.1: Status de Regulamentações Seleccionadas (continuação)

N	Documentos	Equipe Ita	Deepseek	Gemini AI Flash
49	D89496	Rejeitado	Aceita	Aceita
50	D89532	Rejeitado	Aceita	Aceita
51	D90225	Rejeitado	Aceita	Aceita
52	D90347	Rejeitado	Aceita	Aceita
53	D90379	Rejeitado	Aceita	Aceita
54	D90883	Rejeitado	Aceita	Aceita
55	D91304	Rejeitado	Aceita	Aceita
56	D91892	Rejeitado	Aceita	Aceita
57	D924	Rejeitado	Aceita	Aceita
58	D92755	Rejeitado	Aceita	Aceita
59	D9313	Rejeitado	Aceita	Aceita
60	D9337	Rejeitado	Aceita	Aceita
61	D9402	Rejeitado	Aceita	Aceita
62	D94764	Rejeitado	Aceita	Aceita
63	D95922	Rejeitado	Aceita	Aceita
64	D96693	Rejeitado	Aceita	Aceita
65	D97718	Rejeitado	Aceita	Aceita
66	D97822	Rejeitado	Aceita	Aceita
67	D98182	Rejeitado	Aceita	Aceita
68	D98864	Rejeitado	Aceita	Aceita
69	D98881	Rejeitado	Aceita	Aceita
70	D98891	Rejeitado	Aceita	Aceita
71	D99274	Rejeitado	Aceita	Aceita
72	D99278	Rejeitado	Aceita	Aceita
73	D99540	Rejeitado	Aceita	Aceita
74	ICA 100-1	Rejeitado	Rejeitado	Rejeitado

Continua na próxima página





Tabela 8.1: Status de Regulamentações Seleccionadas (continuação)

N	Documentos	Equipe Ita	Deepseek	Gemini AI Flash
75	ICA 100-11	Rejeitado	Rejeitado	Rejeitado
76	ICA 100-12	Aceita	Aceita	Rejeitado
77	ICA 100-16	Rejeitada	Aceita	Rejeitado
78	ICA 100-22	Rejeitado	Rejeitado	Rejeitado
79	ICA 100-24	Rejeitado	Aceita	Aceita
80	ICA 100-31	Aceita	Aceita	Aceita
81	ICA 100-36	Aceita	Aceita	Aceita
82	ICA 100-37	Rejeitado	Aceita	Aceita
83	ICA 100-4	Aceita	Aceita	Aceita
84	ICA 100-40	Rejeitado	Rejeitado	Rejeitado
85	ICA 100-44	Rejeitado	Aceita	Rejeitado
86	ICA 105-15	Rejeitado	Aceita	Aceita
87	ICA 11-3	Aceita	Aceita	Aceita
88	ICA 11-4	Rejeitado	Aceita	Aceita
89	ICA 11-408	Aceita	Aceita	Aceita
90	ICA 12-24	Rejeitado	Aceita	Aceita
91	ICA 12-36	Rejeitado	Aceita	Rejeitado
92	ICA 121-3	Rejeitado	Aceita	Aceita
93	ICA 205-51	Rejeitado	Aceita	Aceita
94	ICA 351-5	Rejeitado	Aceita	Aceita
95	ICA 53-4	Rejeitado	Aceita	Aceita
96	ICA 53-8	Aceita	Aceita	Aceita
97	ICA 57-1	Rejeitado	Aceita	Aceita
98	ICA 63-10	Rejeitado	Aceita	Aceita
99	ICA 63-13	Rejeitado	Aceita	Aceita
100	ICA 63-18	Rejeitado	Aceita	Aceita

Continua na próxima página





Tabela 8.1: Status de Regulamentações Seleccionadas (continuação)

N	Documentos	Equipe Ita	Deepseek	Gemini AI Flash
101	ICA 63-19	Aceita	Aceita	Aceita
102	ICA 63-26	Rejeitado	Aceita	Aceita
103	ICA 63-37	Rejeitado	Aceita	Rejeitado
104	ICA 63-43	Rejeitado	Aceita	Aceita
105	ICA 63-46	Rejeitado	Aceita	Aceita
106	ICA 63-51	Rejeitado	Aceita	Aceita
107	ICA 800-8	Rejeitado	Aceita	Aceita
108	ICA 96-1	Rejeitado	Aceita	Aceita
109	ICA 96-2	Rejeitado	Aceita	Aceita
110	ICA 96-3	Rejeitado	Aceita	Aceita
111	L10098	Aceita	Aceita	Aceita
112	L10165	Rejeitado	Aceita	Aceita
113	L10257	Aceita	Aceita	Aceita
114	L10636	Aceita	Aceita	Rejeitado
115	L10933	Rejeitado	Aceita	Aceita
116	L11182	Aceita	Aceita	Aceita
117	L11318	Rejeitado	Aceita	Aceita
118	L11673	Rejeitado	Aceita	Aceita
119	L11891	Rejeitado	Aceita	Aceita
120	L12305	Rejeitado	Rejeitado	Aceita
121	L12587	Aceita	Aceita	Aceita
122	L12593	Rejeitado	Aceita	Aceita
123	L12651	Aceita	Aceita	Aceita
124	L12678	Rejeitado	Aceita	Aceita
125	L12725	Aceita	Aceita	Aceita
126	L12727	Rejeitado	Aceita	Aceita

