



ITA
Meta 2
Etapa 8
SigmaCity



Produto I

Novembro 2025

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



Histórico de versões:

<i>Versão</i>	<i>Data</i>	<i>Responsável</i>	<i>Descrição da Alteração</i>
1.0	9 ago. 2025	Prof. Dr. Marcelo Xavier Guterres	Versão inicial do produto I
2.0	25 ago. 2025	Prof. Dr. Marcelo Xavier Guterres	Versão revisada com os comentários da ANAC e 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. Dimas Betioli Ribeiro

Prof. Dr. Claudio Sonaglio Albano

Prof. Dr. João Basílio Tarelho Szenczuk

Msc. Guilherme Trindade Tolentino Bernardo

Msc. Jean Phelipe de Oliveira Lima

Vitor Lucas Kohls Correa

Heyder Falheiro de Almeida







Produto 1

Meta 1 | Etapa 6: AirData

Relatório de Análise e Mapeamento das Bases de Dados





Sumário Executivo

O presente Produto faz parte da relação de entregas da Etapa 6 da Meta 1 - 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 (dezesseis) Etapas. O citado TED foi firmado no dia 20/12/2024.

(ANAC, 2020).

Brasil (1984)





Conteúdo

1	Contextualização	7
2	Análise PESTEL	8
2.1	O Cenário Político-Regulatório como Fundação da UAM	9
2.1.1	Governança e Autonomia Regulatória	10
2.1.2	Mecanismos Inovadores: O Sandbox Regulatório	10
2.1.3	Políticas de Fomento e Incentivo	11
2.1.4	Harmonização Internacional	11
2.1.5	Estabilidade Política e o Risco para o Investimento Privado . .	12
2.1.6	Coordenação Federativa	12
2.1.7	Integração com o Planejamento Urbano Municipal	13
2.1.8	Elementos-Chave Identificados para Classificação do Fator Político	13
2.2	O Cenário Econômico como Motivador UAM	15
2.2.1	Custos Operacionais e Viabilidade do Modelo de Negócio . . .	15
2.2.2	Fontes de Financiamento e Investimento	16
2.2.3	Impacto no Desenvolvimento Regional e Urbano	17
2.2.4	Geração de Emprego e Cadeia Produtiva	17
2.3	O Cenário Social que Sustentará a UAM	19
2.3.1	Aceitação Pública e Percepção de Ruído	19
2.3.2	Equidade, Acessibilidade e Inclusão	19





2.3.3	Segurança Operacional e Percepção de Risco	20
2.4	O Cenário Tecnológico que Inovará através da UAM	22
2.4.1	Sistema de Gerenciamento de Tráfego Aéreo (ATM/U-space) . .	22
2.4.2	Infraestrutura Terrestre e de Energia	22
2.4.3	Comunicações, Navegação e Vigilância (CNS)	23
2.5	O Cenário Ambiental como Ponto-chave UAM	25
2.5.1	Emissões e Eficiência Energética	25
2.5.2	Poluição Sonora e Conforto Acústico	25
2.5.3	Uso do Solo e Impacto na Biodiversidade	26
2.5.4	Conformidade com a Legislação Ambiental	26
2.6	O Cenário Legal que Articula a UAM	28
2.7	Regulação da Aviação Civil e do Espaço Aéreo	28
2.8	Regulação das Telecomunicações e Espectro	29
2.9	Direito Urbanístico e Licenciamento Municipal	29
2.10	Conformidade Ambiental	30
2.11	Responsabilidade Civil e Seguros	30
2.12	Harmonização com Normas Internacionais	31
3	Arcabouço Legal e a Matriz PESTEL	33
4	Considerações Finais	35







Lista de Figuras





Lista de Tabelas

3.2	Resumo de leis e órgãos emissores relacionados aos fatores PESTEL .	34
-----	---	----





1 Contextualização

Este relatório apresenta o primeiro Produto do Projeto





2 Análise PESTEL

A Mobilidade Aérea Urbana (UAM) emerge como uma das inovações mais disruptivas do setor de transportes no século XXI, impulsionada principalmente pelos avanços no desenvolvimento de aeronaves elétricas de decolagem e pouso vertical (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.

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.

Nesse contexto, a ferramenta PESTEL — que contempla os fatores Político, Econômico, Social, Tecnológico, Ambiental e Legal — oferece um arcabouço estruturado para compreender os condicionantes do sucesso da UAM no Brasil e no cenário internacional. Seu propósito principal é identificar, categorizar e analisar os fatores externos que impactam a mobilidade área urbana no âmbito do planejamento territorial urbano.

Cada um desses fatores interage de maneira dinâmica. O ambiente político-regulatório define a possibilidade de operação das aeronaves e da infraestrutura de apoio; as condições econômicas estabelecem a viabilidade financeira e a atratividade para investidores; os aspectos sociais determinam a aceitação pública e a demanda por esse novo modal; os avanços tecnológicos viabilizam o desempenho, a segurança e a escalabilidade; as variáveis ambientais trazem tanto oportunidades (sustentabilidade) quanto restrições (ruído e emissões); e, por fim, o fator legal confere segurança jurídica e previsibilidade aos atores do setor.





