

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

LUIS FELIPE MOREIRA AFONSO

PROPOSTA DE DIRETRIZES TÉCNICAS E ECONÔMICAS PARA
IMPLANTAÇÃO DE VERTIPORTOS

São Carlos

2024

LUIS FELIPE MOREIRA AFONSO

PROPOSTA DE DIRETRIZES TÉCNICAS E ECONÔMICAS PARA
IMPLANTAÇÃO DE VERTIPORTOS

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção, da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro(a) de produção.

Orientador(a): Prof. Dr. Humberto Filipe de Andrade Januário Bettini

VERSÃO CORRIGIDA

São Carlos

2024

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

A257p Afonso, Luis Felipe Moreira
Proposta de diretrizes técnicas e econômicas para
implantação de vertiportos / Luis Felipe Moreira
Afonso; orientador Humberto Filipe de Andrade Januário
Bettini. São Carlos, 2025.

Monografia (Graduação em Engenharia de
Produção) -- Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo, 2025.

1. Análise de Investimentos. 2. Viabilidade
Econômico-Financeira. 3. Vertiportos. 4. Mobilidade
Aérea Urbana. 5. Infraestrutura de Transporte. 6.
eVTOL. I. Título.

ERRATA

[illegible]

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Luis Felipe Moreira Afonso
Título do TCC: PROPOSTA DE DIRETRIZES TÉCNICAS E ECONÔMICAS PARA IMPLANTAÇÃO DE VERTIPORTOS
Data de defesa: 12/12/2025

Comissão Julgadora	Resultado
Professor Doutor Humberto Filipe de Andrade Januário Bettini (orientador)	Aprovado
Instituição: EESC - SEP	
Professor Doutor João Paulo Eguea	Aprovado
Instituição: EESC - SAA	
Professor Titular Glauco Augusto de Paula Caurin	Aprovado
Instituição: EESC - SAA	

Presidente da Banca: **Professor Doutor Humberto Filipe de Andrade Januário Bettini**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me conceder força, sabedoria e perseverança para superar os desafios e concluir esta importante etapa da minha vida acadêmica.

À minha família, pilares da minha vida, pelo amor incondicional e incentivo constante. Aos meus avós, tios, meu afilhado Gabriel e meu irmão Guilherme, por sempre acreditarem no meu potencial e estarem presentes em cada conquista. Aos meus pais, Silvia Márcia e André Luis, meu eterno agradecimento por todos os sacrifícios realizados, pela dedicação incansável e por proporcionarem as condições necessárias para que eu pudesse chegar até aqui. À minha namorada Julia, pelo apoio incondicional, compreensão e carinho ao longo desses últimos meses, tornando a jornada mais leve nos momentos de maior pressão.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Humberto Filipe de Andrade Januário Bettini, expresso minha profunda gratidão pela paciência, dedicação e pelos valiosos ensinamentos compartilhados ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Suas orientações precisas e seu suporte foram fundamentais para o amadurecimento desta pesquisa e para meu crescimento acadêmico.

Aos demais membros de minha banca avaliadora, pela disposição em avaliar este trabalho e pelas contribuições. Aos professores do curso de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos, pela excelência no ensino, pelas discussões enriquecedoras e pelos conhecimentos que ampliaram minha visão crítica.

À Universidade de São Paulo, por proporcionar um ambiente acadêmico de excelência, pela infraestrutura de qualidade e por disponibilizar os recursos necessários para a realização deste estudo.

Aos meus amigos, pela parceria, companheirismo, pelas trocas de experiências e pelo apoio mútuo durante toda a jornada acadêmica. Vocês tornaram essa caminhada mais leve, significativa e memorável.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho e para minha formação como engenheiro, meu sincero reconhecimento e gratidão.

*"A educação é a arma mais poderosa
que você pode usar para mudar o mundo."*

Nelson Mandela

RESUMO

AFONSO, L. F. **PROPOSTA DE DIRETRIZES TÉCNICAS E ECONÔMICAS PARA IMPLANTAÇÃO DE VERTIPORTOS**. 2025. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2025.

A crescente urbanização global tem gerado crises de mobilidade nas grandes metrópoles, com congestionamentos causando impacto econômico e contribuindo significativamente para as emissões de gases de efeito estufa. Neste contexto, a Mobilidade Aérea Urbana (UAM), baseada em aeronaves elétricas de decolagem e pouso vertical (eVTOLs), emerge como solução promissora. Entretanto, a viabilização deste novo modal depende fundamentalmente da implantação de infraestrutura adequada: os vertiportos. Este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade econômico-financeira da implantação e operação de vertiportos no Brasil. A metodologia empregada envolveu o levantamento detalhado de custos de implantação (CAPEX), custos operacionais (OPEX) e projeção de receitas, fundamentados em normas técnicas nacionais e internacionais (ANAC, EASA, FAA), custos de construção civil (SINAPI), benchmarks da indústria aeroportuária e literatura especializada em análise de investimentos. Para análise da viabilidade financeira, foram calculados os indicadores Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e período de Payback, utilizando-se o método de fluxo de caixa descontado (DCF) e o Custo Médio Ponderado de Capital (WACC) como taxa de desconto. Os resultados demonstraram que, sob certas premissas estabelecidas de demanda, tarifação e eficiência operacional, a operação de vertiportos apresenta viabilidade econômica no cenário brasileiro, com indicadores financeiros atrativos para investidores. O estudo chegou à conclusão de que, embora existam desafios relacionados à incerteza de demanda e ao ambiente regulatório em desenvolvimento, o modelo de vertiportos pode ser financeiramente viável, desde que acompanhado de políticas públicas adequadas e coordenação entre múltiplos stakeholders. A pesquisa contribui academicamente ao abordar uma lacuna na literatura sobre infraestrutura de UAM e oferece uma ferramenta prática de análise para potenciais investidores e formuladores de políticas públicas.

Palavras-chave: Mobilidade Aérea Urbana. Vertiportos. eVTOL. Viabilidade Econômico-Financeira. Análise de Investimentos. Infraestrutura de Transporte.

ABSTRACT

AFONSO, L. F. **PROPOSAL FOR TECHNICAL AND ECONOMIC GUIDELINES FOR VERTIPORT IMPLEMENTATION**. 2025. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2025.

Growing global urbanization has generated mobility crises in major metropolitan areas, with traffic congestion causing economic impact and contributing significantly to greenhouse gas emissions. In this context, Urban Air Mobility (UAM), based on electric vertical takeoff and landing aircraft (eVTOLs), emerges as a promising solution. However, the viability of this new mode of transportation fundamentally depends on the implementation of adequate infrastructure: vertiports. This study aims to evaluate the economic and financial feasibility of implementing and operating vertiports in Brazil. The methodology employed involved a detailed survey of implementation costs (CAPEX), operational costs (OPEX), and revenue projections, based on national and international technical standards (ANAC, EASA, FAA), civil construction costs (SINAPI), airport industry benchmarks, and specialized literature on investment analysis. For financial feasibility analysis, Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), and Payback period indicators were calculated using the discounted cash flow (DCF) method and the Weighted Average Cost of Capital (WACC) as the discount rate. The results demonstrated that, under certain established assumptions of demand, pricing, and operational efficiency, vertiport operations present economic viability in the Brazilian scenario, with attractive financial indicators for investors. The study concluded that, although challenges exist related to demand uncertainty and the developing regulatory environment, the vertiport model can be financially viable, provided it is accompanied by adequate public policies and coordination among multiple stakeholders. The research contributes academically by addressing a gap in the literature on UAM infrastructure and offers a practical analysis tool for potential investors and public policy makers.

Keywords: Urban Air Mobility. Vertiports. eVTOL. Economic and Financial Feasibility. Investment Analysis. Transportation Infrastructure.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Sistema UAM.....	31
Figura 2 - Dimensões áreas de pouso	34
Figura 3 - Layout Vertiporto Operação Regular.....	51
Figura 4 - Layout Vertiporto Táxi Aéreo	51
Figura 5 - Visual 3D Vertiporto.....	52
Figura 6 - Modelo FCD Compra de terreno/ Operação Regular	67
Figura 7 - Modelo FCD Compra de terreno / Taxi aéreo	67
Figura 8 - Modelo FCD Terreno Próprio / Operação Regular.....	67
Figura 9 - Modelo FCD Terreno Próprio / Táxi Aéreo	68
Figura 10 - Resultados dos Indicadores Compra de Terreno / Operação Regular	68
Figura 11 - Resultados dos Indicadores Compra de Terreno / Táxi Aéreo	68
Figura 12 - Resultados dos Indicadores Terreno Próprio / Operação Regular	69
Figura 13 - Resultados dos Indicadores Terreno Próprio / Táxi Aéreo	69
Figura 14 - Modelo FDC Pessimista Terreno próprio/Operação Regular	74
Figura 15 - Modelo FDC Otimista Terreno próprio/Operação Regular	75
Figura 16 - Modelo FCD Pessimista Terreno Próprio/Táxi Aéreo.....	77
Figura 17 - Modelo FCD Otimista Terreno Próprio/Táxi Aéreo.....	78
Figura 18 - Indicadores Cenários dos Modelos Híbridos	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - D-Value deferentes modelos	48
Tabela 2 - Composição dos elementos	54
Tabela 3 - Composição de Capex Operação Regular e Táxi Aéreo	55
Tabela 4 - Composição de Opex total.....	58
Tabela 5 - Tarifas Operação Regular e Táxi Aéreo	59
Tabela 6 - Receitas Tarifárias Operação Regular	60
Tabela 7 - Receitas Tarifárias Táxi Aéreo	60
Tabela 8 - Receitas Totais.....	61
Tabela 9 - Principais parâmetros FCD - Terreno Próprio.....	66
Tabela 10 - Parâmetros mais prováveis FCD Cenário - Compra de Terreno	66
Tabela 11 - Indicadores Pessimistas Terreno próprio/Operação Regular	75
Tabela 12 - Indicadores Otimistas Terreno próprio/Operação Regular.....	77
Tabela 13 - Indicadores Pessimistas Terreno Próprio/Táxi Aéreo	78
Tabela 14 - Indicadores Otimistas Terreno Próprio/Táxi Aéreo	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAM	Advanced Air Mobility (Mobilidade Aérea Avançada)
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
ARTESP	Agência Reguladora de Transportes do Estado de São Paulo
ATM	Air Traffic Management (Gerenciamento de Tráfego Aéreo)
AWOS	Automated Weather Observing System (Sistema Automatizado de Observação Meteorológica)
BCB	Banco Central do Brasil
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CAPEX	Capital Expenditure (Despesa de Capital)
CAPM	Capital Asset Pricing Model (Modelo de Precificação de Ativos de Capital)
CBECS	Commercial Buildings Energy Consumption Survey (Pesquisa de Consumo de Energia em Edifícios Comerciais)
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CFTV	Circuito Fechado de Televisão
CSLL	Contribuição Social sobre o Lucro Líquido
CUB	Custo Unitário Básico
EASA	European Union Aviation Safety Agency (Agência da União Europeia para a Segurança da Aviação)
EIA	Energy Information Administration (Administração de Informação de Energia - EUA)
eVTOL	Electric Vertical Take-Off and Landing (Decolagem e Pouso Vertical Elétrico)

FAA	Federal Aviation Administration (Administração Federal de Aviação - EUA)
FATO	Final Approach and Take-Off Area (Área de Aproximação Final e Decolagem)
GPS	Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEMA	Instituto de Energia e Meio Ambiente
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
IRPJ	Imposto de Renda de Pessoa Jurídica
NREL	National Renewable Energy Laboratory (Laboratório Nacional de Energia Renovável - EUA)
OPEX	Operational Expenditure (Despesa Operacional)
Payback	Período de Retorno do Investimento
PIB	Produto Interno Bruto
PTS-VPT-DSN	Prototype Technical Specifications for Vertiports - Design (Especificações Técnicas Prototípicas para Vertiportos - Projeto)
RBAC	Regulamento Brasileiro da Aviação Civil
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
TIR	Taxa Interna de Retorno
TLOF	Touch-Down and Lift-Off Area (Área de Toque e Decolagem)
UAM	Urban Air Mobility (Mobilidade Aérea Urbana)
USD	United States Dollar (Dólar dos Estados Unidos)
UTM	Urban Traffic Management (Gerenciamento de Tráfego Urbano)
VPL	Valor Presente Líquido

WACC Weighted Average Cost of Capital (Custo Médio Ponderado de Capital)

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	25
1.1	O Desafio da Mobilidade nos Grandes Centros Urbanos.....	25
1.2	A Mobilidade Aérea Urbana (UAM) como Solução Emergente	25
1.3	A Lacuna Crítica: O Desafio da Infraestrutura.....	26
1.4	Problemática e Justificativa do Estudo	27
1.5	Estrutura do Trabalho	27
2.	OBJETIVOS	29
2.1	Objetivo Geral	29
2.2	Objetivos Específicos	29
2.3	Justificativa.....	30
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	31
3.1	O Ecossistema da Mobilidade Aérea Avançada (AAM).....	31
3.2	Vertiportos: O Objeto de Estudo e Suas Especificações	32
3.3	Operação do Vertiporto: Análise de Modelos de Infraestrutura Brasileiros	35
3.3.1	O Modelo Aeroportuário	36
3.3.2	O Modelo de Rodovias	38
3.3.3	O Modelo de Terminais Rodoviários	38
3.4	Fundamentos da Análise de Viabilidade Financeira	39
3.4.1	O Método do Fluxo de Caixa Descontado (FCD)	39
3.4.2	A Taxa de Desconto (WACC).....	40
3.4.3	Os Indicadores de Decisão	40
4.	METODOLOGIA E CONSTRUÇÃO DO MODELO	41
4.1.	Delineamento da Pesquisa e Modelo Financeiro.....	41
4.1.1.	Apresentação dos modelos operacionais considerados	41
4.1.1.1.	Modelo de Operação Regular	42
4.1.1.2.	Modelo Táxi Aéreo: Operação Sob Demanda.....	43
4.1.2.	Modelo Financeiro.....	44
4.2.	Estruturação das Premissas de Investimento (CAPEX).	44
4.2.1.	Estratégias de Disponibilização de Terreno para Implantação.....	44
4.2.1.1.	Compra do Terreno.....	45
4.2.1.2.	Aluguel ou Arrendamento	46
4.2.1.3.	Coexploração ou Parceria Estratégica	46