Continua na próxima página





Tabela 8.1: Status de Regulamentações Seleccionadas (continuação)

N	Documentos	Equipe Ita	Deepseek	Gemini AI Flash
127	L12836	Rejeitado	Aceita	Aceita
128	L13089	Rejeitado	Aceita	Aceita
129	L13116	Aceita	Aceita	Aceita
130	L13146	Aceita	Aceita	Aceita
131	L13240	Rejeitado	Aceita	Aceita
132	L13406	Rejeitado	Aceita	Aceita
133	L13452	Rejeitado	Aceita	Aceita
134	L13465	Rejeitado	Aceita	Aceita
135	L13668	Rejeitado	Aceita	Aceita
136	L13683	Rejeitado	Aceita	Aceita
137	L13699	Rejeitado	Aceita	Aceita
138	L13848	Rejeitado	Rejeitado	Aceita
139	L13971	Rejeitado	Aceita	Aceita
140	L14000	Rejeitado	Aceita	Aceita
141	L14489	Rejeitado	Aceita	Aceita
142	L14714	Rejeitado	Aceita	Aceita
143	L14729	Rejeitado	Aceita	Aceita
144	L14748	Rejeitado	Aceita	Aceita
145	L14750	Rejeitado	Aceita	Aceita
146	L14849	Rejeitado	Aceita	Aceita
147	L14904	Rejeitado	Aceita	Aceita
148	L15180	Rejeitado	Aceita	Aceita
149	L15190	Aceita	Aceita	Aceita
150	L4766	Rejeitado	Aceita	Aceita
151	L6261	Rejeitado	Aceita	Aceita
152	L6766	Aceita	Aceita	Aceita

Continua na próxima página





Tabela 8.1: Status de Regulamentações Seleccionadas (continuação)

N	Documentos	Equipe Ita	Deepseek	Gemini AI Flash
153	L6803	Rejeitado	Aceita	Aceita
154	L6902	Aceita	Aceita	Aceita
155	L6938	Aceita	Aceita	Aceita
156	L7499	Rejeitado	Aceita	Aceita
157	L7565	Rejeitado	Aceita	Aceita
158	L7661	Aceita	Aceita	Aceita
159	L7804	Rejeitado	Aceita	Aceita
160	L9097	Rejeitado	Aceita	Aceita
161	L9262	Rejeitado	Aceita	Aceita
162	L9472	Aceita	Rejeitado	Aceita
163	L9497	Rejeitado	Aceita	Aceita
164	PCA 351-7	Aceita	Aceita	Aceita
165	PL743	Aceita	Aceita	Aceita
166	RBAC 01	Rejeitado	Aceita	Aceita
167	RBAC 107	Rejeitado	Aceita	Aceita
168	RBAC 103	Rejeitado	Aceita	Aceita
169	RBAC 105	Rejeitado	Aceita	Aceita
170	RBAC 11	Rejeitado	Aceita	Aceita
171	RBAC 121	Rejeitado	Rejeitado	Rejeitado
172	RBAC 129	Rejeitado	Rejeitado	Rejeitado
173	RBAC 133	Rejeitado	Aceita	Aceita
174	RBAC 135	Aceita	Aceita	Aceita
175	RBAC 136	Rejeitado	Aceita	Aceita
176	RBAC 139	Rejeitado	Aceita	Rejeitado
177	RBAC 145	Rejeitado	Rejeitado	Rejeitado
178	RBAC 153	Rejeitado	Aceita	Rejeitado

Continua na próxima página





Tabela 8.1: Status de Regulamentações Seleccionadas (continuação)

N	Documentos	Equipe Ita	Deepseek	Gemini AI Flash
179	RBAC 154	Rejeitado	Aceita	Aceita
180	RBAC 155	Aceita	Aceita	Aceita
181	RBAC 161	Aceita	Aceita	Aceita
182	RBAC 36	Rejeitado	Aceita	Aceita
183	RBAC 91	Rejeitado	Rejeitado	Aceita
184	ResCONAMA001-1986	Aceita	Aceita	Aceita
185	ResCONAMA003-1990	Rejeitado	Aceita	Aceita
186	ResCONAMA237-1997	Aceita	Aceita	Aceita
187	ResANAC775-2025	Aceita	Aceita	Aceita





APÊNDICE C - Resumo do Arcabouço Legal para PESTEL

O quadro abaixo sintetiza a descrição resumida de cada fator PESTEL.

PESTEL – DESCRIÇÃO DOS FATORES

1. **Político:** Referem-se à influência do governo, à formulação de políticas públicas e à estabilidade política que fundamentam o ecossistema da Mobilidade Aérea Urbana. Incluem a autonomia e proatividade de agências reguladoras, a criação de mecanismos inovadores, políticas de fomento e incentivos fiscais, a estratégia de harmonização internacional de normas e os desafios inerentes à coordenação federativa e à vontade política nas diferentes esferas de governo.

2. **Econômico:** Tratam da viabilidade financeira, sustentabilidade dos modelos de negócio e impacto macroeconômico do ecossistema da Mobilidade Aérea Urbana. Incluem a análise dos custos operacionais e a escalabilidade do modelo de negócio, as estratégias multifacetadas de financiamento e captação de investimentos (com BNDES e incentivos fiscais), o impacto no desenvolvimento regional e na eficiência econômica urbana, a integração multimodal como peça-chave para a viabilidade do serviço e o potencial de geração de empregos qualificados e desenvolvimento de uma cadeia produtiva nacional de alto valor agregado.