2.1 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 Mobilidade Aérea Urbana (UAM) devem ser construídos (GOYAL et al., 2018; Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), 2023). Para um mercado intensivo em capital e tecnologia, como é o caso dos eVTOLs (aeronaves elétricas de decolagem e pouso vertical), 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), 2023; SCHWEIGER; PREIS, 2022).

Uma série de estratégias políticas deliberadas, que incluem a autonomia e proatividade de agências regulatórias (Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), 2023), 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), 2023) 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 Mobilidade Aérea Avançada (UAM), é fundamental a implementação de um conjunto de estratégias políticas. Essas estratégias funcionam como os pilares para o avanço do setor, abrangem desde 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.

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





2.1.1 Governança e Autonomia Regulatória

O cenário regulatório da aviação civil no Brasil é ancorado na Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), uma autarquia federal sob regime especial, dotada de autonomia técnica, decisória e financeira, vinculada ao Ministério dos Portos e Aeroportos. Criada pela Lei nº 11.182/2005, a ANAC personifica uma escolha política estrutural crucial: 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. 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.

A natureza disruptiva da UAM, no entanto, exige que os reguladores transcendam a simples adaptação de normas existentes para aeronaves convencionais. A ANAC demonstrou notável proatividade com a criação de instrumentos como o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial (RBAC-E) nº 21, que estabelece um regime jurídico especial temporário. Este regulamento permite a flexibilização controlada de requisitos técnicos e operacionais para permitir o teste e a certificação de novas tecnologias, como aeronaves não tripuladas e eVTOLs, em um ambiente de risco mitigado. Paralelamente, o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), órgão do Comando da Aeronáutica, tem trabalhado ativamente no desenvolvimento de um framework integrado para gerenciar o espaço aéreo urbano de baixa altitude. A publicação do Conceito de Operações nacional para Mobilidade Aérea Avançada (PCA-351-7) sinaliza uma vontade política clara de acomodar a inovação.

2.1.2 Mecanismos Inovadores: O Sandbox Regulatório

Um dos instrumentos políticos mais inovadores 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. O sandbox serve, portanto, como uma ferramenta política para mitigar a incerteza regulatória – um dos maiores obstáculos para o investimento em setores nascentes.





2.1.3 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 Mobilidade Aérea Urbana (UAM). Em um mercado emergente e de alta tecnologia, essas políticas são cruciais, pois atuam em diversas frentes: reduzem o risco para investidores privados, aceleram a pesquisa e o desenvolvimento (P&D), e sinalizam um compromisso governamental de longo prazo. Elas se materializam principalmente através de três mecanismos: o financiamento direto a projetos, a concessão de benefícios fiscais e a criação de instrumentos no mercado de capitais para atrair investimentos em grande escala. Juntas, essas ferramentas criam um ecossistema favorável para que tecnologias disruptivas possam amadurecer e se consolidar.

2.1.4 Harmonização Internacional

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

Essa busca por compatibilidade é evidenciada pelo alinhamento estratégico do Conceito de Operações (ConOps) nacional, estabelecido no documento PRENOR DCA-351-7 do DECEA, com iniciativas homólogas internacionais. O ConOps brasileiro, que propõe a integração gradual da UAM no espaço aéreo, começando por corredores de tráfego de helicópteros e evoluindo para operações mais densas com a Digital Flight Rule (DFR), espelha a abordagem escalonável e baseada em risco adotada pela FAA no seu plano de implementação Innovate28 e pela EASA em seu próprio ConOps. O objetivo comum é claro: desenvolver um framework que permita a introdução segura e eficiente das operações de UAM, garantindo a integridade do sistema de aviação existente.

A publicação pela ANAC dos critérios de aeronavegabilidade específicos para o eVTOL modelo EVE-10, deliberadamente alinhados aos parâmetros técnicos estabelecidos pela EASA (SC-VTOL) e FAA (regras para powered-lift), é um exemplo operacional tangível dessa estratégia política de harmonização.





O alinhamento do PCA 351-7 com os ConOps da FAA e EASA posiciona o Brasil não como um mero seguidor de normas, mas como um parceiro ativo na construção do ecossistema global de UAM.

2.1.5 Estabilidade Política e o Risco para o Investimento Privado

Apesar dos claros sinais de apoio e fomento, o investimento em um setor de alta tecnologia como a UAM não pode ser dissociado do ambiente político macroeconômico. A percepção de risco político no Brasil, influenciada por eventos e declarações de membros do governo em relação a setores-chave, pode criar incerteza e afetar a atração de capital de longo prazo.