4.2.1.4.	Terreno Próprio Pré-Existente	47
4.2.1.5.	Cessão de Terreno Público	47
4.2.1.6.	Análise Comparativa - Centros Geradores de Demanda	48
4.2.2.	Premissas de Design do Layout e Normas de Segurança	48
4.2.3.	Premissas do Terminal de Passageiros	52
4.2.4.	Metodologia de Custeio da Infraestrutura Civil (Itens 1 e 2)	53
4.2.5.	Metodologia de Custeio de Sistemas e instrumentação, e Custos Indiretos (Itens 3 e 4)	55
4.3.	Estruturação das Premissas de Custos Operacionais (OPEX)	57
4.3.1.	Quadro de Pessoal e Encargos	57
4.3.2.	Custos de Manutenção, Utilities, Serviços e Impostos	58
4.4.	Modelagem das Fontes de Receita e Projeção de Demanda	59
4.4.1.	Receitas Tarifárias (Aeronáuticas)	59
4.4.2.	Receitas Não-Tarifárias (Comerciais)	61
4.4.3.	Premissas de Ramp-up de Demanda	61
4.5.	Definição dos Parâmetros Financeiros e Tributários	62
4.5.1.	Premissas Tributárias e de Projeção	62
4.5.2.	Cálculo da Taxa de Desconto (WACC)	63
5.	ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA	66
5.1.	Projeção do Fluxo de Caixa Descontado (FCD) do Projeto	66
5.2.	Apuração dos Indicadores de Viabilidade Econômica	68
5.3.	Interpretação e Análise dos Resultados	69
5.4.	Conclusões do Caso Base e Transição	71
6.	ANÁLISE DE CENÁRIOS E ESTUDO DE MODELAGEM HÍBRIDA	73
6.1.1.	Cenário Pessimista	73
6.1.2.	Cenário Otimista	73
6.2.	Resultados para os modelos de operação	74
6.2.1.	Operação Regular	74
6.2.2.	Taxi Aéreo	77
6.2.3.	Modelo de operações híbridas	79
7.	CONCLUSÃO	82
7.1.	Síntese dos Principais Achados	82
7.2.	Contribuições do Estudo	83
7.3.	Limitações do Estudo	83

7.4. Considerações Finais	84
REFERÊNCIAS	Erro! Indicador não definido.

1. INTRODUÇÃO

1.1 O Desafio da Mobilidade nos Grandes Centros Urbanos

O processo de urbanização global tem sido uma das marcas definidoras do último século. Segundo o ONU-Habitat (2022), a população urbana mundial atingiu 55% em 2022 e deverá alcançar 68% até 2050, com um acréscimo estimado de 2,2 bilhões de pessoas vivendo em áreas urbanas. A crescente concentração populacional nas metrópoles, embora seja um vetor de desenvolvimento econômico, impôs desafios de infraestrutura que testam os limites da qualidade de vida urbana. Dentre estes, a crise na mobilidade se destaca como um problema crônico e complexo.

Os sistemas de transporte terrestre, legados de um planejamento focado no modal rodoviário, encontram-se em um estado de saturação. Em megacidades como São Paulo, o congestionamento diário não é mais um evento, mas uma condição estrutural da vida urbana. Esta paralisia gera externalidades negativas profundas, que vão além do tempo perdido. O impacto econômico é massivo, com estudos da Habitability (2023) estimando que os congestionamentos nas principais capitais brasileiras geram custos de aproximadamente R\$ 267 bilhões anuais, representando cerca de 4,4% do PIB das regiões metropolitanas.

Paralelamente, a dependência de veículos a combustão posiciona o setor de transportes como um dos principais vetores de emissão de gases de efeito estufa e poluentes locais. Segundo o Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA, 2024), o transporte respondeu por 44% das emissões do setor de energia no Brasil em 2023, totalizando 223,8 milhões de toneladas de CO₂ equivalente, agravando problemas de saúde pública e a crise climática.

Neste contexto, a busca por soluções que transcendam a otimização dos modais existentes não é apenas uma conveniência, mas uma necessidade imperativa para o futuro sustentável das cidades. Torna-se fundamental explorar novas dimensões para o transporte de passageiros, e a mais promissora delas é o espaço aéreo urbano de baixa altitude.

1.2 A Mobilidade Aérea Urbana (UAM) como Solução Emergente

A utilização do espaço aéreo para o transporte urbano não é um conceito inteiramente novo. Cidades como São Paulo, por exemplo, já operam uma das maiores frotas de helicópteros do mundo. No entanto, este modal sempre esteve restrito a um nicho de transporte executivo devido a barreiras intransponíveis para sua democratização: o custo operacional proibitivo, o

impacto ambiental das aeronaves a combustão e, principalmente, a poluição sonora, que impede operações mais frequentes e capilarizadas nos centros urbanos.

A **Mobilidade Aérea Urbana (UAM)** propõe uma mudança baseada em uma nova classe de aeronaves elétricas de decolagem e pouso vertical, os **eVTOLs** (*electric vertical take-off and landing*).

Os eVTOLs se apresentam com uma diferenciação tecnológica em relação aos helicópteros convencionais. A aeronave de referência definida pela FAA (2024) utiliza propulsão elétrica por meio de múltiplos sistemas rotores (três ou mais unidades), em contraste com a configuração de rotor único dos helicópteros tradicionais. Esta nova arquitetura, combinada com menores custos operacionais, cria as condições para viabilizar um sistema de transporte aéreo urbano operando em maior escala e frequência do que o modelo atual de helicópteros.

Essas características se mostram atrativas para investimentos. Já existem empresas, desde startups a gigantes consolidadas da indústria aeronáutica, estão em uma corrida tecnológica para desenvolver e certificar suas aeronaves. Órgãos reguladores em todo o mundo, como a Agência da União Europeia para a Segurança da Aviação (EASA, 2022) e a Administração Federal de Aviação dos EUA (FAA, 2024), já publicaram especificações técnicas, sinalizando que a operação comercial não é uma questão de "se", mas de "quando".

1.3 A Lacuna Crítica: O Desafio da Infraestrutura

Apesar do foco da indústria e da mídia estar predominantemente nas aeronaves, a viabilidade de todo o ecossistema UAM depende de um componente terrestre fundamental: os **vertiportos**.

Os eVTOLs não podem operar de forma segura e eficiente sem uma rede de infraestruturas dedicadas. Estes vertiportos são significativamente mais complexos que heliportos tradicionais. Eles devem comportar áreas de pouso e decolagem (FATOs - *Final Approach and Take-off areas*), posições de estacionamento e recarga rápida (*stands*), terminais de passageiros e sistemas integrados de gerenciamento de tráfego aéreo (ATM/UTM).

Esta infraestrutura representa, hoje, o principal gargalo para a implementação da UAM. A indústria enfrenta um clássico dilema: as operadoras de eVTOLs necessitam de uma rede de vertiportos funcionais para justificar a compra e a operação de suas frotas; simultaneamente, os investidores e incorporadores hesitam em financiar o alto custo de implantação (CAPEX) de um vertiporto sem a garantia de demanda e de um modelo de negócios claro.

Quem irá construir, financiar e operar esses vertiportos? Qual é o custo real de implantação e operação? E, fundamentalmente, a operação de um vertiporto como um negócio de concessão é financeiramente viável?

1.4 Problemática e Justificativa do Estudo

A transição da Mobilidade Aérea Urbana do conceito para a realidade depende da resolução da viabilidade econômica de sua infraestrutura. Sem um modelo de negócios claro e atrativo para os vertiportos, a revolução dos eVTOLs corre o risco de permanecer restrita a voos de demonstração.

Este trabalho se propõe a colaborar com o preenchimento esta lacuna. A problemática central desta pesquisa é: Qual a viabilidade econômico-financeira para a implantação e operação de um vertiporto no Brasil?

A justificativa para este estudo reside em sua relevância acadêmica e de mercado. Academicamente, o trabalho contribui para um campo de estudo emergente ao focar em um ângulo ainda pouco explorado: o modelo operação da infraestrutura.

Para o mercado, este estudo oferece uma contribuição prática fundamental. Ao detalhar os custos de implantação (CAPEX) e operação (OPEX), projetar receitas e calcular os indicadores de viabilidade (VPL, TIR e Payback), fornecendo uma ferramenta de análise de decisão para potenciais investidores, incorporadoras, administradoras e para o próprio poder público.

1.5 Estrutura do Trabalho

Para responder à problemática central e atingir os objetivos propostos, este trabalho foi estruturado em sete capítulos principais.

O **Capítulo 1 (Introdução)** contextualiza o desafio da mobilidade urbana, apresenta a UAM e os eVTOLs como solução, identifica a lacuna crítica da infraestrutura de vertiportos e justifica a necessidade do estudo de viabilidade.

O **Capítulo 2 (Objetivos)** detalha o Objetivo Geral do trabalho, bem como os Objetivos Específicos que servem como etapas metodológicas para alcançá-lo.

O **Capítulo 3 (Revisão Bibliográfica)** constrói a fundação teórica do estudo. Ele aborda os conceitos de UAM e AAM, detalha as especificações técnicas emergentes para o design de vertiportos e revisa os fundamentos da modelagem financeira e da análise de investimentos por Fluxo de Caixa Descontado.

O **Capítulo 4 (Metodologia)** descreve detalhadamente o processo de construção do modelo financeiro. Este capítulo é dividido na apuração das premissas de investimento inicial (CAPEX), na estruturação dos custos operacionais (OPEX), na projeção das fontes de receita e na definição dos parâmetros financeiros e tributários.

O **Capítulo 5 (Análise de Viabilidade Econômico-Financeira)** apresenta a execução do modelo de Fluxo de Caixa Descontado e a apuração dos resultados. Os principais indicadores de viabilidade – Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Payback Descontado – são calculados e interpretados.

O **Capítulo 6 (Análise de Cenários e Estudo de Modelagem Híbrida)** apresenta quais serão os cenários considerados e novos modelos de operação híbridos, apresentado a execução do modelo de Fluxo de Caixa Descontado e a apuração dos resultados. Os principais indicadores de viabilidade – Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Payback Descontado – são calculados e interpretados.

Por fim, o **Capítulo 7 (Conclusão)** sintetiza os resultados obtidos, responde à problemática central do estudo, aponta as limitações da pesquisa e sugere direções para trabalhos futuros.

2. OBJETIVOS

Este capítulo detalha os propósitos centrais que norteiam o desenvolvimento deste trabalho. A seção está dividida em três partes: o Objetivo Geral, que define a principal contribuição da pesquisa; os Objetivos Específicos, que descrevem as etapas metodológicas necessárias para alcançar o objetivo principal; e a Justificativa, que expõe a relevância e a lacuna que este estudo se propõe a preencher.

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste Trabalho de Conclusão de Curso é desenvolver uma modelagem financeira detalhada para a implantação de um vertiporto no Brasil, com o propósito de analisar sua viabilidade econômico-financeira sob a perspectiva do responsável pela infraestrutura.

2.2 Objetivos Específicos

Para que o objetivo geral seja alcançado, é necessário o cumprimento de uma série de etapas sequenciais e interdependentes. Os objetivos específicos deste estudo são:

1. Realizar uma revisão bibliográfica aprofundada sobre os conceitos relacionados aos eVTOLs e as especificações técnicas emergentes para o design de vertiportos, com base nas diretrizes de órgãos reguladores como a EASA (Agência da União Europeia para a Segurança da Aviação) e a FAA (Administração Federal de Aviação dos EUA).
2. Levantar e detalhar as premissas de investimento inicial (CAPEX) para a construção de um vertiporto modelo, incluindo custos de infraestrutura civil, pavimentação otimizada, edificações e aquisição de sistemas tecnológicos.
3. Estruturar as projeções de custos operacionais (OPEX) do empreendimento, mapeando as despesas anuais com pessoal, manutenção, *utilities*, etc.
4. Definir as projeções de receita da operação, baseadas em tarifas aeronáuticas (pouso, permanência) e não-aeronáuticas (exploração comercial), e estabelecer os parâmetros financeiros e tributários (WACC, alíquotas de impostos, depreciação) para a modelagem.
5. Desenvolver o modelo matemático-financeiro com base na metodologia do Fluxo de Caixa Descontado (FCD) para o horizonte de projeção estabelecido.
6. Apurar e analisar os indicadores-chave de viabilidade econômico-financeira: o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Período de Recuperação do Investimento (Payback Descontado).

2.3 Justificativa

A necessidade e a relevância deste trabalho fundamentam-se na identificação de uma lacuna crítica no atual ecossistema de discussões sobre a Mobilidade Aérea Urbana. A necessidade de infraestrutura de pouso e recarga é um dos principais gargalos para a implementação do serviço.

Portanto, este trabalho justifica-se por sua contribuição em três pilares:

1. **Relevância de Mercado:** O tema está avançando rapidamente do conceito para a realidade. Contudo, o dilema sobre "quanto custará a infraestrutura" persiste. Este estudo oferece uma ferramenta de análise de decisão prática para potenciais investidores, operadoras de aeroportos, incorporadoras e o poder público, ao quantificar os custos e o potencial de retorno de um vertiporto como um ativo de infraestrutura.
2. **Contribuição Acadêmica:** Este estudo colabora com o campo da infraestrutura de eVTOLs, um tema ainda pouco explorado e com diversas lacunas teóricas. A abordagem é fundamental, pois as operações de vertiportos possuem dinâmicas de receita, riscos e modelos de negócios distintos das operações aéreas convencionais
3. **Impacto Social e Regulatório:** A viabilização de um modelo de negócios sustentável para vertiportos é a chave para a criação de um modal de transporte mais limpo. Além disso, os resultados desta análise podem servir de subsídio para o poder público na formulação de políticas e editais para futuras operações de infraestrutura de mobilidade aérea.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A análise de viabilidade de um projeto disruptivo, como um vertiporto, exige uma fundamentação teórica multidisciplinar. Este capítulo estabelece o alicerce conceitual do trabalho, sendo dividido em quatro seções principais. A primeira seção introduz o ecossistema da Mobilidade Aérea Avançada (AAM) e Urbana (UAM), contextualizando o mercado e os diferentes modelos de negócio. A segunda seção foca no objeto de estudo, o vertiporto, detalhando o arcabouço regulatório brasileiro e as especificações técnicas internacionais que norteiam seu design e custo. A terceira seção, de caráter comparativo, analisa o modelo de negócio de operação de infraestrutura de mobilidade, traçando paralelos com modais consolidados no Brasil. Por fim, a quarta seção revisa as metodologias de análise de investimentos e modelagem financeira, fornecendo a base teórica para as ferramentas de cálculo empregadas neste estudo.