3. **Social:** Evidenciam as tendências demográficas, culturais, comportamentais e de percepção da sociedade que impactam a adoção e a integração da Mobilidade Aérea Urbana. Incluem a aceitação pública e a mitigação de impactos percebidos (como ruído e perturbação visual), a imperativa necessidade de equidade, acessibilidade e inclusão para evitar que se torne um serviço de elite, e a gestão da percepção de risco através de comunicação transparente e rigorosa sobre os protocolos de segurança, que são fundamentais para construir a licença social para operar.

4. **Tecnológico:** Os fatores tecnológicos para a Mobilidade Aérea Urbana compreendem três componentes principais. As Tecnologias de Suporte envolvem arquiteturas CNS/ATM com redes 5G/6G e sistemas de navegação para operações em corredores urbanos (ADS-B, GNSS e U-space/UTM). A Infraestr-





tura Terrestre e de Energia abrange vertiportos com superfícies de segurança regulamentadas e demanda por infraestrutura elétrica robusta para recarga rápida. Os Gêmeos Digitais permitem o planejamento tridimensional do espaço aéreo através de modelos 3D que simulam interações com o ambiente urbano, tratando o espaço aéreo como uma camada de zoneamento a ser integrada ao território. Fatores tecnológicos também contemplam medidas de inovação presentes em documentos técnicos que informam parâmetros e diretrizes que influenciam diretamente o início das operações UAM.

5. **Ambiental:** Dizem respeito aos impactos ecológicos, à conformidade com a legislação verde e à gestão de recursos naturais que fundamentam a sustentabilidade da Mobilidade Aérea Urbana. Incluem a análise da pegada de carbono real e da eficiência energética, que dependem da matriz energética nacional, a gestão proativa e mitigação da poluição sonora através de modelagem acústica e planejamento de rotas, a integração da infraestrutura ao planejamento urbano para minimizar impactos no uso do solo e na biodiversidade, e a estrita conformidade com o robusto marco legal ambiental brasileiro, que exige licenciamento e operação dentro de padrões predefinidos.

6. **Legal:** Abordam estrutura hierárquica do ordenamento jurídico que rege a Mobilidade Aérea Urbana, organizada em cinco níveis de autoridade normativa. O nível mais elevado compreende as Leis Complementares, seguido pelas Leis Ordinárias, Decretos e Normas Regulamentares, Atos Administrativos/Normativos e Projetos de Lei em tramitação. Esta hierarquia determina a validade, supremacia e força vinculante das normas, sendo fundamental para segurança jurídica, conformidade regulatória e planejamento estratégico.





APÊNDICE D - Métodos e cálculos (PESTE, sem L)

Seja \mathcal{D} o conjunto de documentos, com $|\mathcal{D}| = 35$. Para cada fator

$$f \in \{\text{Pol, Econ, Soc, Tec, Amb}\},$$

denotamos a nota do documento $d \in \mathcal{D}$ por $s_{d,f} \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$.

Métricas por fator

$$\bar{s}_f = \frac{1}{|\mathcal{D}|} \sum_{d \in \mathcal{D}} s_{d,f} \quad (\text{média}) \quad (8.1)$$

$$\sigma_f = \sqrt{\frac{1}{|\mathcal{D}| - 1} \sum_{d \in \mathcal{D}} (s_{d,f} - \bar{s}_f)^2} \quad (\text{desvio padrão, amostral}) \quad (8.2)$$

$$CV_f = \frac{\sigma_f}{\bar{s}_f} \quad (\text{coeficiente de variação}) \quad (8.3)$$

$$p_{f, \geq k} = \frac{1}{|\mathcal{D}|} \sum_{d \in \mathcal{D}} \mathbf{1}\{s_{d,f} \geq k\} \quad (\text{proporção com nota} \geq k) \quad (8.4)$$

$$n_{f,j} = \sum_{d \in \mathcal{D}} \mathbf{1}\{s_{d,f} = j\}, \quad j = 1, \dots, 5 \quad (\text{distribuição de notas}) \quad (8.5)$$

Métricas por documento

$$T_d = \sum_{f \in \{\text{Pol, Econ, Soc, Tec, Amb}\}} s_{d,f} \quad (\text{Total PESTE de } d) \quad (8.6)$$

$$B_d = \sum_f \mathbf{1}\{s_{d,f} \geq 4\} \quad (\# \text{ de fatores com cobertura forte em } d) \quad (8.7)$$





Correlação de Spearman entre fatores

Sejam $R_{d,f}$ os postos (ranks) de $s_{d,f}$ entre os documentos (empates com média dos postos). A correlação de Spearman entre f e g é

$$\rho_{f,g} = 1 - \frac{6 \sum_{d \in \mathcal{D}} (R_{d,f} - R_{d,g})^2}{|\mathcal{D}|(|\mathcal{D}|^2 - 1)}. \quad (8.8)$$

Índice opcional de Abrangência do Fator (IAF)

Para relatórios executivos, pode-se sintetizar a abrangência em um único índice $[0, 1]$:

$$\text{IAF}_f = w_1 \cdot \frac{\bar{s}_f}{5} + w_2 \cdot p_{f, \geq 4} + w_3 \cdot (1 - p_{f, \leq 2}), \quad w_1 + w_2 + w_3 = 1, \quad (8.9)$$

onde $p_{f, \leq 2} = \frac{1}{|\mathcal{D}|} \sum_d \mathbf{1}\{s_{d,f} \leq 2\}$. Um conjunto de pesos ilustrativo é $w_1=0,4$, $w_2=0,4$, $w_3=0,2$, que enfatiza média e cobertura forte.