O risco político mais amplo, decorrente de discursos ou ações que podem impactar a previsibilidade econômica, persistir, ele pode mitigar os efeitos positivos das políticas de fomento setorializadas. A coerência política que transcende o setor de aviação é um pré-requisito para que o Brasil capitalize plenamente as oportunidades da UAM e assegure o sucesso do ecossistema.

2.1.6 Coordenação Federativa

Apesar dos avanços regulatórios em nível federal, a implementação da Mobilidade Aérea Urbana (UAM) no Brasil esbarra na complexidade inerente ao sistema federativo. O principal desafio político reside na articulação entre as esferas de governo—federal, estadual e municipal—cujas competências se entrelaçam na operação tridimensional da UAM, que conecta o espaço aéreo à infraestrutura terrestre.

Constitucionalmente, a governança é descentralizada. A regulação do espaço aéreo e a certificação de aeronaves são atribuições exclusivas da União, exercidas pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). Em contrapartida, a implantação da infraestrutura crítica, como vertiportos, assim como o planejamento urbano, zoneamento e licenciamento, são de jurisdição municipal, conforme estabelecido pela Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei nº 12.587/2012).

A ausência de um marco articulador claro entre essas esferas constitui um gargalo potencial. Enquanto o governo federal desenvolve o arcabouço para o voo, a materialização no solo depende da capacidade e da vontade das gestões municipais. A inércia ou a falta de diretrizes federais para integrar a UAM ao planejamento das cidades pode gerar insegurança jurídica e desincentivar investimentos, retardando o





desenvolvimento do ecossistema necessário.

2.1.7 Integração com o Planejamento Urbano Municipal

A efetiva integração da UAM no tecido urbano está intrinsecamente ligada às políticas municipais de transporte e uso do solo. Neste contexto, vários regulamentos de planejamento urbano para priorizar o transporte público, já em curso nas grandes cidades brasileiras, oferecem um precedente legal e um caminho estratégico para a acomodação da mobilidade aérea.

A Lei nº 12.587/2012, que institui a Política Nacional de Mobilidade Urbana, prioriza o transporte público coletivo sobre o individual e determina que os Municípios elaborem Planos de Mobilidade Urbana. Esses planos têm servido como instrumento para a criação de Zonas de Restrição Veicular e a implementação de corredores exclusivos de ônibus por exemplo.

A definição de zonas específicas para a decolagem e aterrissagem (vertiports) em áreas estratégicas, seguindo a lógica dos corredores de ônibus, é um exemplo de como a regulamentação urbanística municipal pode criar um ambiente favorável para a UAM, tratando-a como mais uma camada do sistema de transporte público da cidade. A vontade política municipal pode materializar por meio de instrumentos de planejamento urbano e serem complementares aos esforços federais.

Dessa forma, o obstáculo central transcende a mera "vontade política" e avança para a "capacidade institucional" de promover uma governança cooperativa. O sucesso da UAM dependerá da conciliação do regramento aéreo federal com as realidades e preocupações urbanas locais, exigindo um esforço coordenado para superar a fragmentação de competências.

2.1.8 Elementos-Chave Identificados para Classificação do Fator Político

- **Governança e Autonomia Regulatória:** A presença de agências reguladoras especializadas, com autonomia técnica, decisória e financeira, é um ato político deliberado para criar regras estáveis e afastar a influência de ciclos políticos de curto prazo. A proatividade regulatória (e.g., criação de normas especiais) é um indicador crítico de apoio político.
- **Mecanismos de Inovação Regulatória:** A implementação de instrumentos como *sandboxes regulatórios* é um sinal político claro de adaptação do Estado. Este





mecanismo permite a flexibilização temporária de normas para testes em ambiente controlado, mitigando a incerteza regulatória e promovendo a co-criação de regras com o setor privado.

- **Políticas de Fomento e Incentivos:** O uso de financiamento público direto (via bancos de desenvolvimento) e incentivos fiscais setoriais (para P&D, emprego) são ferramentas políticas para sinalizar confiança do Estado, legitimar o mercado perante investidores e atrair capital. A criação de instrumentos financeiros inovadores (e.g., debêntures incentivadas) indica uma estratégia política evoluída para capitais de grande escala.
- **Estratégia de Harmonização Internacional:** A busca ativa pelo alinhamento de normas nacionais com agências reguladoras globais de referência (como FAA e EASA) é um imperativo político-econômico para mercados globais. Demonstra uma vontade política de integrar-se ao ecossistema global, evitando o isolamento tecnológico e regulatório.
- **Coordenação Federativa e Desafios de Implementação:** O texto identifica que a complexidade da governança em sistemas federativos é um obstáculo político central. O sucesso depende da superação da fragmentação de competências entre esferas de governo (federal, estadual, municipal), exigindo marcos articuladores para conciliar regramentos nacionais com implementação local (planejamento urbano, licenciamento).

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.