3.1 O Ecossistema da Mobilidade Aérea Avançada (AAM)

A Mobilidade Aérea Avançada (AAM) é um conceito amplo que define um novo sistema de transporte aéreo, viabilizado por tecnologias emergentes, notadamente as aeronaves elétricas de decolagem e pouso vertical (eVTOLs). Este sistema engloba um espectro de operações, como o transporte regional interurbano.

Dentro do escopo da AAM, encontra-se a **Mobilidade Aérea Urbana (UAM)**, que foca especificamente no transporte de passageiros em ambientes metropolitanos densos. A UAM não é composta por um único elemento, mas sim por um ecossistema complexo de componentes interdependentes que devem operar em harmonia:

1. **Aeronaves (eVTOLs):** O vetor da transformação. São aeronaves mais silenciosas, econômicas e sustentáveis que os helicópteros convencionais, projetadas para operações de curta distância e alta frequência.
2. **Gerenciamento de Tráfego (UTM):** Um sistema de gerenciamento de tráfego não tripulado (UTM - *Unmanned Traffic Management*) que será a "malha digital" para coordenar com segurança centenas de voos simultâneos em baixa altitude, sob a supervisão do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) no Brasil.
3. **Infraestrutura (Vertiportos):** Os "nós" físicos da rede. São as instalações terrestres certificadas que gerenciam o pouso, decolagem, recarga de baterias e o processamento de passageiros.

Figura 1- Sistema UAM



Fonte: Eve Urban Air Mobility (2021)

Dentro deste ecossistema, dois modelos de negócio principais se destacam: o da **Operadora da Aeronave** e o da **Gestora da Infraestrutura**. Estudos sobre o primeiro modelo, focam na modelagem financeira para uma operadora de eVTOLs, analisando custos de aquisição de frota, manutenção, energia para recarga e precificação de passagens.

Este trabalho, contudo, foca no segundo modelo, o da gestora da infraestrutura. A premissa é que, assim como no transporte aéreo tradicional, haverá uma separação entre as companhias que operam os voos e as entidades que administram os terminais. Este estudo analisa a viabilidade do vertiporto como um ativo de infraestrutura independente, um elo essencial sem o qual as operadoras não podem funcionar.

3.2 Vertiportos: O Objeto de Estudo e Suas Especificações

Um vertiporto é definido como um aeródromo destinado exclusivamente a operações de aeronaves VTOL (de pouso e decolagem vertical), podendo também constituir uma área delimitada dentro de um aeródromo existente.

No Brasil, a regulação de infraestrutura aeronáutica é de responsabilidade da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Atualmente, não existe um Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) específico para vertiportos. Na ausência de normativa própria, uma alternativa seria que os projetos e operações se baseiem provisoriamente nas seguintes regulamentações nacionais existentes que mais se aproximam das características das infraestruturas para aeronaves VTOL:

- RBAC 154: Projeto de Aeródromos (ANAC, 2024): Estabelece os requisitos técnicos para características físicas de aeródromos, incluindo pistas, pátios, sinalizações e sistemas elétricos para aeródromos convencionais.
- RBAC 155: Helipontos (ANAC, 2024): Define dimensões, zonas de proteção, requisitos operacionais e auxílios visuais para instalações destinadas a aeronaves de asa rotativa.

Entretanto, embora os RBACs 154 e 155 ofereçam uma base inicial, os vertiportos introduzem um paradigma operacional substancialmente distinto, caracterizado por operações de alta cadência, sistemas de recarga elétrica de baterias, gestão intensiva de fluxo de passageiros e aeronaves com múltiplas unidades propulsoras. Essas especificidades técnicas não são adequadamente contempladas pelas normas brasileiras atuais.

A integração harmônica entre requisitos normativos e viabilidade operacional constitui aspecto fundamental para o desenvolvimento sustentável do modelo de negócios da mobilidade aérea urbana. Normas excessivamente restritivas podem inviabilizar economicamente os projetos ao impor custos proibitivos de infraestrutura ou limitar a capacidade operacional dos vertiportos, comprometendo a taxa de utilização dos ativos e, consequentemente, o retorno sobre o investimento. Por outro lado, especificações técnicas inadequadas ou insuficientes podem gerar riscos à segurança operacional e dificuldades para obtenção de licenciamentos e certificações. Dessa forma, a análise das normas internacionais emergentes torna-se estratégica não apenas do ponto de vista técnico-regulatório, mas também como instrumento de planejamento financeiro e validação da viabilidade econômica dos empreendimentos.

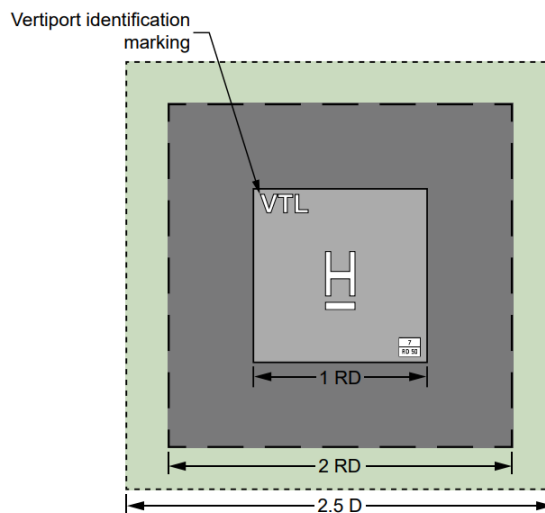
Por essa razão, o mercado global e os próprios reguladores, incluindo a ANAC, têm adotado como referência técnica as especificações emergentes dos principais órgãos reguladores internacionais, que estão na vanguarda do desenvolvimento normativo para essa nova categoria de infraestrutura aeronáutica. As duas principais referências internacionais que fundamentam o presente estudo são:

1. EASA (European Union Aviation Safety Agency): "Prototype Technical Design Specifications for Vertiports (PTS-VPT-DSN)" (EASA, 2022) – Especificação técnica pioneira da Agência Europeia de Segurança da Aviação que estabelece parâmetros de projeto para vertiportos na União Europeia.
2. FAA (Federal Aviation Administration): "Engineering Brief No. 105A (EB 105A): Vertiport Design" (FAA, 2024) – Documento técnico da Administração Federal de Aviação dos Estados Unidos que fornece padrões e diretrizes para o projeto de vertiportos, incluindo requisitos de dimensionamento, zonas de segurança, sistemas de iluminação e infraestrutura de carregamento elétrico.

Estes documentos, que são a base para o levantamento de custos de implantação (CAPEX) deste estudo, definem os componentes físicos essenciais do vertiporto:

- **Aeronave de Projeto (D-Value):** o diâmetro do menor círculo que engloba toda a projeção da "aeronave de projeto". É o parâmetro que rege o dimensionamento de todas as outras áreas de segurança.
- **Áreas Operacionais (FATO e TLOF):** Seguindo as diretrizes da FAA EB 105A, a área de pouso e decolagem (TLOF - Touchdown and Liftoff Area) deve ter dimensões mínimas de 1 RD (1 vez o diâmetro do rotor ou maior dimensão da aeronave, equivalente ao D-Value). A área de aproximação final e decolagem (FATO - Final Approach and Takeoff Area), que é a zona de segurança crítica envolvendo a TLOF, deve ter dimensões de 2 RD (2 vezes o D-Value). Adicionalmente, uma área de segurança (Safety Area) de 2,5 D circunda a FATO, proporcionando proteção adicional contra desvios operacionais e garantindo margens adequadas para operações seguras em diversas condições meteorológicas.

Figura 2 - Dimensões áreas de pouso



Fonte: FAA EB 105A (2024)

- **Taxiways:** As pistas de táxi constituem elementos fundamentais da infraestrutura de vertiportos, estabelecendo a conectividade operacional entre as áreas de pouso/decolagem (FATOs) e os stands de estacionamento e processamento. Sua função primordial é viabilizar a movimentação eficiente e segura das aeronaves no solo, assegurando que o fluxo de tráfego terrestre não interfira nas operações aéreas simultâneas, aspecto crítico para a capacidade operacional e throughput do vertiporto.

O conceito de taxiway para aeronaves VTOL, conforme estabelecido pelo PTS-VPT-DSN da EASA (2022), apresenta particularidades que o diferenciam das pistas de táxi de aeródromos convencionais.

Para o ground taxing, a largura da taxiway pavimentada é determinada primariamente pela largura do trem de pouso da aeronave de projeto (UCW - Undercarriage Width), seguindo a relação $W = 2 \times UCW$ estabelecida na Seção C.280(b) do PTS-VPT-DSN. Este critério assegura contenção adequada do trem de pouso, inclusive considerando desvios normais de trajetória durante manobras.

Um aspecto distintivo do conceito de taxiways para VTOL é a definição de áreas associadas que ampliam a proteção além da superfície pavimentada. O ground taxi-route, estabelecido na Seção C.300(a) do PTS-VPT-DSN, consiste em um corredor livre de obstáculos com largura de $1,5 \times D$ -Value da aeronave, centrado na taxiway pavimentada. Esta área garante distâncias adequadas para as extremidades da aeronave (asas, rotores) durante a movimentação, reconhecendo que a envergadura total da aeronave excede significativamente a largura do trem de pouso.

- **Stand:** Os stands são áreas críticas onde ocorrem as operações de turnaround completo, incluindo embarque/desembarque de passageiros, recarregamento de baterias (operação que pode levar de 10 a 30 minutos), reabastecimento quando aplicável, higienização, inspeções pré-voo e pequenas manutenções preventivas. Seguindo a FAA EB 105A, cada posição de estacionamento deve ter dimensões mínimas correspondentes à largura e comprimento máximos da aeronave VTOL, mais um mínimo de $0,28 \times D$ ou pelo menos 3 metros de folga entre a aeronave e objetos fixos ou aeronaves adjacentes, o que for maior. Alternativamente, os stands podem ser projetados como polígonos que delineiem a geometria específica da aeronave no solo, mais as mesmas margens de segurança. Para posições que permitam operações de hover/táxi aéreo, o stand não deve ser menor que a FATO e deve atender aos mesmos requisitos de carga dinâmica.

3.3 Operação do Vertiporto: Análise de Modelos de Infraestrutura Brasileiros

O modelo de negócio de operação de um vertiporto não surge do zero. Ele é uma evolução natural dos modelos consolidados de gestão de infraestrutura de transporte que têm sido amplamente utilizados no Brasil.

A Lei nº 8.987/1995 (Lei Geral de Concessões de Serviços Públicos), em seu artigo 11, autoriza expressamente a obtenção de receitas alternativas, complementares, acessórias ou de projetos associados, como mecanismo de financiamento que não onera diretamente os usuários

nem o poder público. Este arcabouço jurídico-regulatório, desenvolvido ao longo de décadas de experiência brasileira com concessões, estabeleceu as bases conceituais que hoje são aplicáveis também a projetos de infraestrutura desenvolvidos fora do regime concessório.

É importante reconhecer que a distinção entre receitas tarifárias e não tarifárias tem suas raízes históricas nos modelos de concessão de infraestrutura. Esta estrutura dual de receitas surgiu inicialmente como mecanismo para viabilizar economicamente projetos de concessão, onde as receitas alternativas podiam representar cerca de 40% do total das receitas em aeroportos, permitindo maior atratividade para investidores privados e modicidade tarifária para usuários.

A adequada exploração das receitas não tarifárias se traduz em ferramenta essencial para a melhoria da saúde econômica de projetos de infraestrutura, independentemente do arranjo institucional adotado. Mesmo em um modelo de construção e operação privada direta, a diversificação de fontes de receita através da exploração comercial do terminal é fundamental para:

1. **Viabilidade econômica:** Reduzir a dependência exclusiva de receitas tarifárias, que estão sujeitas a flutuações de demanda e pressões regulatórias
2. **Competitividade tarifária:** Permitir tarifas mais acessíveis aos usuários finais, acelerando a adoção do modal
3. **Resiliência financeira:** Criar múltiplas fontes de receita que equilibram riscos operacionais
4. **Atratividade para investidores:** Demonstrar modelo de negócio robusto e diversificado

Vale destacar que, o setor de vertiportos pode adotar modelos de concessão similares aos utilizados em aeroportos, rodovias e terminais rodoviários. A experiência internacional, especialmente em países como Estados Unidos e Reino Unido, sugere uma possível trajetória onde infraestruturas inicialmente desenvolvidas pela iniciativa privada podem, com a maturação do mercado, tornar-se objeto de contratos de concessão ou parcerias público-privadas (PPPs), especialmente quando integradas a estratégias mais amplas de mobilidade urbana.

3.3.1 O Modelo Aeroportuário

Os aeroportos são o análogo mais direto dos vertiportos, tanto em função quanto em estrutura operacional. No Brasil, após as rodadas de concessões iniciadas em 2011, os principais aeroportos passaram a ser geridos por operadores privados (ANAC, 2025). Além disso, o país

conta com uma rede de aeroportos privados e terminais de aviação executiva que operam sob regime de autorização da ANAC, demonstrando a viabilidade de diferentes arranjos institucionais.