Notas finais

Todas as estatísticas acima foram calculadas excluindo o fator L (Legal). Percentuais são expressos em pontos percentuais (%) e podem apresentar arredondamentos de duas casas decimais.





Bibliografia

Aerodesporto Brasil. **DECEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo**. 2020. Publicado em 20/10/2020. Disponível em: <<https://aerodesportobrasil.com.br/dece-a-departamento-de-controle-do-espaco-aereo/>>.

Aeroescola. **Autoridade Aeronáutica: Quem é?** 2025. Acessado em 2025. Disponível em: <<https://aeroescola.com.br/autoridade-aeronautica-quem-e/>>.

Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial nº 155**. [S.l.], 2024. Bases aéreas e helipontos militares - cadastro e operações de aeronaves civis. Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbce-155>>.

Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Advanced Air Mobility – Panorama e Perspectivas - 2023**. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/anac/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-arquivos/aam-panorama-2023.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2025.

Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **ALERTA n001/2023 - Infraestrutura para pouso e decolagem de aeronaves e VTOL**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/aeroportos-e-aerodromos/arquivos/ALERTAn001_2023InfraestruturaparapousoedecolagemdeaeronaveseVTOL.pdf>.

Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **RBAC 161 - Requisitos Gerais para Aeródromos**. 2024. Disponível em: <<https://pergamum.anac.gov.br/pergamum/vinculos/RBAC161EMD00.pdf>>.

Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Anac aprova regras de criação de ambiente regulatório experimental para novas tecnologias na aviação**. 2025. Associação Brasileira de Advogados (ABAR). Acesso em: 15 nov. 2025. Disponível em: <<https://abar.org.br/anac-aprova-regras-de-criacao-de-ambiente-regulatorio-experimental-para-novas-tecnologias-na-aviacao/>>.

Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Institucional - Acesso à Informação**. 2025. Contém Agenda Regulatória e Consultas Públicas. Acessado em 2025. Disponível em: <<https://www.gov.br/anac/pt-br/acesso-a-informacao/institucional>>.

Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Resolução ANAC nº 775/2025 - Sandbox Regulatório**. 2025. Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/resolucoes/2025/resolucao-775>>.

Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Sandbox Regulatório**. 2025. Portal Gov.br. Acesso em: 15 nov. 2025. Disponível em: <<https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/sandbox-regulatorio>>.





Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL). **Ato nº 915 - Requisitos Técnicos de Gestão do Espectro**. 2024. Disponível em: <<https://informacoes.anatel.gov.br/legislacao/atos-de-requisitos-tecnicos-de-gestao-do-espectro/2024/1920-ato-915>>.

ANAC. **CEF RBAC 161 - Compêndio de Elementos de Fiscalização**. 2021. Portaria SIA nº 4.499/2021. Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de-pessoal/2021/11/anexo-i-cef-rbac-no-161>>.

ANAC. **RBAC 135 EMD 12 - Operações de transporte aéreo público**. 2022. BPS v.17, nº 35. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de-pessoal/2022/bps-v-17-no-35-29-08-a-02-09-2022/rbac-135/visualizar_ato_normativo>.

ANAC. **Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil (RBAC)**. 2024. Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac>>. Acesso em: 03 out. 2024.

(ANAC), A. N. de A. C. **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil – RBAC 01, Emenda nº 00: “Definições, Regras de Redação e Unidades de Medida”**. 2008. PDF disponível em Pergamum-ANAC: <https://pergamum.anac.gov.br/pergamum/vinculos/RBAC01EMD00.pdf>. Emenda nº 00; última versão conforme disponibilizado no site da ANAC.

ARAFAT, M. Y.; PAN, S. Urban air mobility communications and networking: Recent advances, techniques, and challenges. **Drones**, MDPI AG, v. 8, n. 12, p. 702, 2024.

ARSECULARATNE, B. P.; RODRIGO, N.; CHANG, R. Review of reducing energy consumption and carbon emissions through digital twin in built environment. **Journal of Building Engineering**, Elsevier, v. 98, p. 111150, 2024.

BABETTO, L. et al. Adoption of the Urban Air Mobility System: Analysis of technical, legal and social aspects from a European perspective. **Journal of the Air Transport Research Society**, v. 1, n. 1, p. 152–174, 2023.

BARRERO, M. et al. **Urban Road Congestion in Latin America and the Caribbean: Characteristics, Costs, and Mitigation**. 2020. Disponível em: <<https://publications.iadb.org/publications/english/document/Urban-Road-Congestion-in-Latin-America-and-the-Caribbean-Characteristics-Costs-and-Mitigation.pdf>>.

BAURANOV, A.; RAKAS, J. Designing airspace for urban air mobility: A review of concepts and approaches. **Progress in Aerospace Sciences**, Elsevier Ltd, v. 125, 8 2021. ISSN 03760421.

BENEDETTI, D. M. Texto para Discussão, **Mobilidade Aérea Avançada: Perspectivas, Desafios e o Papel do Estado**. Brasília: [s.n.], 2025. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td339>>. Acesso em: 15 nov. 2025.