2.2 O Cenário Econômico como Motivador UAM

O fator econômico na análise PESTEL para a Mobilidade Aérea Urbana (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 cinco pilares principais:

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

2.2.1 Custos Operacionais e Viabilidade do Modelo de Negócio

A viabilidade econômica da UAM depende criticamente da superação de uma barreira inicial de custos elevados. Estudos como o de (GARROW; GERMAN; 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 reduzi-lo a patamares competitivos. O (Brasil. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo, 2024)) corrobora esta 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 de centenas de milhões de reais da Eve Air Mobility (com apoio do BNDES) para construir uma fábrica de eVTOLs em Taubaté é um movimento estratégico para dominar a curva de aprendizado e reduzir custos de produção em escala;
- **Energia:** As aeronaves eVTOL são elétricas, portanto, o custo da eletricidade e a eficiência das baterias são fatores econômicos cruciais. A autonomia limitada das baterias (Art. 33, IV do PCA 351-7) exige uma rede de vertiportos com infraestrutura de carregamento, impactando o CAPEX inicial;





- **Infraestrutura Terrestre (Vertiportos):** Como detalhado no estudo de (LU et al., 2025) e no relatório da (Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), 2023), 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;
- **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.

2.2.2 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 BNDES, como principal banco de desenvolvimento do país, é fundamental. O empréstimo de R\$ 500 milhões para a Eve Air Mobility é um sinal econômico potente que mitiga o risco percebido e "ancora" o ecossistema, atraindo investidores privados;
- **Incentivos Fiscais:** Programas como REPES e 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:** A Lei nº 14.801/2024, que cria 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 (PPPs):** Os editais de sandbox para vertiportos em São José dos Campos e Campo de Marte são a gênese de futuras PPPs. O setor privado assume parte do risco de investimento em troca da concessão para operar a infraestrutura, um modelo econômico testado e aprovado em outros setores de infraestrutura no Brasil.





2.2.3 Impacto no Desenvolvimento Regional e Urbano

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

- **Reduzir Deseconomias Urbanas:** O Art. 6º da Lei nº 10.636/2002, que trata da aplicação de recursos da CIDE, tem como objetivo a "redução das deseconomias dos centros urbanos". A UAM, ao oferecer uma alternativa de transporte rápido sobre áreas congestionadas, atua diretamente nesse objetivo, potencialmente reduzindo perdas econômicas causadas por engarrafamentos;
- **Promover a Integração Regional:** Conexões aéreas rápidas entre centros urbanos e aeroportos principais, como proposto no estudo de (SINHA; RAJENDRAN, 2022) para 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.

2.2.4 Geração de Emprego e Cadeia Produtiva

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

Emprego Qualificado: A fábrica da Eve em Taubaté, os centros de P&D, a operação dos vertiportos, a manutenção das aeronaves e o desenvolvimento de softwares de gerenciamento de tráfego (UTM/UAM) demandarão engenheiros, técnicos, pilotos, desenvolvedores e profissionais de logística, gerando empregos de alta qualificação.

Cadeia de Fornecimento Nacional: A estratégia de apoiar uma fabricante nacional (Eve/Embraer) visa internalizar parte desta cadeia produtiva, desenvolvendo fornecedores locais para componentes, baterias, sistemas de aviônica e softwares, criando um cluster tecnológico-aeronáutico com potencial de exportação.

Elementos-Chave Identificados para Classificação do Fator Econômico:

- **Viabilidade e Escalabilidade do Modelo de Negócio:** Análise da trajetória de redução de custos operacionais (CAPEX e 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 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.

Fatores Econômicos: Referem-se à 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.





2.3 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 Mobilidade Aérea Urbana (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.

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

2.3.1 *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.

2.3.2 *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 ótica comercial, mas também social. A integração da UAM com o sistema de transporte público existente, identificando locais para vertiportos em terminais de ônibus e estações de metrô (uma abordagem 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., ride-sharing aéreo) e subsidiem tarifas podem ser necessárias para garantir que os benefícios da mobilidade aérea sejam distribuídos de forma mais equitativa.

2.3.3 *Segurança Operacional e Percepção de Risco*

A percepção de segurança pela população é não negociável. 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 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:** A percepção de segurança é paramount. Estratégias proativas de comunicação sobre os protocolos de segurança e a gestão de crises são essenciais para construir e manter a confiança pública.

Fatores Sociais: Referem-se às 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.





2.4 O Cenário Tecnológico que Inovará através da UAM

O fator tecnológico é a dimensão que abrange o desenvolvimento, a inovação e a adoção de tecnologias que impactam um setor. Para a Mobilidade Aérea Urbana (UAM), este fator transcende a mera existência da aeronave eVTOL, configurando-se como o sistema nervoso central que viabiliza operações seguras, eficientes e escaláveis. A materialização do conceito UAM está intrinsecamente ligada à maturidade, integração e confiabilidade de um complexo ecossistema de tecnologias de ponta, que vão desde a aeronave até a gestão do espaço aéreo e a infraestrutura em solo.