O modelo de negócio aeroportuário, seja sob concessão ou operação privada direta, fundamenta-se em duas fontes principais de receita:

Receitas Tarifárias (Aeronáuticas): São as receitas reguladas pela ANAC, pagas pelas companhias aéreas ou operadores pelo uso da infraestrutura essencial. Conforme as tabelas públicas (AENA BRASIL, 2024) e a estrutura regulatória vigente, estas incluem:

1. **Tarifa de Pouso e Permanência:** Cobrada com base no peso máximo de decolagem da aeronave (PMD) e no tempo de permanência no pátio, calculada em reais por tonelada
2. **Tarifa de Embarque e Conexão:** Paga pelo passageiro, embutida no preço do bilhete, destinada a remunerar a infraestrutura de processamento de passageiros (check-in, inspeção, salas de embarque)
3. **Tarifas de Armazenagem e Capatazia:** Relacionadas ao processamento de cargas (menos relevantes para vertiportos de passageiros)

Implicação para o Vertiporto: Este modelo é a base direta para as projeções de receita tarifária deste TCC, usando o Aeroporto de Congonhas como benchmark de referência. A estrutura de cobrança por operação (pouso/decolagem) e por passageiro processado é diretamente aplicável ao ambiente de eVTOL, considerando as devidas adaptações de escala, peso das aeronaves e especificidades operacionais do modal.

Receitas Não-Tarifárias (Comerciais): São as receitas oriundas da exploração comercial do terminal, que incluem:

- **Varejo:** Lojas de conveniência, farmácias, livrarias
- **Alimentação:** Restaurantes, cafeterias, praças de alimentação
- **Estacionamento de veículos:** Curta, média e longa duração
- **Publicidade e mídia:** Painéis digitais, totens, mídia out-of-home
- **Lounges e serviços corporativos:** Aluguel de espaços para salas VIP, escritórios, coworking
- **Serviços financeiros e telecomunicações:** Caixas eletrônicos, Wi-Fi premium, aluguel de dispositivos

Estas receitas representam parcela vital do faturamento das operadoras aeroportuárias – em aeroportos maduros podem chegar a 40-55% da receita total – e validam a premissa de que a receita não-tarifária é uma componente essencial e estratégica do plano de negócios do

vertiporto. No modelo de construção e operação privada, estas receitas comerciais tornam-se ainda mais críticas para a viabilidade econômica, pois inexitem garantias de receita mínima ou mecanismos de reequilíbrio econômico-financeiro típicos de contratos de concessão.

3.3.2 O Modelo de Rodovias

As operações de rodovias representam um modelo de infraestrutura linear de fluxo, onde o investimento é focado na construção, manutenção e operação da via. No Brasil, o modelo predominante é o de concessão (federal e estadual), mas o arcabouço regulatório e a estrutura de receitas desenvolvidos para este modal oferecem lições valiosas para qualquer projeto de infraestrutura de transporte.

Receitas Tarifárias: A fonte primária é a cobrança de pedágio do usuário final, com tarifas reguladas pela agência competente (ANTT no âmbito federal, ou agências estaduais como a ARTESP em São Paulo, DER em outros estados). A tarifa é estabelecida com base em critérios transparentes: custo operacional, investimentos comprometidos, remuneração adequada ao capital investido e modicidade tarifária.

Receitas Não-Tarifárias (Acessórias): Embora menores em proporção, incluem:

- Exploração de áreas de serviço (postos de combustível, restaurantes, lojas)
- Publicidade ao longo da via (outdoors, painéis eletrônicos)
- Torres de telecomunicações em faixa de domínio
- Arrendamento de áreas para empreendimentos associados

3.3.3 O Modelo de Terminais Rodoviários

Os terminais rodoviários (rodoviárias) são o análogo mais próximo do vertiporto em termos de função primária de "terminal de processamento de passageiros" e modelo operacional. No Brasil, há diversidade de arranjos: terminais públicos concessionados (como o Tietê em São Paulo), terminais operados diretamente por prefeituras, e terminais privados operados por grupos empresariais (especialmente em cidades menores ou como terminais de uso predominante de uma empresa).

Receitas Tarifárias: O modelo é híbrido, combinando cobranças das operadoras de transporte e dos passageiros:

1. Tarifa de Utilização de Terminal (TUT): Cobrada das empresas de ônibus por cada uso de plataforma de embarque/desembarque. É tipicamente calculada por

veículo, podendo ser proporcional ao porte ou ao número de passageiros transportados.

2. Taxa de Embarque (TEU): Cobrada do passageiro, normalmente embutida no preço da passagem, destinada a remunerar a infraestrutura de terminal (salas de espera, banheiros, segurança, limpeza, sistemas de informação).

Receitas Não-Tarifárias: São fundamentais para a viabilidade econômica e incluem:

- Aluguel de guichês e boxes para as empresas de transporte
- Lojas de conveniência e varejo
- Praça de alimentação (restaurantes, lanchonetes, cafeterias)
- Estacionamento de veículos
- Publicidade (painéis, totens, mídia impressa)
- Guarda-volumes, banheiros pagos e outros serviços auxiliares
- Locação de espaços para agências bancárias, lotéricas, farmácias

3.4 Fundamentos da Análise de Viabilidade Financeira

A decisão de investir em um projeto de capital intensivo e de longo prazo exige uma análise quantitativa rigorosa. A metodologia padrão-ouro para esta análise, e a adotada neste trabalho, é a **Análise de Investimentos** baseada no **Fluxo de Caixa Descontado (FCD)**, ou *Discounted Cash Flow (DCF)*.

3.4.1 O Método do Fluxo de Caixa Descontado (FCD)

A premissa central do método FCD é que o valor de um ativo é derivado dos fluxos de caixa futuros que ele é capaz de gerar. Esta abordagem é considerada superior a métodos contábeis por reconhecer o **valor do dinheiro no tempo** (ASSAF NETO, 2021). Um real hoje vale mais do que um real a ser recebido no futuro, pois o real de hoje pode ser investido para gerar retornos.

A construção de um modelo de FCD envolve a projeção de todos os fluxos de caixa de entrada (receitas) e saída (custos e investimentos) durante um horizonte de projeção predefinido (neste estudo, 15 anos). Ao final da projeção, calcula-se o **Valor Terminal**, que representa o valor presente de todos os fluxos de caixa do projeto daquele ponto até a perpetuidade.

3.4.2 A Taxa de Desconto (WACC)

Para que os fluxos de caixa futuros possam ser comparados, eles devem ser "trazidos a valor presente" através de uma taxa de desconto. Esta taxa deve refletir o custo de oportunidade e o risco do capital investido no projeto.

A métrica mais apropriada é o **WACC (Custo Médio Ponderado de Capital)**, ou *Weighted Average Cost of Capital*. O WACC calcula o custo total do financiamento do projeto, ponderando o custo das duas fontes de capital que uma empresa utiliza:

1. **Custo da Dívida (K_d):** O custo do capital de terceiros (financiamentos).
2. **Custo do Capital Próprio (K_e):** O custo de oportunidade dos acionistas (sócios).

3.4.3 Os Indicadores de Decisão

Uma vez que todos os fluxos de caixa futuros são descontados pelo WACC e somados, obtemos os indicadores-chave de decisão:

- **Valor Presente Líquido (VPL):** É o indicador mais importante. O VPL é a soma de todos os fluxos de caixa futuros descontados, subtraída do investimento inicial (CAPEX).
 - **Regra de Decisão:** Se $VPL > 0$, o projeto é viável, pois gera um retorno superior ao custo de capital (WACC) e, portanto, cria valor.
- **Taxa Interna de Retorno (TIR):** É a taxa de desconto intrínseca do projeto; ou seja, é a taxa que torna o VPL exatamente igual a zero.
 - **Regra de Decisão:** O projeto é atrativo se a $TIR > WACC$. A diferença entre a TIR e o WACC representa a "margem de segurança" do projeto.
- **Payback Descontado:** É um indicador de risco e liquidez. Ele mede o tempo (em anos) necessário para que a soma dos fluxos de caixa descontados acumulados se iguale ao investimento inicial.
 - **Regra de Decisão:** Projetos com *payback* mais curto são preferíveis, pois recuperam o capital mais rapidamente, reduzindo a exposição do investidor ao risco.

A aplicação conjunta desses três indicadores, fornecerá uma visão completa e robusta da viabilidade, rentabilidade e risco do projeto.

4. METODOLOGIA E CONSTRUÇÃO DO MODELO

Este capítulo descreve os procedimentos metodológicos adotados para a elaboração do estudo de viabilidade econômica e financeira para a implantação de um vertiporto. A metodologia foi estruturada como um estudo de caso hipotético com uma abordagem quantitativa, fundamentada em dados de mercado, referências regulatórias internacionais e modelos financeiros. O objetivo é estabelecer uma base analítica transparente e replicável, permitindo não apenas estimar os custos e receitas do empreendimento, mas também avaliar sua atratividade como investimento. A seção detalha o processo de construção do modelo financeiro, que é a ferramenta central desta análise de viabilidade.

O desenvolvimento do estudo foi dividido em etapas sequenciais e lógicas. Inicialmente, define-se o delineamento da pesquisa e a escolha do modelo financeiro. Em seguida, o capítulo se aprofunda na construção dos três pilares fundamentais do modelo: (1) a estruturação das premissas de investimento (CAPEX), (2) o detalhamento dos custos operacionais (OPEX) e (3) a modelagem das fontes de receita e projeção de demanda.

Por fim, a metodologia se encerra com a definição dos parâmetros financeiros e tributários (como a taxa de desconto WACC) e a formalização dos indicadores de decisão (VPL, TIR e Payback), que serão utilizados para apurar e interpretar os resultados no capítulo subsequente.

4.1. Delineamento da Pesquisa e Modelo Financeiro

Este trabalho configura-se como um estudo de caso quantitativo, com finalidade exploratória e descritiva. A abordagem metodológica centra-se na construção de um modelo econômico-financeiro detalhado para um vertiporto piloto no contexto brasileiro. O modelo explorará diferentes cenários, com destaque para a análise comparativa entre os modos de **operação regular** e **táxi-aéreo**, que serão detalhados adiante.

4.1.1. Apresentação dos modelos operacionais considerados

A análise de viabilidade econômico-financeira de um vertiporto não pode ser dissociada de seu modelo operacional. Diferentes estratégias de atendimento ao mercado e filosofias de operação resultam em estruturas de custos, receitas e perfis de risco fundamentalmente distintos.

Embora as especificações técnicas da FAA (2024) e EASA (2022) estabeleçam diretrizes físicas para o projeto de vertiportos, não existe ainda uma taxonomia consolidada na

literatura para classificar os modelos de negócio operacionais destes empreendimentos. Diante desta lacuna, este trabalho propõe uma categorização baseada em analogias com modais de transporte consolidados e em análise dos perfis de demanda esperados para o mercado de Mobilidade Aérea Urbana.

Por analogia com modelos já estabelecidos no transporte aéreo (aeroportos hub versus aviação executiva por helicóptero), no transporte terrestre (linhas regulares de ônibus rodoviários versus serviços de táxi e transporte por aplicativo) e considerando as possibilidades de integração e diversificação operacional no setor UAM, este estudo identifica dois arquétipos operacionais para análise comparativa:

- **Modelo de Operação Regular:** estruturado para operações programadas de alto volume
- **Modelo Táxi Aéreo:** estruturado para operações sob demanda com flexibilidade

A compreensão das diferenças conceituais entre estes modelos é essencial para identificar qual configuração apresenta maior viabilidade financeira no contexto brasileiro. Este capítulo apresentará a análise de viabilidade para os dois modelos de forma comparativa, permitindo uma tomada de decisão fundamentada sobre qual arquétipo operacional é mais adequado para diferentes contextos de mercado e perfis de investidor.

4.1.1.1. Modelo de Operação Regular

O Modelo de Operação Regular foi estruturado, neste trabalho, **por analogia com o funcionamento de aeroportos urbanos de alta densidade** e com terminais rodoviários que operam linhas regulares intermunicipais.

Conceito operacional: Este modelo assume que o vertiporto operará como um *hub* de transporte público, com rotas programadas de alta frequência conectando pontos fixos da malha urbana. A lógica operacional é análoga à de linhas aéreas regulares ou de sistemas de transporte coletivo: **horários predefinidos, preços padronizados e foco no volume de passageiros.**

Filosofia de atendimento:

- **Previsibilidade e regularidade:** Sistema de programação estruturado, com rotas e horários publicados antecipadamente;
- **Processamento em massa:** Terminal e procedimentos operacionais otimizados para fluxo contínuo de passageiros;
- **Economia de escala:** Viabilidade econômica dependente da confirmação de alto volume operacional;

- **Padronização:** Processos uniformizados de check-in, embarque e desembarque;
- **Gestão centralizada de capacidade:** Alocação de *slots* e coordenação entre múltiplas operadoras.

Premissas de demanda: Este modelo pressupõe a existência de **demanda recorrente e previsível** entre pares origem-destino específicos. A viabilidade depende de taxas de ocupação consistentes ao longo do dia.

Perfil de público-alvo: Passageiros que priorizam **frequência, confiabilidade e custo competitivo**. Inclui deslocamentos corporativos regulares (casa-trabalho), conexões aeroportuárias e viagens recorrentes entre polos urbanos. O modelo visa atender um espectro amplo de usuários, não restrito ao segmento de altíssima renda.

4.1.1.2. Modelo Táxi Aéreo: Operação Sob Demanda

O Modelo Táxi Aéreo representa uma abordagem fundamentalmente distinta, estruturada **por analogia com o mercado de aviação executiva por helicóptero** já consolidado em cidades como São Paulo e com **serviços de mobilidade urbana sob demanda** (táxis e aplicativos de transporte).

Conceito operacional: Este modelo assume operações **não programadas e não regulares**, atendendo solicitações pontuais de clientes que necessitam de deslocamentos específicos. A lógica operacional é a de **disponibilidade imediata ou com agendamento de curto prazo**, sem rotas ou horários fixos.

Filosofia de atendimento:

- **Flexibilidade total:** Capacidade de atender demandas customizadas, rotas não padronizadas e horários variáveis;
- **Resposta rápida:** Priorização da disponibilidade e agilidade no atendimento;
- **Processamento individualizado:** Terminal e procedimentos simplificados para embarque rápido de indivíduos ou pequenos grupos;
- **Menor complexidade de gestão:** Dispensabilidade de sistemas sofisticados de alocação de *slots*.