BILLS, M.; MAYYAS, A.; THAKUR, A. K. Challenges and key requirements of batteries for electric vertical takeoff and landing aircraft. **Joule**, v. 5, n. 7, p. 1657–1672, 2021.

BNDES. **Eve Air Mobility recebe US\$ 88 milhões para produção de eVTOL**. 2024. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/>>.





BNDES. **Pacote de Estabilização de Funding para Infraestrutura (PEFI)**. 2025. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/infraestrutura/BNDES-cria-pacote-de-solucoes-para-financiamento-de-grandes-projetos-de-infraestrutura/>>.

BRASIL. **Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986: Código Brasileiro de Aeronáutica**. 1986. <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17565.htm>. Dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica e dá outras providências.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Acesso em: 01 nov. 2025. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>.

Brasil. **Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997**. 1997. Diário Oficial da União. Dispõe sobre a organização dos serviços de telecomunicações, a criação e funcionamento de um órgão regulador e outros aspectos institucionais, nos termos da Emenda Constitucional nº 8, de 1995. Lei Geral de Telecomunicações. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19472.htm>.

BRASIL. **Lei Complementar nº 95, de 26 de fevereiro de 1998: dispõe sobre a elaboração, a redação, a alteração e a consolidação das leis, conforme determina o parágrafo único do art. 59 da Constituição Federal, e estabelece normas para a consolidação dos atos normativos que menciona**. 1998. Diário Oficial da União, Brasília, 27 fev. 1998. Promulgada em 26 de fevereiro de 1998.

Brasil. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. 2001. Diário Oficial da União. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Estatuto da Cidade. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm>.

Brasil. **Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012**. 2012. Diário Oficial da União. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112587.htm>.

Brasil. **Lei nº 12.725/2012 - Controle da fauna nas imediações de aeródromos**. 2012. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112725.htm>.

Brasil. Presidência da República. **Lei nº 11.182, de 27 de setembro de 2005**. 2005. Cria a Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC. Acessado em 2025. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Lei/L11182.htm>.

CAMPAGNA, L. M. et al. Mapping the integration of urban air mobility into the built environment: A bibliometric analysis and a scoping review. **Drones**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 9, n. 10, p. 692, 2025.

Canal Piloto (YouTube transcript). **Diferença entre ANAC e DECEA**. 2025. Transcrição de vídeo. Acessado em 2025. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=LMP7huNcfZ4>>.

CELLI, M.; SCHMIDT, J.; HARRIS, J. **Advanced Air Mobility: What Electric Air Taxis Need to Take Off**. [S.l.], 2024. Disponível em: <<https://www.bain.com/insights/advanced-air-mobility-what-electric-air-taxis-need-to-take-off/>>.





CHAE, M. et al. Potential market based policy considerations for urban air mobility. **Journal of Air Transport Management**, Elsevier, v. 119, p. 102654, 2024.

CHEN, Z.; SCHINTLER, L. A. Rediscovering regional science: Positioning the field's evolving location in science and society. **Journal of Regional Science**, v. 63, n. 3, p. 617–642, 2023. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jors.12634>>.

COHEN, A. P.; SHAHEEN, S. A.; FARRAR, E. M. Urban air mobility: History, ecosystem, market potential, and challenges. **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, IEEE, v. 22, n. 9, p. 6074–6087, 2021.

Congresso Nacional. **Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979 - Parcelamento do Solo Urbano**. 1979. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm>.

Congresso Nacional. **Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981**. 1981. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6902.htm>.

Congresso Nacional. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 - Política Nacional do Meio Ambiente**. 1981. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>.

Congresso Nacional. **Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988**. 1988. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7661.htm>.

Congresso Nacional. **Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000 - Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade**. 2000. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l10098.htm>.

Congresso Nacional. **Lei nº 10.636, de 30 de dezembro de 2002**. 2002. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10636.htm>.

Congresso Nacional. **Lei nº 13.116, de 20 de abril de 2015**. 2015. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13116.htm>.

Congresso Nacional. **Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015 - Estatuto da Pessoa com Deficiência**. 2015. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm>.

Congresso Nacional. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 - Código Florestal**. 2022. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>.

Congresso Nacional. **Lei nº 15.190, de 8 de agosto de 2025**. 2025. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2025/lei-15190-8-agosto-2025-797833-publicacaooriginal-176089-pl.html>>.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA**. [S.l.], 1986. Disponível em: <https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=745>.





Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 237**. [S.l.], 1997. Disponível em: <https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=237>.

de Sousa, G. C.; CASTAÑEDA-AYARZA, J. A. Pestel analysis and the macro-environmental factors that influence the development of the electric and hybrid vehicles industry in Brazil. **Case Studies on Transport Policy**, v. 10, n. 1, p. 686–699, 2022. ISSN 2213-624X. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213624X22000347>>.

DECEA. **ICA 63-19 - Critérios de Análise Técnica da Área de Aeródromos**. 2020. Disponível em: <<https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/ica-63-19>>.

DECEA. **ICA 53-8 - Serviços de Informação Aeronáutica**. 2021. Disponível em: <<https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/ica-53-8>>.

DECEA. **Publicações do DECEA – Instruções do Comando da Aeronáutica (ICA)**. 2024. Disponível em: <<https://publicacoes.decea.mil.br/tipo/ICA>>. Acesso em: 03 out. 2024.

DECEA. **Base Normativa - DECEA**. 2025. Acessado em 2025. Disponível em: <<https://www.decea.mil.br/?i=quem-somos&p=base-juridica>>.