- Sistema de Gerenciamento de Tráfego Aéreo (ATM/U-space);
- Infraestrutura Terrestre e de Energia;
- Comunicações, Navegação e Vigilância (CNS);

2.4.1 Sistema de Gerenciamento de Tráfego Aéreo (ATM/U-space)

Como destacado no PCA 351-7, o modelo tradicional de controle de tráfego aéreo é insuficiente para a escala e complexidade da UAM. A tecnologia habilitadora crítica é a implementação de um sistema de gerenciamento de tráfego aéreo não tripulado (U-space) ou um conceito equivalente, integrado ao sistema ATM tradicional. Este sistema, alinhado com conceitos internacionais como o U-Space CONOPS da Europa, será baseado em Digital Flight Rules (DFR), dependendo de autorizações de voo digitais pré-programadas, monitoramento automatizado e desconflito de tráfego estratégico e tático. A tecnologia de 4D Trajectory Based Operations (TBO) e plataformas de System Wide Information Management (SWIM) serão essenciais para compartilhar dados em tempo real entre todos os usuários do espaço aéreo (PSU, operadores, ATC), garantindo uma consciência situacional compartilhada e permitindo a alta densidade de operações previstas.

2.4.2 Infraestrutura Terrestre e de Energia

A infraestrutura dos vertiportos, objeto dos projetos-piloto da ANAC, vai muito além de um heliponto. Ela exige tecnologias integradas para operação segura e eficiente: sistemas automatizados de check-in e embarque, sistemas de gestão de solo para movimentação de aeronaves, pontos de recarga ultrarrápida ou troca de baterias, e sistemas de combate a incêndio especializados para baterias de lítio. A confiabilidade da





rede elétrica, conforme regulada pela LEI N° 9.472 (Lei Geral de Telecomunicações) e pela ANEEL, é um pilar tecnológico absoluto. A UAM demandará investimentos significativos em infraestrutura de energia robusta e inteligente (smart grids) para suportar a demanda de carga de dezenas de eVTOLs simultaneamente, sem causar impactos na rede urbana.

2.4.3 Comunicações, Navegação e Vigilância (CNS)

A operação em ambiente urbano de baixa altitude impõe severos desafios às tecnologias CNS tradicionais. Edifícios causam multipath e bloqueiam sinais, tornando inadequado o uso exclusivo de VHF e radar. A solução tecnológica, conforme esboçada no PCA 351-7, reside na fusão de dados de múltiplas fontes: Vigilância Dependente Automática – Radiodifusão (ADS-B) com taxas de atualização muito altas, comunicação por datalink (CPDLC), e o uso de redes de telecomunicações móveis (4G/5G), estas últimas reguladas pela Anatel (ATO N° 915 e outros). A navegação por satélite (GNSS) exigirá tecnologias de aumento (SBAS) para garantir a precisão e integridade necessárias para navegação de performance (PBN) em corredores aéreos estreitos. A comunicação V2V (Vehicle-to-Vehicle) e V2I (Vehicle-to-Infrastructure) será crucial para o desconflito tático automatizado e aumento da segurança.

Elementos-Chave Identificados para Classificação do Fator Tecnológico:

- **Desenvolvimento de Sistemas de Gerenciamento de Tráfego (U-space/DFR):** A implantação de sistemas digitais, automatizados e interoperáveis para gestão de alto volume de operações, baseados em conceitos como DFR, TBO e SWIM.
- **Confiabilidade e Capacidade da Infraestrutura de Suporte:** A existência de vertiportos tecnologicamente equipados e de uma rede elétrica robusta e inteligente capaz de suportar a demanda de energia da frota.
- **Resiliência das Tecnologias CNS em Ambiente Urbano:** A solução tecnológica para comunicação, navegação e vigilância confiáveis em ambientes desafiadores, envolvendo a integração de ADS-B, datalink, redes 5G e GNSS com augmentation.

Fatores Tecnológicos: Referem-se ao desenvolvimento, integração e maturidade do ecossistema de tecnologias de ponta que viabilizam as operações da Mobilidade Aérea Urbana. Incluem a implantação de sistemas automatizados de gerenciamento de tráfego aéreo não tripulado (U-space) baseados em regras de voo digitais (DFR), a





confiabilidade e capacidade da infraestrutura terrestre de energia e de vertiportos, e a resiliência das tecnologias de comunicação, navegação e vigilância (CNS) – como a integração de redes 5G, ADS-B e GNSS com augmentation – para garantir operações seguras e eficientes no complexo ambiente urbano.





2.5 O Cenário Ambiental como Ponto-chave 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 Mobilidade Aérea Urbana (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 mais limpo 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.

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

2.5.1 Emissões e Eficiência Energética

A principal proposição de valor ambiental da UAM é a redução das emissões de carbono e poluentes locais (como NOx) em comparação com modais terrestres movidos a combustíveis fósseis. No entanto, este 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). A LEI Nº 10.636/2002, que institui a eficiência energética como prioridade, e a LEI Nº 15.190/2024, que trata da transição energética, fornecem o arcabouço legal que incentiva e pode exigir altos padrões de eficiência para a UAM.