Premissas de demanda: Este modelo pressupõe **demanda esporádica e não previsível**, com clientes dispostos a pagar valores premium por conveniência e urgência. A viabilidade não depende de volume, mas sim de **margens elevadas por operação**.

Perfil de público-alvo: Segmento **executivo e corporativo de altíssima renda** que valoriza tempo acima de custo. Inclui CEOs, emergências médicas, deslocamentos urgentes

para reuniões e eventos, e situações em que flexibilidade e disponibilidade imediata são essenciais.

4.1.2. Modelo Financeiro

O modelo financeiro adotado como ferramenta central é o de **Fluxo de Caixa Descontado (FCD)**, ou *Discounted Cash Flow* (DCF). A escolha desta metodologia se justifica por sua ampla aceitação como o padrão-ouro na avaliação de projetos de capital de longo prazo e na análise de investimentos em infraestrutura, conforme estabelecido na revisão bibliográfica (ASSAF NETO, 2021).

1. **CAPEX:** Custos levantados com base em referências confiáveis disponíveis.
2. **OPEX:** Custos estruturados a partir de um quadro de pessoal detalhado e estimativas de consumo (utilities).
3. **Receitas:** Modeladas com base em benchmarks de operações análogas (aeroportos, helipontos e terminais rodoviários).

4.2. Estruturação das Premissas de Investimento (CAPEX).

O Custo de Capital (CAPEX), ou investimento inicial, representa todo o desembolso necessário para a concepção, construção e ativação do vertiporto. A essa estimativa é um dos fatores mais críticos para a determinação da viabilidade do projeto.

O processo de estruturação do CAPEX foi dividido em duas etapas fundamentais: primeiro, a **definição do layout e das premissas de engenharia** com base nas normas de segurança; segundo a **orçamentação** desse layout com base em referências de custo de construção (SINAPI).

4.2.1. Estratégias de Disponibilização de Terreno para Implantação

A questão fundiária representa uma das variáveis mais complexas e incertas no planejamento de vertiportos, especialmente considerando o estágio embrionário em que se encontra a indústria de mobilidade aérea urbana no Brasil e no mundo. Diferentemente de infraestruturas aeroportuárias tradicionais, que seguem modelos consolidados ao longo de décadas, os vertiportos para eVTOL (Electric Vertical Take-Off and Landing) ainda carecem de precedentes robustos, marcos regulatórios definitivos e padrões de mercado estabelecidos que permitam avaliar com precisão a viabilidade de cada modelo de aquisição fundiária.

Considerando este cenário de incertezas, apresentam-se a seguir cinco estratégias principais de disponibilização de terreno para implantação de vertiportos: compra definitiva do terreno (modelo tradicional de aquisição patrimonial), aluguel ou arrendamento de longo prazo (preservação de capital com flexibilidade temporal), coexploração ou parceria estratégica (integração com centros geradores de demanda existentes), utilização de terreno próprio pré-existente (aproveitamento de ativos disponíveis) e cessão de terreno público (viabilização através de interesse público e políticas de mobilidade).

Para cada estratégia, são analisadas as características operacionais e jurídicas, as vantagens estratégicas no contexto atual de incerteza e as desvantagens e riscos específicos. É importante ressaltar que não há garantia de que todas estas opções estarão disponíveis em um determinado contexto geográfico ou momento específico. A análise visa fornecer um panorama comparativo que permita ao planejador identificar a estratégia mais adequada às condições locais, perfil do investidor e apetite ao risco, reconhecendo as limitações inerentes ao estágio inicial desta indústria.

A relação com centros geradores de demanda será elemento transversal em todas as análises, considerando que a viabilidade econômica de um vertiporto depende fundamentalmente de sua capacidade de capturar fluxos de passageiros dispostos a pagar por mobilidade aérea premium. Centros geradores típicos incluem aeroportos internacionais, hospitais de alta complexidade, distritos corporativos, centros de convenções, shopping centers de alto padrão e áreas residenciais de elevado poder aquisitivo.

4.2.1.1. Compra do Terreno

A aquisição definitiva da propriedade do terreno através de compra e venda, com registro em cartório de imóveis, resulta em propriedade plena do terreno de aproximadamente 30.000 m², incorporando-o como ativo patrimonial da operação. Esta estratégia proporciona segurança jurídica absoluta, uma vez que a propriedade plena garante controle total sobre o imóvel a longo prazo. O terreno constitui-se em ativo patrimonial que se valoriza ao longo do tempo e pode ser usado como garantia para financiamentos, conferindo autonomia operacional completa com liberdade total para modificações, expansões e adaptações da infraestrutura. Após a compra, não há pagamentos mensais ou anuais ao proprietário, permitindo planejamento de longo prazo sem limitação temporal para amortização dos custos.

Por outro lado, esta opção requer alto investimento inicial com desembolso significativo de capital que poderia ser alocado em infraestrutura e equipamentos, causando impacto no fluxo de caixa pelo comprometimento imediato de recursos financeiros. Os custos de oportunidade

do capital imobilizado que não gera retorno direto da operação devem ser considerados, além dos tributos como IPTU e eventuais taxas municipais anuais.

4.2.1.2. Aluguel ou Arrendamento

O contrato de locação ou arrendamento de longo prazo, tipicamente de 10 a 30 anos, com pagamentos periódicos fixos ou indexados, mantém a propriedade do terreno com o proprietário enquanto o operador do vertiporto tem direito de uso exclusivo para fins aeroportuários. Esta estratégia preserva capital ao não requerer grande desembolso inicial, liberando recursos para infraestrutura crítica, proporcionando flexibilidade financeira através de pagamentos diluídos no tempo que facilitam o planejamento de fluxo de caixa. As despesas com aluguel são dedutíveis do resultado operacional para fins fiscais.

No entanto, o custo acumulado ao longo de 20 a 30 anos pode superar o preço de compra, e ao término do contrato não há ativo residual. Cláusulas de correção monetária vinculadas a índices como IGPM ou IPCA podem encarecer significativamente o custo ao longo do tempo. Existe dependência contratual com risco de não renovação ou condições desfavoráveis na renovação, além de possíveis restrições contratuais para modificações estruturais e garantias exigidas pelos proprietários, como fiança bancária, seguro-garantia ou caução elevada.

4.2.1.3. Coexploração ou Parceria Estratégica

O acordo de parceria com proprietário de um centro gerador de demanda, como aeroporto, shopping center, hospital ou distrito corporativo, onde o vertiporto é implantado em terreno do parceiro mediante compensação por valor agregado, pode envolver compartilhamento de receitas, contrapartidas de serviços ou investimento conjunto. Esta estratégia oferece sinergia operacional através da integração natural com fluxo de passageiros já existente em aeroportos, hospitais e centros de convenções, aproveitamento da marca e visibilidade do parceiro através de marketing integrado, e menor investimento em terreno mediante compensação total ou parcial através da operação. Centros geradores consolidados asseguram fluxo mínimo de passageiros, garantindo demanda.

As desvantagens incluem complexidade contratual, pois negociações podem ser longas e envolver múltiplas contrapartidas, divisão de receitas com o parceiro podendo exigir participação significativa nos ganhos operacionais, e potenciais conflitos de interesse devido a prioridades divergentes entre operador do vertiporto e do centro gerador.

4.2.1.4. Terreno Próprio Pré-Existente

A utilização de propriedade já pertencente ao investidor ou operador do vertiporto, que pode estar ociosa ou com uso parcial, permite que o proprietário do terreno desenvolva o vertiporto como nova linha de negócio ou diversificação patrimonial, assumindo integralmente os custos de infraestrutura aeroportuária. Esta opção elimina completamente a despesa com terreno, resultando em custo zero de aquisição, permitindo aproveitamento de ativo ocioso através da monetização de propriedade subutilizada. Proporciona controle total com autonomia absoluta sobre decisões operacionais e estratégicas, simplicidade jurídica pela ausência de contratos de locação ou parceria, e significativa valorização patrimonial através da implementação do vertiporto. Possibilita ainda tributação otimizada mediante compensação tributária entre operações do mesmo proprietário.

As limitações incluem dependência de disponibilidade, uma vez que a localização do terreno pode não ser ideal para centros geradores de demanda, custo de oportunidade considerando que o terreno poderia gerar receita em outros usos como venda ou locação comercial ou industrial, restrições urbanísticas devido a terrenos existentes poderem ter limitações de zoneamento ou restrições de voo, e curva de aprendizado caso o proprietário do terreno não possua expertise em aviação.

4.2.1.5. Cessão de Terreno Público

A transferência gratuita ou subsidiada de terreno público municipal, estadual ou federal para implantação de vertiporto, mediante contrapartidas de interesse público como melhorias na mobilidade urbana, atendimento médico emergencial, geração de empregos e desenvolvimento tecnológico, pode ocorrer via concessão de uso, permissão especial ou doação condicionada. Esta estratégia elimina ou reduz drasticamente investimento em terreno, proporcionando apoio institucional através da facilitação de licenças, alvarás e processos regulatórios. Oferece alinhamento com políticas públicas mediante integração com planos diretores de mobilidade urbana, benefício social através de contrapartidas que podem incluir rotas subsidiadas, atendimento emergencial e educação, além de visibilidade e legitimidade, pois a operação com chancela governamental aumenta confiança pública. Proporciona ainda acesso a localização estratégica em áreas centrais ou próximas a centros geradores públicos como hospitais e universidades.

Por outro lado, apresenta complexidade burocrática através de processos administrativos longos e sujeitos a contestações jurídicas, contrapartidas onerosas com

exigências de investimento social, ambiental ou tarifas subsidiadas, instabilidade política onde mudanças de governo podem alterar condições ou revogar concessões, e limitações contratuais incluindo restrições de uso, obrigatoriedade de licitações para serviços e fiscalização intensa. Existe ainda risco de desapropriação em caso de descumprimento de metas, quando o terreno pode retornar ao poder público, além de obrigações de transparência e prestação de contas com exigências de publicidade e controle social rigorosos.

4.2.1.6. Análise Comparativa - Centros Geradores de Demanda

Olhando para as alternativas apresentadas, foi adotado para o atual trabalho verificar a viabilidade para os extremos, ou seja, os cenários onde o Terreno mais vai impactar na análise financeira e o que ele menos impacta, sendo assim, serão verificados resultados tanto para o cenário de Compra do Terreno, que gera o maior impacto no **Capex do projeto (1)**, sendo adotado um valor de **R\$ 4420,00/m²** com base no estudo de mercado feito considerando lotes próximos a região do aeroporto de Congonhas, e para o cenário de **Terreno Próprio Pré-Existente (4)**, que não gera acréscimo no Capex inicial do projeto.

4.2.2. Premissas de Design do Layout e Normas de Segurança

O layout do vertiporto modelo não foi definido de forma arbitrária. Ele é o resultado direto da aplicação das especificações técnicas emergentes da EASA (EASA, 2022) e da FAA (FAA, 2024), com o objetivo de maximizar a capacidade operacional (e, portanto, a receita) de forma segura.

As principais premissas de design que definem as dimensões e os custos da infraestrutura são:

1. **Aeronave de Projeto (D-Value):** Para fins de dimensionamento da infraestrutura, **foi adotado o D-Value de 15,2 metros (50 pés)**, correspondente ao limite máximo estabelecido pela FAA no Engineering Brief nº 105A (FAA, 2024) para a Aeronave de Referência. Este parâmetro conservador foi selecionado para garantir compatibilidade com os principais modelos de eVTOL em desenvolvimento, incluindo Joby Aviation e Archer Aviation, e serve como base para todos os cálculos de distanciamento e áreas de segurança do vertiporto.

Tabela 1 - D-Value deferentes modelos

Modelo	D-Value Estimado	Capacidade
Joby S4	11,6 m	1 piloto + 4 pax

Archer Midnight	12,2 m	1 piloto + 4 pax
EHang EH216-S	11,5 m	2 pax (autônomo)

Fonte: Elaborada pelo autor

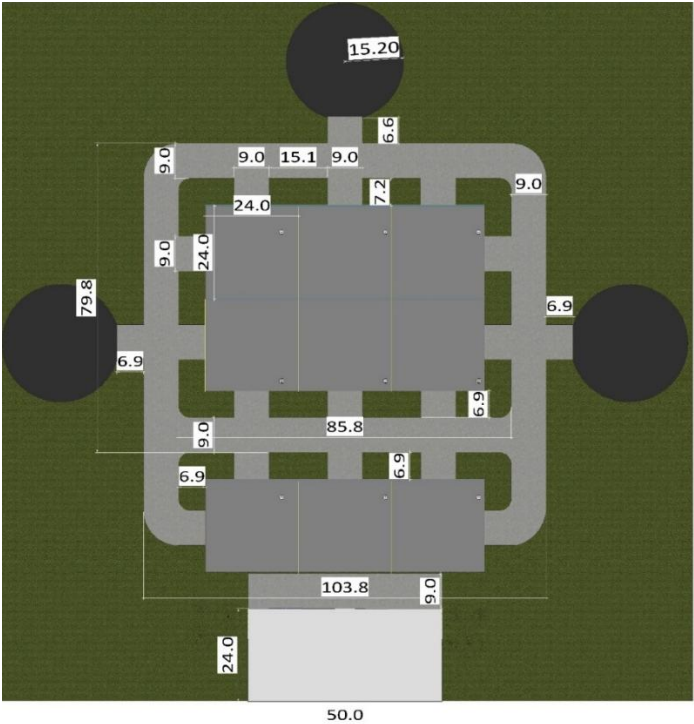
2. **Áreas Operacionais (FATO e TLOF):** a área de pouso e decolagem (TLOF - Touchdown and Liftoff Area) foi estabelecida no formato circular com diâmetro de 15,2m e área de aproximadamente 181 m². A área de aproximação final e decolagem (FATO - Final Approach and Takeoff Area), que é a zona de segurança crítica envolvendo a TLOF, deve ter formato circular com diâmetro de 2 RD (2 vezes o D-Value), resultando em diâmetro de 30,4m e área individual de **725,83 m²** para cada uma das FATOs, resultando em **2177 m²** totais.
3. **Taxiways:** As pistas de táxi conectam as FATOs aos stands de estacionamento e processamento, permitindo a movimentação eficiente das aeronaves no solo sem interferir nas operações de pouso e decolagem simultâneas. Para dimensionamento das taxiways, seguiu-se o PTS-VPT-DSN da EASA, norma específica para vertiportos e aeronaves VTOL. Com base na aeronave de projeto com D-Value de 15,2m e largura do trem de pouso (UCW - Undercarriage Width) estimada em 4,5m, a largura mínima da taxiway pavimentada é de 9,0 metros ($2 \times \text{UCW}$), conforme PTS-VPT-DSN.C.280(b), chegando a um total de **4.509 m²**.