DECEA. **Glossário: ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil**. 2025. Acessado em 2025. Disponível em: <<https://www.decea.mil.br/index.cfm?i=utilidades&p=glossario&single=2159>>.

DECEA. **Quem Somos - DECEA**. 2025. Acessado em 2025. Disponível em: <<https://site.decea.mil.br/app-decea/paginas/sobre.html>>.

DEEPSEEK. **DeepSeek API Documentation**. 2024. Acessado em: 2 de Dezembro de 2025. Disponível em: <<https://api-docs.deepseek.com>>.

Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Portaria DECEA/DNOR1 nº 1.546, de 6 de novembro de 2024**. 2024. Publicado no Boletim do Comando da Aeronáutica nº 206, de 14 de novembro de 2024. Aprova a edição do Plano do Comando da Aeronáutica (PCA 351-7) que dispõe sobre a concepção operacional UAM nacional.

Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). **ICA 11-408 - Restrições aos Objetos Projetados no Espaço Aéreo**. [S.l.], 2020. Disponível em: <https://ipdsa.org.br/dados/link/434/arquivo/ICA%2011-408%20-%20Restri___es%20aos%20objetos%20projetados%20no%20espa__o%20a__reo.pdf>.

Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). **ICA 100-4 - Classificação do Espaço Aéreo**. [S.l.], 2021. Disponível em: <<https://static.decea.mil.br/publicacoes/files/2021/1627657246-ica100-4.pdf>>.

Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). **ICA 11-3 - Processos da Área de Aeródromos (AGA) no Âmbito do COMAER**. [S.l.], 2021. Disponível em: <<https://static.decea.mil.br/publicacoes/files/2021/1648735302-ica-11-3-processos-da-area-de-aerodromos-aga-no-ambito-do-comaer.pdf>>.





Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). **AIC-N 34/23: Circulação Visual na Terminal Curitiba**. 2023. Disponível em: <<https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/aic-n-34-23>>. Acesso em: 15 nov. 2025.

Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). **ICA 100-12 - Regras do Ar e Serviços de Tráfego Aéreo**. [S.l.], 2024. Disponível em: <<https://static.decea.mil.br/publicacoes/files/2024/1732509203-ica-100-12-2024.pdf>>.

Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). **ICA 100-31 - Cartas Aeronáuticas**. [S.l.], 2024. Disponível em: <<https://static.decea.mil.br/publicacoes/files/2024/1732553519-ica-100-31-2024.pdf>>.

Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). **PCA 351-7 - Procedimentos para Controle de Aproximação por Instrumentos**. [S.l.], 2024. Disponível em: <<https://static.decea.mil.br/publicacoes/files/2024/1732506864-pca-351-7-2024.pdf>>.

Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). **ICA 100-36 - Projeto de Obstáculos para Navegação Aérea**. [S.l.], 2025. Disponível em: <<https://static.decea.mil.br/publicacoes/files/2025/1749568778-ica-100-36-2025.pdf>>.

European Union Aviation Safety Agency. **Prototype Technical Design Specifications for Vertiports**. 1. ed. [S.l.], 2022. Disponível em: <<https://www.easa.europa.eu/en/document-library/general-publications/prototype-technical-design-specifications-vertiports>>.

European Union Aviation Safety Agency. **Easy Access Rules for U-space (Regulation (EU) 2021/664, (EU) 2021/665 and (EU) 2021/666)**. [S.l.], 2023. Revision from January 2023. Disponível em: <<https://www.easa.europa.eu/en/document-library/easy-access-rules/easy-access-rules-u-space-regulation-eu-2021664-eu-2021665>>.

European Union Aviation Safety Agency (EASA). **Special Condition for VTOL and Means of Compliance**. 2025. Disponível em: <<https://www.easa.europa.eu/en/document-library/product-certification-consultations/special-condition-vtol>>. Acesso em: 15 nov. 2025.

FARIAS, O. J. B. **Legislação Aplicada em Saúde e Segurança do Trabalho**. Curitiba, 2011. Acesso em: 01 nov. 2025. Disponível em: <<https://www.cliqueapostilas.com/Content/apostilas/35d640d7306a0a19da786c221e1b3fda.pdf>>.

Federal Aviation Administration (FAA). **Engineering Brief No. 105: Vertiport Design**. Washington, DC: [s.n.], 2022. Disponível em: <<https://nbaa.org/wp-content/uploads/aircraft-operations/emerging-technologies/advanced-air-mobility-aam/20220921-FAA-Engineering-Brief-105-Vertiport-Design.pdf>>. (Airport Engineering Briefs). Acesso em: 15 nov. 2025.

Federal Aviation Administration (FAA). **Engineering Brief No. 105A: Vertiport Design – Supplemental Guidance to Advisory Circular 150/5390-2D, Heliport Design**. Washington, DC: [s.n.], 2024. Disponível em: <https://www.faa.gov/airports/engineering/engineering_briefs/eb_105a_vertiports>. (Airport Engineering Briefs). Acesso em: 15 nov. 2025.





FELDMAN, M.; HADJIMICHAEL, T. The role of public finance in urban air mobility infrastructure. **Research Policy**, v. 48, n. 4, p. 103–115, 2019.

FILHO, J. **Python para Linguística de Corpus: Guia Prático**. Independently Published, 2021. ISBN 9798589797800. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=gKoqzgEACAAJ>>.