2.5.2 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 Gaussian beam tracing para prever a "pegada de ruído" considerando a topografia urbana e os efeitos do vento, são ferramentas essenciais para o planejamento. O PCA 351-7 do DECEA e as especificações técnicas para vertiportos da EASA (2022) certamente incorporarão limites máximos de ruído. O planejamento de rotas que sobrevoem vias arteriais, a definição de corredores aéreos, restrições operacionais noturnas e o desenvolvimento contínuo de tecnologias de propulsão mais silenciosas são medidas críticas para mitigar este impacto.

2.5.3 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, regido pela Política Nacional de Mobilidade Urbana (LEI Nº 12.587/2012), 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 sensíveis. O licenciamento ambiental, conduzido pelos órgãos estaduais (como a CETESB em SP) com base na LEI Nº 6.938/1981 (Política Nacional do Meio Ambiente) e no CÓDIGO BRASILEIRO DA AERONÁUTICA (CBA), exigirá Estudos de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) para analisar e mitigar esses impactos, assegurando a compatibilidade da operação com o meio ambiente urbano e natural.

2.5.4 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. O estudo de (SCHWEIGER; SCHMITZ; KNABE, 2023) sobre o impacto do vento nas operações também remete à segurança ambiental, pois condições meteorológicas adversas podem aumentar o risco de incidentes. A conformidade não é um obstáculo, mas um requisito para a operação sustentável e socialmente responsável, protegendo o empreendimento de multas, embargos e danos reputacionais.





Elementos-Chave Identificados para 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 (conforme LEI Nº 10.636 e LEI Nº 15.190).
- **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 (LEI Nº 12.587) e a minimização de impactos sobre áreas protegidas e biodiversidade, exigindo licenciamento ambiental (LEI Nº 6.938).
- **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 as normas do CBA e RBAC 161.

Fatores Ambientais: Referem-se 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.





2.6 O Cenário Legal que Articula a UAM

O fator legal é a dimensão que abrange o conjunto de leis, regulamentos, normas e frameworks jurídicos que regem as operações de um setor. Para a Mobilidade Aérea Urbana (UAM), este fator constitui a espinha dorsal da operação segura e ordenada, traduzindo diretamente a vontade política expressa no fator anterior em regras específicas e aplicáveis. O ecossistema da UAM opera na interseção de diversos regimes legais, desde o direito aeronáutico e de telecomunicações até o direito urbanístico e ambiental, demandando uma análise jurídica multifacetada e integrada.

- Regulação da Aviação Civil e do Espaço Aéreo;
- Regulação das Telecomunicações e Espectro;
- Direito Urbanístico e Licenciamento Municipal;
- Conformidade Ambiental;
- Responsabilidade Civil e Seguros;
- Harmonização com Normas Internacionais.

2.7 Regulação da Aviação Civil e do Espaço Aéreo

Este é o pilar central do framework legal da UAM. O Código Brasileiro de Aeronáutica (CBA - Lei nº 7.565/1986) estabelece as competências da ANAC e do DECEA, conferindo à União a exclusividade sobre a regulamentação do espaço aéreo e a certificação de aeronaves. A ANAC, através de seus regulamentos (RBA Cs), é a principal responsável por:

- Certificação de Aeronaves: O RBAC 21 estabelece os requisitos para a certificação de tipo de aeronaves, incluindo os eVTOLs, assegurando que atendam aos padrões de segurança.
- Certificação de Organizações: O RBAC 145 regulamenta as organizações de manutenção, crucial para a frota de eVTOLs, e o RBAC 121 (e suas adaptações futuras) poderá estabelecer requisitos operacionais para transportes públicos com eVTOLs.





- Regime Especial: O RBAC-E nº 21 é o instrumento legal que permite a flexibilização regulatória para testes e desenvolvimento de tecnologias inovadoras, como os eVTOLs, em um ambiente controlado.

Paralelamente, o DECEA, por meio do PCA 351-7, estabelece a concepção operacional para a UAM no Brasil, definindo as regras de voo (como a proposta Digital Flight Rule - DFR), a estrutura do espaço aéreo de baixa altitude e os requisitos para provedores de serviços UAM (PSU). Este documento é fundamental para operacionalizar o conceito de forma segura e integrada ao Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB).

2.8 Regulação das Telecomunicações e Espectro

A operação segura da UAM depende criticamente de comunicações robustas e de sistemas de navegação e vigilância. O setor é regulado pela Lei Geral de Telecomunicações (Lei nº 9.472/1997) e pela Anatel.

A Anatel regula o uso do espectro de radiofrequências, essencial para comunicações V2V (veículo-para-veículo), V2I (veículo-para-infraestrutura), enlaces de datalink e sistemas de vigilância ADS-B. O Ato nº 915/2018 da Anatel estabelece os requisitos técnicos para a certificação de equipamentos de radiocomunicação, que devem ser atendidos pelos sistemas de comunicação embarcados nos eVTOLs e na infraestrutura em solo.