A taxiway é associada a um ground taxi-route de 22,8 metros de largura ($1,5 \times D$), centrado na taxiway, conforme PTS-VPT-DSN.C.300(a). Esta área define o corredor livre de obstáculos necessário para a movimentação segura da aeronave completa, resultando em uma margem livre de 6,9 metros de cada lado da borda da taxiway. Todos os elementos do vertiporto (FATOs, stands, edificações, objetos fixos) devem respeitar esta distância mínima para garantir a integridade do ground taxi-route.
4. **Stands:** cada posição de estacionamento deve ter dimensões mínimas correspondentes à largura e comprimento máximos da aeronave VTOL, mais um mínimo de $0,28 \times D$ (4,26m) ou pelo menos 3 metros de folga entre a aeronave e objetos fixos ou aeronaves adjacentes, o que for maior. Para a aeronave de projeto com D-Value de 15,2m, isso resulta em stands com área individual de **aproximadamente 24m x 24m (576 m²)**, incluindo as clearances obrigatórias, nesse caso para 9 stands será necessário 5.184 m² e para 6 stands serão necessários 3.456 m².
5. **Configuração de Alta Cadência (FATOs + Stands):** O principal gargalo operacional de um vertiporto não está nas operações aéreas de pouso e decolagem — que são

extremamente rápidas, durando aproximadamente 45 segundos cada — mas sim no tempo de permanência no solo (turnaround). Este tempo inclui processos como embarque e desembarque de passageiros (aproximadamente 95 segundos), inspeções de segurança e, principalmente, a recarga de baterias, que pode demandar de 5 a 30 minutos dependendo do nível de carga desejado e da tecnologia de bateria utilizada. O tempo total no solo é tipicamente 7 a 20 vezes maior que o tempo das operações aéreas, criando uma assimetria temporal que precisa ser endereçada no dimensionamento da infraestrutura.

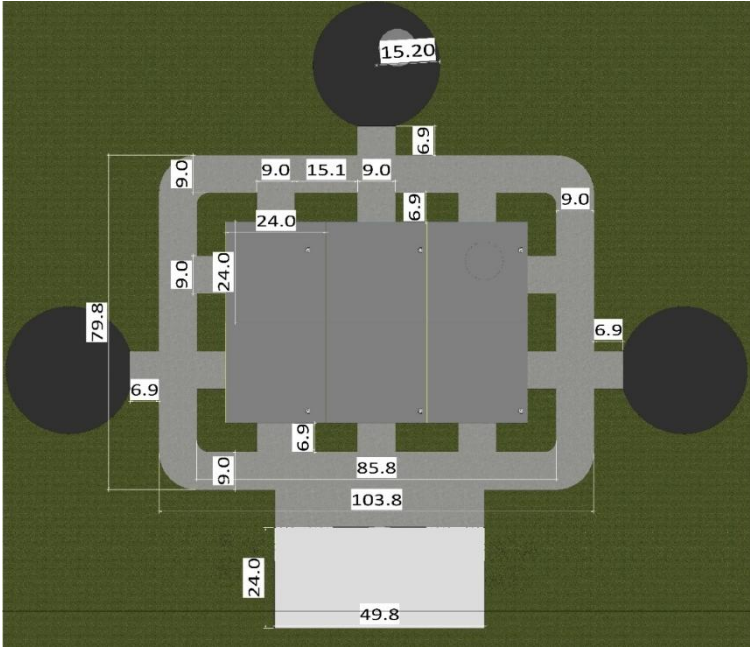
6. **Proporção 3:1 (FATOs/Stands):** Para o modelo de operação regular, foi proposta uma configuração de **3 FATOs e 9 Stands** que equilibra essa disparidade temporal e maximiza o *throughput* operacional. Configurações com razão de 3:1 a 4:1 entre stands e FATOs são consideradas ótimas para o processamento eficiente de operações. Enquanto as operações aéreas nos FATOs são contínuas e ágeis — permitindo que aeronaves pousem (FATO 1), decolem (FATO 2) e taxiem (FATO 3) simultaneamente sem interferência mútua — as 9 posições de stand absorvem o tempo substancialmente mais longo de turnaround. Dessa forma, múltiplas aeronaves podem permanecer nos stands sendo recarregadas (5-30 minutos), processando passageiros (aproximadamente 95 segundos para embarque/desembarque), passando por inspeções ou aguardando o próximo ciclo operacional, enquanto os FATOs mantêm o fluxo ininterrupto de
7. chegadas e partidas. Já para o modelo de Taxi aéreo, devido a menor intensidade de operações por dia optou-se pela diminuição no número de stands para 6.

Figura 3 - Layout Vertiporto Operação Regular



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4 - Layout Vertiporto Táxi Aéreo



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 5 - Visual 3D Vertiporto



Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.3. Premissas do Terminal de Passageiros

A implantação e operação do terminal de passageiros representam um dos principais componentes do investimento (CAPEX) do vertiporto, além de constituírem o eixo central da geração de receitas não tarifárias.

O terminal de passageiros do vertiporto foi dimensionado com área total de 1200 m², distribuída entre áreas comerciais e áreas operacionais. O dimensionamento considerou referências de aeroportos urbanos existentes, com ajustes para as características específicas do modal eVTOL.

A Área Bruta Locável (ABL) constitui o espaço destinado à exploração comercial mediante contratos de locação com operadores terceirizados, incluindo a área útil dos estabelecimentos comerciais acrescida das áreas comuns proporcionais. Para o vertiporto, definiu-se uma ABL de 260 m², representando 21,7% da área total do terminal.

Como referência de benchmarking, analisou-se o Aeroporto de Congonhas (SBSP), administrado pela AENA Brasil. O terminal possui área total de 64.579 m², dos quais 9.423 m² constituem ABL, representando 14,6% da área total (AENA BRASIL, 2024). A adoção de proporção superior (21,7% versus 14,6%) para o vertiporto justifica-se por duas características estruturais específicas do modelo de UAM:

- **Ausência de sistemas de processamento de bagagem volumosa:**
Diferentemente de aeroportos tradicionais, onde passageiros frequentemente despacham malas que requerem sistemas complexos de esteiras, triagem,

carrosséis de restituição e áreas de armazenamento – ocupando tipicamente 10% a 15% da área de um terminal –, vertiportos de UAM processam exclusivamente bagagem de mão, liberando área significativa para outras funções.

- **Processo simplificado de check-in e controle de segurança:** Voos de eVTOL, sendo exclusivamente domésticos e intraurbanos, não requerem controle alfandegário, inspeção de imigração ou múltiplos níveis de triagem de segurança.

Com base em benchmarks de investimentos recentes em terminais aeroportuários brasileiros, especificamente as ampliações realizadas no Aeroporto Internacional de Guarulhos entre 2018 e 2023 (AEROIN, 2024), o custo unitário para o terminal de passageiros foi estimado em R\$ 6.666,67/m², totalizando um investimento de R\$ 8 milhões.

4.2.4. Metodologia de Custeio da Infraestrutura Civil (Itens 1 e 2)

A composição de custos da infraestrutura civil do vertiporto — que compreende as áreas de pouso e decolagem (TLOFs), pátios de estacionamento (stands), pistas de táxi (taxiways), e o terminal de passageiros — foi desenvolvida a partir de uma metodologia paramétrica baseada em fontes oficiais de referência de custos de engenharia no Brasil e diretrizes técnicas internacionais.

A principal fonte de dados adotada foi o SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), mantido pela Caixa Econômica Federal e IBGE, que representa o padrão oficial para orçamentação de obras públicas no território nacional (CAIXA, 2025). Para complementação e validação, foram utilizadas referências do SINDUSCON-SP (CUB/m²) e especificações técnicas de órgãos como FAA (Federal Aviation Administration) e EASA (European Union Aviation Safety Agency), a fim de garantir compatibilidade com parâmetros internacionais de vertiportos e helipontos.

A metodologia seguiu as seguintes etapas:

1. Definição do Layout Operacional:

A partir das normas EASA (2022) e FAA (2024), definiu-se o layout com 3 TLOFs (Touchdown and Liftoff Areas) e 9 Stands de estacionamento e carregamento. O dimensionamento total resultou em aproximadamente 11870,49 m² de áreas pavimentadas.

2. Segmentação por Tipologia de Pavimento:

As áreas foram subdivididas conforme o tipo de esforço aplicado:

- TLOFs: Pavimento rígido de alta resistência ($f_{ck} \geq 30$ MPa), para suportar ‘esforços dinâmicos de pouso e decolagem vertical.
- Stands: Pavimento rígido de carga estática intermediária ($f_{ck} \geq 25$ MPa).
- Taxiways: Pavimento flexível com revestimento em CBUQ, projetado para cargas menores e deslocamentos em baixa velocidade.

Essa diferenciação segue as recomendações da FAA AC 150/5320-6F e da ICA 11-408, permitindo otimização de custos sem perda de desempenho estrutural.

3. Orçamentação Paramétrica e Custo Unitário:

O custo unitário (R\$/m²) de cada área foi obtido a partir de composições SINAPI, sendo mapeados os seguintes valores:

- Pavimentos rígidos (30 Mpa): R\$ 226,63 /m²
- Pavimentos rígidos (25MPa): R\$ 157,22 /m²
- Pavimentos flexíveis: R\$ 103,18 /m²
- Base e sub-base: R\$ 42,54 /m²

4. Composição Final de Custos Diretos:

O total consolidado dos Itens 1 e 2 (Infraestrutura Civil e Terminal) resultou em aproximadamente R\$ 10,28 milhões, representando cerca de 30% do CAPEX total.

Tabela 2 - Composição dos elementos

Componente	Tipo de Pavimento	Custo Unitário (R\$/m ²)
1. Camadas de Base e Sub-base	Brita Graduada (BGS) - 30 cm	42,54
2. Revestimento - Pouso/Decolagem	Rígido - Alta Resistência (20 cm)	226,63
3. Revestimento - Estacionamento	Rígido - Carga Estática (15 cm)	157,22
4. Revestimento - Pistas de Táxi (Taxiways)	Flexível (Asfalto) (7 cm)	103,18

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.5. Metodologia de Custeio de Sistemas e instrumentação, e Custos Indiretos (Itens 3 e 4)

Os itens de tecnologia, sistemas e custos indiretos (Itens 3 e 4) foram tratados de forma diferenciada, dada a ausência de composições específicas no SINAPI.

1. **Sistemas e Equipamentos Tecnológicos (Item 3):** Os custos referentes a Sistema Meteorológico (AWOS), Software de gestão (AMS / SCADA / Billing), segurança (CFTV, acesso e incêndio), Instrumentação de suporte e equipamentos de recarga DC para eVTOLs foram estimados com base em estudos de benchmark internacionais, com ajustes pontuais para estarem mais alinhados com o projeto atual, quando necessário
2. **Custos Indiretos (Item 4):** Foram calculados como percentuais sobre o total de custos diretos:
 - Projetos, consultoria e gerenciamento: 8,5%
 - Contingência técnica e financeira: 10%

Esses índices foram estimados com base em dados de mercado, garantindo que despesas acessórias, revisões e imprevistos sejam devidamente provisionados.

3. **Composição e Totalização:** Com as estimativas de custos unitários feitas são aplicadas às quantidades de cada modelo para que seja obtido referente ao capex.

A consolidação de todas essas premissas resulta na estimativa detalhada de CAPEX do projeto, apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Composição de Capex Operação Regular e Táxi Aéreo

Item	Custo Op. regular (R\$)	Custo Taxi aéreo (R\$)
Terreno para implantação	R\$ 0-141.440.000,00	R\$ 0-117.310.000,00
Construção da Pista de Pouso, Taxiways e Stands de estacionamento	R\$ 2.278.677,49	R\$ 1.819.404,83
Terminal de passageiros (1200 m²)	R\$ 8.000.000,00	R\$ 8.000.000,00

Item	Custo Op. regular (R\$)	Custo Taxi aéreo (R\$)
Sistema Meteorológico (AWOS)	R\$ 3.536.000,00	R\$ 3.536.000,00
Software de gestão (AMS / SCADA / Billing)	R\$544.000,00	R\$ 544.000,00
Sistemas de segurança (CFTV, acesso, incêndio)	R\$ 651.440,00	R\$ 651.440,00
Carregadores DC (350 kW) para eVTOLs	R\$ 14.047.440,00	R\$ 9.364.960,00
Contingência (5%)	R\$ 908.247,81	R\$ 797.697,81
Iluminação E Auxílios Visuais	R\$ 261.265,25	R\$ 261.265,25
Sinalização Horizontal	R\$ 8.204,24	R\$ 8.204,24
SUBTOTAL	R\$ 29.327.026,98	R\$ 24.197.414,83

Item	Custo Op. regular (R\$)	Custo Taxi aéreo (R\$)
Contingência	R\$ 2.932.702,70	R\$ 2.056.780,26
Projetos	R\$ 2.492.797,29	R\$ 2.419.741,48
INVESTIMENTO TOTAL (CAPEX)	R\$ 34.752.526,97	R\$ 28.673.936,58

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Para a execução do modelo de viabilidade principal, conforme detalhado no Capítulo 5, foram adotados os valores de **custos de R\$ 34.752.526,97 para o modelo de operação regular e 28.673.936,58 para o modelo de táxi aéreo**, visando criar uma análise de cenário base robusta.