FIRJAN. **Custo de Congestionamentos no Rio e São Paulo**. 2014. Reportado pela Agência Brasil. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2014-07/custo-de-congestionamentos-no-rio-e-sao-paulo-atinge-r-98-bilhoes>>.

FREDERICKS, W. L. et al. Performance metrics required of next-generation batteries to electrify vertical takeoff and landing (vtol) aircraft. **ACS Energy Letters**, ACS Publications, v. 3, n. 12, p. 2989–2994, 2018.

GALHARDO, J. A. G.; SOUZA, C. A. de. Listening to regulators about the challenges in regulating emerging disruptive technologies. **Transforming Government: People, Process and Policy**, Emerald Publishing, v. 18, p. 768–784, 10 2024. ISSN 17506166.

GARROW, L. A.; GERMAN, B. J.; LEONARD, C. E. Urban air mobility: A comprehensive review and comparative analysis with autonomous and electric ground transportation for informing future research. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, Elsevier Ltd, v. 132, 11 2021. ISSN 0968090X.

GOYAL, R. et al. **Urban air mobility (UAM) market study**. 2018.

Inter-American Development Bank. **Brazil to Promote Public-Private Partnerships for Infrastructure Projects with IDB Support**. [S.l.], 2014. Disponível em: <<https://www.iadb.org/en/news/brazil-promote-public-private-partnerships-infrastructure-projects-idb-support>>.

JARMUL, K.; LAWSON, R. **Python Web Scraping**. Packt Publishing, 2017. ISBN 9781786464293. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=jHc5DwAAQBAJ>>.

JOHNSON, G. et al. **Exploring Strategy: Text and Cases**. 13. ed. Harlow: Pearson, 2023.

KABASHKIN, I. et al. Communication infrastructure design for reliable uav operations in air mobility corridors. **Drones**, MDPI, v. 9, n. 6, p. 401, 2025.

KAPLAN, S. **The Business Model Innovation Factory: How to Stay Relevant When The World is Changing**. [S.l.]: Wiley, 2012.

KLEIN, M.; SYED, A. Tax incentives and technological innovation in emerging transportation sectors. **Journal of Public Economics**, v. 194, p. 104–123, 2021.

KRYLOVA, M. Urban planning requirements for the new air mobility (uam) infrastructure integration. **Frankfurt University of Applied Sciences**, 2022.

LAWSON, R. **Web Scraping with Python**. Packt Publishing, 2015. ISBN 9781782164371. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=V_1_CwAAQBAJ>.





LexML Brasil. **Portal LexML – Rede de Informação Legislativa e Jurídica**. 2024. Disponível em: <<http://www.lexml.gov.br>>. Acesso em: 03 out. 2024.

LONG, Q. et al. Demand analysis in urban air mobility: A literature review. **Journal of Air Transport Management**, Elsevier Ltd, v. 112, 9 2023. ISSN 09696997.

LOPES, H. et al. Can urban air mobility become reality? opportunities and challenges of UAM as innovative mode of transport and DLR contribution to ongoing research. **CEAS Aeronautical Journal**, 2024.

LORENZO, S. D. et al. Energy efficiency in urban mobility (eem): a multicriteria and multidisciplinary approach. **Energy Efficiency**, Springer, v. 18, n. 3, p. 16, 2025.

LU, Y. et al. Vertiport location selection and optimization for urban air mobility in complex urban scenes. **Aerospace**, v. 12, n. 8, 2025. ISSN 2226-4310. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2226-4310/12/8/709>>.

Markets and Markets. **Top Vertiports Companies**. 2023. Disponível em: <<https://www.marketsandmarkets.com/ResearchInsight/vertiport-market.asp>>.

MASCIO, P. D.; SERRONE, G. D.; MORETTI, L. Vertiports: The infrastructure backbone of advanced air mobility—a review. **Eng**, MDPI, v. 6, n. 5, p. 93, 2025.

MAVRAJ, G. et al. A systematic review of ground-based infrastructure for the innovative urban air mobility. **Transactions on Aerospace Research**, Sciendo, v. 2022, n. 4, p. 1–17, 2022.

MAZZUCATO, M. **The Entrepreneurial State: Debunking Public vs. Private Sector Myths**. [S.l.]: Anthem Press, 2013.

Ministério de Portos e Aeroportos. **Em Brasília e São Paulo, representantes do MPor e Anac realizam Road Show do programa AmpliAR**. 2025. <<https://www.gov.br/portos-e-aeroportos/pt-br/assuntos/noticias/2025/11/em-brasilia-e-sao-paulo-representantes-do-mpor-e-anac-realizam-road-show-do-programa-ampliar>>. Acessado em 2025.

MOBILITY, E. A. **Eve TechCare — Serviço e Suporte para eVTOL (MRO, treinamento, monitoramento)**. 2024. Relatório da empresa: filing da SEC. Disponível em: <<https://ir.eveairmobility.com/sec-filings/all-sec-filings/content/0001554855-24-000736/0001554855-24-000736.pdf>>.

MOBILITY, E. A.; EMBRAER. **Eve Air Mobility and Embraer Announce First eVTOL Production Location in Brazil**. 2023. <<https://www.eveairmobility.com/eve-air-mobility-and-embraer-announce-first-evtol-production-location-in-brazil/>>.

NELSON, R. R. **National Innovation Systems: A Comparative Analysis**. [S.l.]: Oxford University Press, 1993.