A confiabilidade e a segurança desses enlaces de comunicação são uma questão legal de segurança de voo, exigindo conformidade estrita com as normas da agência.

2.9 Direito Urbanístico e Licenciamento Municipal

Conforme destacado no fator político, a implementação da infraestrutura terrestre (vertiportos) esbarra na competência municipal. O Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001) e a Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei nº 12.587/2012) conferem aos municípios a atribuição de legislar sobre uso do solo, zoneamento, licenciamento de edificações e política de mobilidade.

A implantação de um vertiporto exigirá alvarás de construção e licença de funcionamento expedidos pela prefeitura, condicionados ao Plano Diretor Municipal.





Questões como impacto de tráfego terrestre, acessibilidade, e integração com outros modos de transporte serão analisadas sob a ótica do direito urbanístico local. A falta de um marco federal claro para orientar os municípios, como apontado no texto, é um dos principais desafios legais.

2.10 Conformidade Ambiental

Toda a operação da UAM está sujeita à Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981). A implantação de vertiportos e a definição de rotas aéreas estão sujeitas ao licenciamento ambiental, typically conduzido por órgãos estaduais (ex: CETESB em SP).

O processo exigirá a elaboração de Estudos de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) que avaliem, principalmente, os níveis de ruído (conforme estudos como (YUNUS et al., 2023)) e sua interferência na comunidade do entorno, além de possíveis impactos sobre a fauna e a qualidade do ar.

O cumprimento dos condicionantes da licença ambiental é obrigatório para a operação, sob pena de multas, embargos e até a revogação da licença.

2.11 Responsabilidade Civil e Seguros

O Código Brasileiro de Aeronáutica estabelece o regime de responsabilidade civil objetiva do operador aeronáutico em caso de acidente, independente de culpa. Isso significa que as empresas de UAM serão legalmente responsáveis por quaisquer danos causados a terceiros em solo ou a passageiros.

Este regime legal exigirá a contratação de apólices de seguro de responsabilidade civil com coberturas robustas, cujos valores e termos serão um significativo custo operacional e uma barreira de entrada no mercado.

Questões sobre responsabilidade em caso de operações autônomas e falhas de sistema ainda são um campo cinzento a ser melhor definido pela regulação.





2.12 Harmonização com Normas Internacionais

Como a UAM é um mercado global, a harmonização regulatória, como a busca com as regras da EASA (Easy Access Rules for U-space) e da FAA, não é apenas uma estratégia política, mas uma necessidade legal e comercial.

A certificação de aeronaves e sistemas seguindo padrões reconhecidos internacionalmente (EASA SC-VTOL, FAA powered-lift) facilita a aceitação recíproca e a exportação de produtos e serviços.

O alinhamento do PCA 351-7 com conceitos operacionais internacionais como o U-Space da Europa garante que as operações brasileiras possam interoperar globalmente e que as empresas nacionais estejam em conformidade com as melhores práticas mundiais.

Elementos-Chave Identificados para Classificação do Fator Legal:

- **Maturação do Marco Regulatório Específico:** A existência e a clareza de regulamentos técnicos específicos para UAM (certificação de eVTOL, requisitos de operação, regras de voo como DFR) emitidos pela ANAC e DECEA (PCA 351-7, RBAC 21, RBAC-E 21).
- **Conformidade com Regimes Legais Paralelos:** A capacidade de atender simultaneamente aos requisitos do direito aeronáutico (CBA), de telecomunicações (Lei nº 9.472/1997, Ato Anatel 915/2018), ambiental (Lei nº 6.938/1981) e urbanístico (Lei nº 10.257/2001, Lei nº 12.587/2012).
- **Segurança Jurídica para Investimentos:** A previsibilidade oferecida por regras estáveis sobre responsabilidade civil, direitos de propriedade intelectual, contratos de concessão de vertiportos e regimes tributários específicos (e.g., debêntures de infraestrutura).
- **Resolução de Conflitos de Competência:** A existência de mecanismos legais ou marcos cooperativos para resolver a fragmentação de competências entre União, estados e municípios, garantindo a efetiva implementação dos projetos.
- **Harmonização e Reconhecimento Internacional:** O grau de alinhamento da regulação nacional (PCA 351-7, normas ANAC) com os standards internacionais (EASA U-space, FAA), facilitando a entrada no mercado global e a interoperabilidade.





Fatores Legais: Referem-se ao conjunto de leis, regulamentos, normas e frameworks jurídicos que regem e viabilizam as operações seguras e ordenadas da Mobilidade Aérea Urbana. Incluem a maturação do marco regulatório específico da aviação civil e do espaço aéreo (como o PCA 351-7 do DECEA e os RBACs da ANAC), a conformidade com regimes legais paralelos de telecomunicações, direito urbanístico e ambiental, a segurança jurídica para investimentos por meio de regras claras sobre responsabilidade civil e contratos, a resolução de conflitos de competência entre os entes federativos e a harmonização com normas e padrões internacionais para facilitar a interoperabilidade e a inserção global.