4.3. Estruturação das Premissas de Custos Operacionais (OPEX)

Os Custos Operacionais (OPEX), ou *Operational Expenditures*, representam todas as despesas recorrentes necessárias para manter o vertiporto em funcionamento. Assim como o CAPEX, o OPEX foi estimado através de uma metodologia *bottom-up* detalhada, visando garantir a maior precisão possível, uma vez que estes custos impactam diretamente o fluxo de caixa anual do projeto.

A estruturação do OPEX foi dividida em categorias principais, conforme detalhado a seguir.

4.3.1. Quadro de Pessoal e Encargos

O pilar central do custo operacional é o quadro de pessoal. Foi dimensionada uma equipe enxuta, porém suficiente para garantir a operação segura e contínua do vertiporto em regime 16 horas/dia (com turnos de 8 horas). A equipe totaliza **40 funcionários**, divididos entre: **Bombeiro RFFS, Supervisor RFFS, Coordenador Ops, Agente Segurança, Técnico Elétrica, Técnico Manutenção, Agente Inspeção/FOD, Gerente Operações.**

Sobre o salário-base, foi aplicado um fator de **80%** para cobrir todos os encargos, impostos e benefícios, resultando no custo total de pessoal.

4.3.2. Custos de Manutenção, Utilities, Serviços e Impostos

Os demais custos operacionais foram provisionados com base em premissas de engenharia, tarifas públicas e *benchmarks* de concessões:

- **Manutenção:** Foi adotada uma premissa padrão em gestão de ativos. A manutenção da infraestrutura civil (pavimentos, edificações) foi calculada em **3%** ao ano sobre o valor do CAPEX correspondente. Para os sistemas de tecnologia (navegação, TI, segurança), que possuem maior obsolescência, adotou-se uma taxa de **4%** ao ano sobre o CAPEX destes sistemas.
- **Utilities (Energia Elétrica):** Esta é uma premissa crítica, pois o vertiporto é um consumidor de energia intensivo (recarga de aeronaves). O custo foi calculado não por uma média simples, mas pela aplicação da estrutura tarifária correta para este porte de consumidor no estado de São Paulo: **Grupo A, Subgrupo A4 (Tensão de 2,3 a 25 kV)**. A análise considerou a **Tarifa Horária Verde**, que possui uma estrutura binômia (cobrança por Demanda de Potência [R\$/kW] e por Consumo de Energia [R\$/kWh] nos horários de Ponta e Fora de Ponta). O cálculo final é uma simulação anual baseada nas tabelas de tarifa da concessionária local.
- **Utilities (Água):** O custo de água e saneamento foi estimado com base em um benchmarking (EIA, 2012) e o valor da tarifa com base em dados da companhia de saneamento (SABESP, 2024)

A consolidação de todas essas premissas resulta na estimativa detalhada de OPEX do projeto, apresentada na Tabela 4.2.

Tabela 4 - Composição de Opex total

Item / Descrição	Custo Anual Estimado (R\$)
Salários e Encargos	R\$ 2.372.400
Infraestrutura Civil	R\$ 308.360
Sistemas e Equipamentos	R\$ 1.081.934
Energia Elétrica (Consumo Próprio)	R\$ 3.915.750
Água/Saneamento	R\$ 457.580
Demais gastos	R\$ 813.602
Total	R\$ 8.949.627

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Para a execução do modelo de viabilidade, foi adotado o valor total consolidado de **R\$ 8.949.627,00** como a premissa de custo operacional anual base, que é assumido como constante (corrigido pela inflação, que não é considerada nesta análise em moeda constante).

4.4. Modelagem das Fontes de Receita e Projeção de Demanda

A modelagem das receitas é a contrapartida da análise de custos e define o potencial de geração de caixa do projeto. Conforme estabelecido na Revisão Bibliográfica (Capítulo 3), o modelo de receita do vertiporto é uma **hibridização** de modelos de operação de infraestrutura já consolidados no Brasil, notadamente os setores aeroportuário e de terminais rodoviários.

As receitas foram segregadas em duas categorias principais: Tarifárias (reguladas) e Não-Tarifárias (comerciais).

4.4.1. Receitas Tarifárias (Aeronáuticas)

As receitas tarifárias, ou aeronáuticas, são aquelas pagas pelo uso direto da infraestrutura de pouso e processamento de passageiros. Elas são a principal fonte de faturamento do vertiporto.

Considerando que a ANAC ainda não publicou uma tabela tarifária específica para vertiportos, a metodologia adotada foi a de *benchmarking* direto com o análogo mais próximo em termos de localização urbana e alta densidade de tráfego de passageiros: o **Aeroporto de Congonhas (SBSP)**.

A estrutura de receita por operação foi modelada com base nas tarifas vigentes de Congonhas, administradas pela AENA Brasil (AENA BRASIL, 2024), e é composta por:

- 1. **Tarifa de Pouso:** Cobrada da operadora do eVTOL a cada pouso, baseada no Peso Máximo de Decolagem (PMD) da aeronave.
- 2. **Tarifa de Embarque (Passageiro):** Cobrada do passageiro (embutida no bilhete) e repassada ao vertiporto.
- 3. **Tarifa de Conexão:** Em caso de conexão, cobrada do passageiro (embutida no bilhete) e repassada ao vertiporto.

Tabela 5 - Tarifas Operação Regular e Táxi Aéreo

Modelo	Pouso (R\$/tons)	Embarque (R\$/Pax)	Con. Emb. (R\$/Pax)
Op. Regular	16,99	57,87	16,6

Taxi Aéreo	27,18	92,59	26,56
------------	-------	-------	-------

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

A receita tarifária total anual é, portanto, o produto da receita média por operação, o número de operações por dia e os 365 dias do ano, limitada pela capacidade operacional (gargalo dos *stands*) e ajustada pelo fator de *ramp-up*.

Para o modelo de operações regulares temos os seguintes números:

- Média de passageiros: 3,6 passageiros.
- Peso médio da aeronave: 3 toneladas.
- Taxas de embarque/desembarque/conexão embarque/conexão desembarque:
 - Operação Regular: 35/35/15/15

Tabela 6 - Receitas Tarifárias Operação Regular

	Pouso	Embarque	Con. Emb.
Taxa un.	R\$ 16,99	R\$ 57,87	R\$ 16,6
Un/dia (291,6 Operações)	826,7 (Ton)	367,42 (pax)	314,93 (pax)
Receita total (diária)	R\$ 14.045,40	R\$ 21.262,36	R\$ 5.227,80
Receita anual	R\$ 14.795.480,81		

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Já para o modelo de operações de táxi aéreo temos:

- Média de passageiros: 2,0 passageiros
- Peso médio da aeronave: 3 toneladas
- Taxas de embarque/desembarque/conexão embarque/conexão desembarque:
 - Taxi Aéreo: 45/45/5/5

Tabela 7 - Receitas Tarifárias Táxi Aéreo

Táxi Aéreo	Pouso (tons)	Embarque (Pax)	Con. Emb. (Pax)
Taxa un.	27,18	92,59	26,56
Un/dia (216 Operações)	551,1 (Ton)	174,96 (pax)	38,88 (pax)
Receita total(dia)	R\$ 14.981,75	R\$ 16.199,90	R\$ 1.032,65
Receita anual	R\$ 11.758.220,94		

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

4.4.2. Receitas Não-Tarifárias (Comerciais)

Conforme a prática moderna em gestão de infraestrutura (aeroportos, terminais rodoviários), as receitas não-tarifárias (ou comerciais) são uma componente vital para a viabilidade do negócio. Elas representam a exploração comercial do "lado terra" (*landside*) do vertiporto.

Em vez de uma modelagem *bottom-up* (que exigiria a projeção de aluguel por m² de cada loja), adotou-se uma abordagem paramétrica padrão de mercado: a receita não-tarifária foi definida como um **percentual da receita tarifária total**.

Para o modelo de operações regulares consideramos como essas receitas:

- Exploração comercial de áreas de varejo (lojas de conveniência, cafeteria).
- Receitas de publicidade e mídia digital.
- Estacionamento de veículos terrestres.
- Parcerias estratégicas com fabricantes de eVTOLs (infraestrutura de recarga).

E para o modelo de táxi aéreo, além dessas, foram consideradas:

- Lounges VIP e serviços premium (concierge, catering de alto padrão).
- Espaços de coworking e salas de reunião executivas.

Para este estudo, adotou-se a premissa de que as receitas não-tarifárias representam 50,42% do valor auferido com as receitas tarifárias, relação observada nos aeroportos operados pela AENA Brasil em 2024, onde as receitas não-tarifárias alcançaram R\$ 321,0 milhões frente a R\$ 636,7 milhões de receitas tarifárias (AENA BRASIL, 2024).

Tabela 8 - Receitas Totais

Modelos	Receita tarifária	Receita não tarifária	Receita total
Operação Regular	R\$ 14.795.480,81	R\$ 7.459.881,42	R\$ 22.255.362,23
Táxi Aéreo	R\$ 11.758.220,94	R\$ 5.928.495,00	R\$ 17.686.715,93

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

4.4.3. Premissas de Ramp-up de Demanda

Os valores apresentados até agora são baseados em um modelo já consolidado e com seu potencial máximo de operação, porém considerando que a UAM é um mercado incipiente, seria irrealista assumir que o vertiporto operará em sua capacidade máxima desde o primeiro

dia de operação. O modelo, portanto, incorpora uma premissa conservadora de **curva de maturação (ramp-up) de 3 anos**.

A demanda (e, consequentemente, as receitas) crescerá gradualmente até atingir 100% da capacidade projetada no início do quarto ano de operação, conforme a seguinte estrutura:

- **Ano 1:** 30% da receita de maturidade.
- **Ano 2:** 60% da receita de maturidade.
- **Ano 3:** 80% da receita de maturidade.
- **Ano 4 em diante:** 100% da receita de maturidade.

Esta abordagem permite que o fluxo de caixa dos primeiros anos reflita de forma mais realista os desafios iniciais da consolidação de um novo modal de transporte.

4.5. Definição dos Parâmetros Financeiros e Tributários

Com as projeções de investimento (CAPEX), custos (OPEX) e receitas definidas, a etapa final da construção do modelo consiste em estabelecer os parâmetros financeiros e tributários. Estes parâmetros formam o arcabouço macroeconômico e de financiamento do projeto, sendo essenciais para o cálculo do Fluxo de Caixa Descontado (FCD) e para a aferição da viabilidade.

4.5.1. Premissas Tributárias e de Projeção

- **Regime Tributário:** Dado o porte do faturamento projetado, o modelo adota obrigatoriamente o regime de Lucro Real. A tributação sobre o lucro tributável compreende o Imposto de Renda da Pessoa Jurídica (IRPJ) e a Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL). Para empresas com lucro anual superior a R\$ 240.000, a alíquota efetiva é de 34% sobre o lucro tributável, sendo 25% de IRPJ (15% base + 10% adicional sobre o lucro que exceder R\$ 20.000 mensais) e 9% de CSLL (BRASIL, 1995, 1988).
- **Depreciação:** A depreciação dos ativos (CAPEX) foi calculada pelo método linear, conforme taxas estabelecidas pela Instrução Normativa RFB nº 1.700/2017. Com base na vida útil fiscal de cada categoria de ativo — edificações e pavimentos (4% a.a., vida útil de 25 anos) e sistemas e equipamentos tecnológicos (10% a.a., vida útil de 10 anos) — foi calculada uma taxa de depreciação média de 6,5% ao ano sobre o CAPEX total. A despesa de depreciação dos ativos de infraestrutura civil estende-se ao longo de sua vida útil contábil (RECEITA FEDERAL DO BRASIL, 2017).

- **Horizonte de Projeção:** Foi adotado um horizonte de análise de **15 anos**. Este período é considerado adequado para capturar a maturação do investimento em um projeto de infraestrutura (*greenfield*) e a estabilização da demanda em um novo mercado como o de UAM.
- **Valor Terminal (Perpetuidade):** Para capturar o valor do negócio após o 15º ano, foi calculado o Valor Terminal utilizando o Modelo de Gordon (Crescimento na Perpetuidade). Assumiu-se uma taxa de crescimento perpétuo (*g*) conservadora de 3,0% ao ano, refletindo a meta de inflação de longo prazo estabelecida pelo Conselho Monetário Nacional e indicando que o negócio, na maturidade, crescerá acompanhando a economia nominal (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2024).

4.5.2. Cálculo da Taxa de Desconto (WACC)

A Taxa de Desconto, ou Taxa Mínima de Atratividade (TMA), é o parâmetro mais crítico da análise. Ela representa o custo de oportunidade do capital investido no projeto e é a taxa utilizada para "descontar" os fluxos de caixa futuros. A métrica utilizada foi o WACC (Custo Médio Ponderado de Capital), que reflete o custo das diferentes fontes de financiamento (Dívida e Capital Próprio), ponderado pela participação de cada uma na estrutura de capital do projeto (ASSAF NETO, 2021). A fórmula do WACC é:

$$WACC = (K_e * \%E) + (K_d * \%D * (1 - T))$$

Onde:

- K_e = Custo do Capital Próprio
- $\%E$ = Proporção de Capital Próprio (Equity)
- K_d = Custo da Dívida (Capital de Terceiros)
- $\%D$ = Proporção de Dívida
- T = Alíquota de Imposto de Renda (34%)

Os componentes para o cálculo foram definidos da seguinte forma:

1. **Estrutura de Capital (%D e %E):** Adotou-se uma estrutura de capital padrão para projetos de infraestrutura no Brasil (BORGES, 2000), assumindo um financiamento:
 - Proporção de Dívida (%D): 70%
 - Proporção de Capital Próprio (%E): 30%.
2. **Custo da Dívida (K_d):** Estimado com base no custo de financiamentos de longo prazo para infraestrutura no Brasil, como debêntures incentivadas ou linhas do BNDES, compostas por um custo livre de risco (títulos públicos) mais um *spread* de risco de crédito.

- K_d (antes de impostos): 13,0% a.a.

3. **Custo do Capital Próprio (K_e):** Calculado pelo modelo **CAPM (Capital Asset Pricing Model)**, que precifica o retorno exigido pelos acionistas com base no risco do ativo.