NORMAN, G. Likert scales, levels of measurement and the “laws” of statistics. **Advances in health sciences education**, Springer, v. 15, n. 5, p. 625–632, 2010.

O'REILLY, P. E. et al. Vertiport ventures: assessing operational feasibility for evtol integration in são paulo's helipad and heliport infrastructure. **Journal of Marketing Analytics**, Palgrave Macmillan, 2024. ISSN 20503326.





PAK, H. et al. Can urban air mobility become reality? opportunities and challenges of UAM as innovative mode of transport and DLR contribution to ongoing research. **CEAS Aeronaut. J.**, Springer Science and Business Media LLC, maio 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s13272-024-00733-x>>.

Presidência da República. **Portal da Legislação – Planalto**. 2024. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 03 out. 2024.

QIAO, X. et al. The impact of battery performance on urban air mobility operations. **Aerospace**, MDPI, v. 10, n. 7, p. 631, 2023.

RAHMAN, B. et al. Integrating urban air mobility into a public transit system: A gis-based approach to identify candidate locations for vertiports. **Vehicles**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), v. 5, p. 1803–1817, 12 2023. ISSN 26248921.

RAJENDRAN, S.; SRINIVAS, S. Air taxi service for urban mobility: A critical review of recent developments, future challenges, and opportunities. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, Elsevier, v. 143, p. 102090, 2021.

ROSIK, P. et al. Transport infrastructure and regional development: A survey of literature on wider economic and spatial impacts. **Sustainability**, v. 15, n. 1, p. 548, 2023.

SANTHA, N.; WOODS, G.; STREETING, M. **Advanced Air Mobility: Cost Economics and Potential**. [S.l.], 2023. Disponível em: <<https://www.lek.com/sites/default/files/PDFs/2306-Advanced-Air-Mobility.pdf>>.

SCHWEIGER, K.; PREIS, L. Urban air mobility: Systematic review of scientific publications and regulations for vertiport design and operations. **Drones**, MDPI, v. 6, n. 7, p. 179, 2022.

Senado Federal. **Portal Legislação – Senado Federal**. 2024. Disponível em: <<https://www.senado.leg.br>>. Acesso em: 03 out. 2024.

Senado Federal. **Projeto de Lei nº 743/2025**. 2025. Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/167437>>.

SESAR 3 Joint Undertaking. **U-space Concept of Operations (CONOPS)**. 4. ed. [S.l.], 2023. Este Concept of Operations é parte do projeto CORUS-XUAM, que recebeu financiamento da SESAR 3 Joint Undertaking. Disponível em: <<https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/U-space%20CONOPS%204th%20edition.pdf>>.

SINHA, A. A.; RAJENDRAN, S. A novel two-phase location analytics model for determining operating station locations of emerging air taxi services. **Decision Analytics Journal**, v. 2, p. 100013, 2022. ISSN 2772-6622. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772662221000096>>.

SMITH, R. An overview of the tesseract ocr engine. In: **Ninth International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR 2007)**. [S.l.: s.n.], 2007. v. 2, p. 629–633.





SOLANKI, B. et al. **FAA Vertiport Electrical Infrastructure Study**. [S.l.], 2024. Disponível em: <<https://docs.nrel.gov/docs/fy24osti/86245.pdf>>.

SPACCA, R. **Testar e evoluir: sobre a Resolução 775 da Anac (sandbox regulatório)**. Consultor Jurídico, 2025. Disponível em: <<https://www.conjur.com.br/2025-ago-26/testar-e-evoluir-notas-sobre-a-resolucao-775-da-anac-sandbox-regulatorio/>>.

STIGLITZ, J. E. **The Great Divide: Unequal Societies and What We Can Do About Them**. [S.l.]: W. W. Norton & Company, 2015.

STUTZEL, M. A. **Governança na Gestão de Riscos de Ocorrências Aeronáuticas na Aviação Civil Brasileira**. Dissertação (Mestrado) — Escola Nacional de Administração Pública (ENAP), 2023. Acessado em 2025. Disponível em: <<https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/8336/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Marco%20Antonio%20Stutzel%20%281%29.pdf>>.

TASSINARI, F. Low emission zones and traffic congestion: Evidence from madrid central. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, Elsevier, v. 185, p. 104099, 2024.

THIPPHAVONG, D. P. et al. Urban air mobility airspace integration concepts and considerations. In: AIAA. **2018 Aviation Technology, Integration, and Operations Conference**. [S.l.], 2018. p. 3676.

TOMASZEWSKI, L.; KOLAKOWSKI, R. Advanced air mobility and evolution of mobile networks. **Drones**, MDPI, v. 7, n. 9, p. 556, 2023.

WANG, Y. et al. Optimizing urban air mobility: A ground-connected approach to select optimal evtol takeoff and landing sites for short-distance intercity travel. **IEEE Open Journal of Vehicular Technology**, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., v. 6, p. 216–239, 2025. ISSN 26441330.

WEBER, M.; ROHRACHER, H. Policy frameworks for disruptive technologies: Case studies from advanced air mobility. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 103, p. 1–16, 2016.

YANG, X.-G. et al. Challenges and key requirements of batteries for electric vertical takeoff and landing aircraft. **Joule**, Elsevier, v. 5, n. 7, p. 1644–1659, 2021.

YUNUS, F. et al. Efficient prediction of urban air mobility noise in a vertiport environment. **Aerospace Science and Technology**, Elsevier Masson s.r.l., v. 139, 8 2023. ISSN 12709638.