3 Arcabouço Legal e a Matriz PESTEL

O quadro abaixo sintetiza a descrição resumida de cada fator PESTEL analisado, e a tabela 3.2 apresenta as leis relacionadas.

PESTEL – DESCRIÇÃO DOS FATORES

1. **Político:** Envolve a atuação do governo e agências reguladoras (como ANAC e DECEA) na criação de políticas, incentivos fiscais, estabilidade e coordenação entre esferas de poder, incluindo a adoção de mecanismos inovadores (sandboxes) e a harmonização de normas internacionais.
2. **Econômico:** Aborda a viabilidade financeira dos modelos de negócio, estratégias de investimento (com BNDES e incentivos), redução de custos, escalabilidade, integração com outros modais de transportes e o potencial de gerar empregos e desenvolver uma cadeia produtiva nacional de alto valor.
3. **Social:** Refere-se à aceitação pública, necessitando gerir preocupações com ruído, segurança, equidade e inclusão para evitar que se torne um serviço de elite. Envolve comunicação transparente para construir confiança.
4. **Tecnológico:** É o desenvolvimento e a integração de tecnologias críticas, como sistemas de gerenciamento de tráfego aéreo não tripulado (U-space), infraestrutura de vertiportos e energia, e tecnologias de comunicação, navegação e vigilância (CNS) robustas e resilientes.
5. **Ambiental:** Enfoca a sustentabilidade ecológica, analisando a pegada de carbono real (dependente da matriz energética), a mitigação da poluição sonora, a minimização de impactos no uso do solo e a estrita conformidade com a legislação ambiental brasileira, que exige licenciamento.
6. **Legal:** Compreende o marco regulatório específico da aviação (leis, RBACs da ANAC, regras do DECEA), a conformidade com outras leis (telecomunicações, urbano, ambiental), a segurança jurídica para investidores, a definição de responsabilidades e a resolução de conflitos entre entes federativos.





Fator PESTEL	Leis / Regulamentos	Órgão Emissor
Político	PCA 351-7 LEI Nº 12.587 LEI Nº 9.472 RBAC 153 LEI Nº 7.565 LEI Nº 10.636 ATO Nº 915 LEI Nº 15.190 ALERTA Nº 001	DECEA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA ANAC CONGRESSO NACIONAL PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA ANATEL PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA ANAC
Econômico	PCA 351-7 LEI Nº 12.587 LEI Nº 7.565 LEI Nº 10.636	DECEA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA CONGRESSO NACIONAL PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA
Social	PCA 351-7 LEI Nº 12.587 LEI Nº 10.636	DECEA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA
Tecnológico	PCA 351-7 LEI Nº 12.587 LEI Nº 9.472 ATO Nº 915	DECEA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA ANATEL
Ambiental	PCA 351-7 LEI Nº 12.587 LEI Nº 6.938 LEI Nº 7.565 LEI Nº 10.636 LEI Nº 15.190 RBAC 161	DECEA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA CONGRESSO NACIONAL PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA ANAC
Legal	PCA 351-7 LEI Nº 10.257 LEI Nº 12.587 LEI Nº 9.472 LEI Nº 6.938 LEI Nº 7.565 ATO Nº 915 RBAC 121 RBAC 145 RBAC 21 RBAC 155	DECEA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA CONGRESSO NACIONAL ANATEL ANAC ANAC ANAC ANAC

Tabela 3.2: Resumo de leis e órgãos emissores relacionados aos fatores PESTEL





4 Considerações Finais

O projeto





Bibliografia

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.

ANAC. **Portaria nº 2.177/SAS, de 26 de agosto de 2020**. 2020. <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/portarias/2020/portaria-no-2177-sas-26-08-2020>. Estabelece os procedimentos para o registro prévio de serviços de transporte aéreo público.

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.

BRASIL. **Lei nº 7.183, de 5 de abril de 1984: Lei do Aeronauta**. 1984. <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17183.htm>. Dispõe sobre o exercício da profissão de aeronauta e dá outras providências.

Brasil. Comando da Aeronáutica. 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.

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>>.

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**. [S.l.], 2018.

KRYLOVA, M. Urban planning requirements for the new air mobility (uam) infrastructure integration. **Frankfurt University of Applied Sciences**, 2022.

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.

LORENZO, S. D. et al. Energy efficiency in urban mobility (eeum): 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>>.

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.

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.

SCHWEIGER, K.; SCHMITZ, R.; KNABE, F. Impact of wind on evtol operations and implications for vertiport airside traffic flows: A case study of hamburg and munich. **Drones**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), v. 7, 7 2023. ISSN 2504446X.

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>>.

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.