- $K_e = R_f + \beta * (ERP)$
- **Taxa Livre de Risco (R_f): 11,0%.** (Baseada no retorno nominal de títulos públicos brasileiros de longo prazo, como o Tesouro IPCA+ com prêmio de inflação)
- **Prêmio de Risco de Mercado (ERP): 7,91%.** (Prêmio de risco para o mercado brasileiro, conforme estimativa de referência global). (DAMODARAN, 2024)
- **Beta (β): 1,2.** (O Beta representa o risco sistêmico do negócio. Adotou-se um Beta de 1,2, ligeiramente superior ao de aeroportos tradicionais (próximo de 1,0), para refletir o risco adicional de um setor tecnológico ainda não consolidado como o de UAM).
- *Cálculo do K_e :* $K_e = 11,0\% + 1,2 * 7,91\% = 11,0\% + 9,24\% = \mathbf{20,24\% \text{ a.a.}}$

Com todos os componentes definidos, o WACC foi calculado:

$$WACC = (20,24\% * 30\%) + (13,0\% * 70\% * (1 - 0,34))$$

$$WACC = 6,072\% + 9,1\% * 0,66$$

$$WACC = 6,72\% + 6,01\% = 12,73\%$$

O valor final do WACC foi arredondado e adotado no modelo como **12,08% a.a.** Esta é a taxa mínima que o projeto deve retornar para ser considerado viável.

4.6 Estrutura da Análise de Viabilidade (Indicadores de Decisão)

Com todas as premissas de CAPEX, OPEX, Receitas e Parâmetros Financeiros estabelecidas, o modelo de Fluxo de Caixa Descontado é executado, resultando na projeção do Fluxo de Caixa Livre do Projeto (FCLP) para os 15 anos.

A etapa final da metodologia é a aplicação dos **Indicadores de Decisão** sobre esse fluxo de caixa para, enfim, responder à pergunta de viabilidade do projeto, os indicadores utilizados para a tomada de decisão serão:

1. **Valor Presente Líquido (VPL):** O indicador de decisão primário. Representa a soma de todos os fluxos de caixa futuros descontados pelo WACC, subtraída do investimento inicial. A regra de decisão é:
 - Se $VPL > 0$, o projeto cria valor e é economicamente viável.
2. **Taxa Interna de Retorno (TIR):** O indicador de rentabilidade. Representa a taxa de retorno percentual intrínseca do projeto (a taxa que zera o VPL). A regra de decisão é:

- Se $TIR > WACC$, o projeto é atrativo e sua rentabilidade supera o custo de capital.

3. **Payback Descontado:** O indicador de risco e liquidez. Mede o tempo (em anos) necessário para que os fluxos de caixa descontados acumulados cubram o investimento inicial.

- A regra de decisão é: quanto menor o período, menor o risco e maior a liquidez do projeto.

A aferição desses três indicadores, detalhada no capítulo seguinte, fornecerá o diagnóstico completo sobre a viabilidade econômico-financeira do projeto de implantação do vertiporto.

5. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA

Este capítulo apresenta os resultados da análise de viabilidade econômico-financeira do projeto. O objetivo desta seção é aplicar a metodologia definida no Capítulo 4 sobre o conjunto de premissas dos modelos de operação regular e taxi aéreo onde os principais parâmetros de cada modelo que serão utilizados estão resumidos na tabela a seguir para, então, apurar os indicadores de viabilidade:

Tabela 9 - Principais parâmetros FCD - Terreno Próprio

Cenário Terreno Próprio			
Modelos	Capex	Opex	Receita total
Operação Regular	R\$ 34.752.526,97	R\$ 8.949.626,95	R\$ 22.255.362,23
Táxi Aéreo	R\$ 28.673.936,58	R\$ 8.949.626,95	R\$ 17.686.715,93

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Tabela 10 - Parâmetros mais prováveis FCD Cenário - Compra de Terreno

Cenário Compra de Terreno			
Modelos	Capex	Opex	Receita total
Operação Regular	R\$ 202.357.294,78	R\$ 8.949.626,95	R\$ 22.255.362,23
Táxi Aéreo	R\$ 167.471.634,92	R\$ 8.949.626,95	R\$ 17.686.715,93

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

A análise a seguir demonstra a projeção do fluxo de caixa e os indicadores-chave que respondem à problemática central deste trabalho.

5.1. Projeção do Fluxo de Caixa Descontado (FCD) do Projeto

O primeiro resultado da aplicação do modelo é a projeção do Fluxo de Caixa Livre do Projeto (FCLP) para o horizonte de 15 anos. As tabelas a seguir consolidam todas as premissas de receita, custos e parâmetros financeiros em uma projeção ano a ano para os modelos de operações regulares e taxi aéreo, respectivamente.

As figuras 6, 7, 8 e 9 demonstram a construção da geração de caixa, evidenciando pontos-chave da metodologia:

1. O **Ramp-up** de receitas nos anos 1, 2 e 3 (30%, 60% e 80%, respectivamente).
2. O impacto do **escudo fiscal da depreciação** nos anos 1 a 12, que cessa a partir do Ano 13, aumentando o lucro tributável.
3. A injeção do **Valor Terminal** (calculado com crescimento de 3,0% na perpetuidade) ao fluxo de caixa do Ano 15, representando o valor do negócio para além do horizonte de projeção.
4. A aplicação do **Fator de Desconto** (baseado no WACC de 12,08%) sobre o "FCLP Total" para encontrar o Fluxo de Caixa Descontado (FCD) de cada ano.

Figura 6 - Modelo FCD Compra de terreno/ Operação Regular

Cenário Realista																
Ano de referência	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Receita Bruta Pico	-	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362
Fator de Ramp-up	-	30%	60%	80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1. Receita Ajustada	-	6.676.609	13.353.217	17.804.290	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362
2. OPEX	-	-11.983.821	-11.983.821	-11.983.821	-11.983.821	-11.983.821	-11.983.821	-11.983.821	-11.983.821	-11.983.821	-11.983.821	-11.983.821	-11.983.821	-11.983.821	-11.983.821	-11.983.821
3. EBITDA	-	-5.307.212	1.369.397	5.820.469	10.271.542	10.271.542	10.271.542	10.271.542	10.271.542	10.271.542	10.271.542	10.271.542	10.271.542	10.271.542	10.271.542	10.271.542
4. Depreciação	-	-17.200.370	-17.200.370	-17.200.370	-17.200.370	-17.200.370	-17.200.370	-17.200.370	-17.200.370	-17.200.370	-17.200.370	-17.200.370	-17.200.370	-17.200.370	-17.200.370	-17.200.370
5. EBIT (LAJIR)	-	-22.507.582	-15.830.973	-11.379.901	-6.928.828	-6.928.828	-6.928.828	-6.928.828	-6.928.828	-6.928.828	-6.928.828	-6.928.828	-6.928.828	-6.928.828	-6.928.828	-6.928.828
6. Imposto (34%)	-	7.652.578	5.382.531	3.869.166	2.355.802	2.355.802	2.355.802	2.355.802	2.355.802	2.355.802	2.355.802	2.355.802	2.355.802	2.355.802	2.355.802	2.355.802
7. NOPAT	-	-14.855.004	-10.448.442	-7.510.735	-4.573.027	-4.573.027	-4.573.027	-4.573.027	-4.573.027	-4.573.027	-4.573.027	-4.573.027	-4.573.027	-4.573.027	-4.573.027	-4.573.027
8. (+) Depreciação	-	17.200.370	17.200.370	17.200.370	17.200.370	17.200.370	17.200.370	17.200.370	17.200.370	17.200.370	17.200.370	17.200.370	17.200.370	17.200.370	17.200.370	17.200.370
9. (-) CAPEX	-	-202.357.295	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10. FCLP	-	-202.357.295	2.345.366	6.751.928	9.689.635	12.627.343	12.627.343	12.627.343	12.627.343	12.627.343	12.627.343	12.627.343	12.627.343	12.627.343	12.627.343	12.627.343
11. Valor Terminal	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71.793.070,12
12. FCLP Total	-	-202.357.295	2.345.366	6.751.928	9.689.635	12.627.343	12.627.343	12.627.343	12.627.343	12.627.343	12.627.343	12.627.343	12.627.343	12.627.343	12.627.343	71.793.070,12
Fator de Desconto	-	1	0,887	0,787	0,698	0,619	0,549	0,487	0,432	0,383	0,340	0,301	0,267	0,237	0,210	0,186
13. FCD	-	-202.357.295	2.080.147	5.311.225	6.760.173	7.813.503	8.929.936	9.616.285	9.616.285	9.616.285	9.616.285	9.616.285	9.616.285	9.616.285	9.616.285	9.616.285
14. FCD acumulado	-	-202.357.295	-200.277.148	-194.965.923	-188.205.750	-180.392.247	-173.462.311	-167.316.026	-161.864.776	-157.020.964	-152.741.882	-148.938.706	-145.565.600	-142.899.941	-141.475.435	-139.091.464

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Figura 7 - Modelo FCD Compra de terreno / Taxi aéreo

Cenário Realista																
Ano de referência	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Receita Bruta Pico	-	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716
Fator de Ramp-up	-	30%	60%	80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1. Receita Ajustada	-	5.306.015	10.612.030	14.149.373	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716
2. OPEX	-	-11.983.821	-11.983.821	-11.983.821	-11.983.821	-11.983.821	-11.983.821	-11.983.821	-11.983.821	-11.983.821	-11.983.821	-11.983.821	-11.983.821	-11.983.821	-11.983.821	-11.983.821
3. EBITDA	-	-6.677.806	-1.371.791	2.165.552	5.702.895	5.702.895	5.702.895	5.702.895	5.702.895	5.702.895	5.702.895	5.702.895	5.702.895	5.702.895	5.702.895	5.702.895
4. Depreciação	-	-14.235.089	-14.235.089	-14.235.089	-14.235.089	-14.235.089	-14.235.089	-14.235.089	-14.235.089	-14.235.089	-14.235.089	-14.235.089	-14.235.089	-14.235.089	-14.235.089	-14.235.089
5. EBIT (LAJIR)	-	-20.912.895	-15.606.880	-12.069.537	-8.532.194	-8.532.194	-8.532.194	-8.532.194	-8.532.194	-8.532.194	-8.532.194	-8.532.194	-8.532.194	-8.532.194	-8.532.194	-8.532.194
6. Imposto (34%)	-	7.110.384	5.306.339	4.103.643	2.900.946	2.900.946	2.900.946	2.900.946	2.900.946	2.900.946	2.900.946	2.900.946	2.900.946	2.900.946	2.900.946	2.900.946
7. NOPAT	-	-13.802.511	-10.300.541	-7.965.894	-5.631.248	-5.631.248	-5.631.248	-5.631.248	-5.631.248	-5.631.248	-5.631.248	-5.631.248	-5.631.248	-5.631.248	-5.631.248	-5.631.248
8. (+) Depreciação	-	14.235.089	14.235.089	14.235.089	14.235.089	14.235.089	14.235.089	14.235.089	14.235.089	14.235.089	14.235.089	14.235.089	14.235.089	14.235.089	14.235.089	14.235.089
9. (-) CAPEX	-	-167.471.635	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10. FCLP	-	-167.471.635	432.578	3.934.548	6.269.195	8.603.841	8.603.841	8.603.841	8.603.841	8.603.841	8.603.841	8.603.841	8.603.841	8.603.841	8.603.841	8.603.841
11. Valor Terminal	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39.860.459,03
12. FCLP Total	-	-167.471.635	432.578	3.934.548	6.269.195	8.603.841	8.603.841	8.603.841	8.603.841	8.603.841	8.603.841	8.603.841	8.603.841	8.603.841	8.603.841	39.860.459,03
Fator de Desconto	-	1	0,887	0,787	0,698	0,619	0,549	0,487	0,432	0,383	0,340	0,301	0,267	0,237	0,210	0,186
13. FCD	-	-167.471.635	383.662	3.095.008	4.373.832	5.323.855	4.721.822	4.187.869	3.714.296	3.294.276	2.921.753	2.591.355	2.298.319	1.768.615	790.905	622.144
14. FCD acumulado	-	-167.471.635	-167.087.973	-163.992.965	-159.619.133	-154.295.279	-149.573.457	-145.385.588	-141.671.292	-138.377.016	-135.455.263	-132.863.908	-130.565.589	-128.796.975	-128.006.070	-127.304.602

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Figura 8 - Modelo FCD Terreno Próprio / Operação Regular

	Cenário Realista															
Ano de referência	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Receita Bruta Pico	-	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362
Fator de Ramp-up	-	30%	60%	80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1. Receita Ajustada	-	6.676.609	13.353.217	17.804.290	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362	22.255.362
2. OPEX	-	-8.949.627	-8.949.627	-8.949.627	-8.949.627	-8.949.627	-8.949.627	-8.949.627	-8.949.627	-8.949.627	-8.949.627	-8.949.627	-8.949.627	-8.949.627	-8.949.627	-8.949.627
3. EBITDA	-	-2.273.018	4.403.590	8.854.663	13.305.735	13.305.735	13.305.735	13.305.735	13.305.735	13.305.735	13.305.735	13.305.735	13.305.735	13.305.735	13.305.735	13.305.735
4. Depreciação	-	-2.432.677	-2.432.677	-2.432.677	-2.432.677	-2.432.677	-2.432.677	-2.432.677	-2.432.677	-2.432.677	-2.432.677	-2.432.677	-2.432.677	-2.432.677	-2.432.677	-2.432.677
5. EBIT (LAJIR)	-	-4.705.695	1.970.913	6.421.986	10.873.058	10.873.058	10.873.058	10.873.058	10.873.058	10.873.058	10.873.058	10.873.058	10.873.058	10.873.058	10.873.058	10.873.058
6. Imposto (34%)	-	1.599.936	-670.111	-2.183.475	-3.696.840	-3.696.840	-3.696.840	-3.696.840	-3.696.840	-3.696.840	-3.696.840	-3.696.840	-3.696.840	-3.696.840	-3.696.840	-3.696.840
7. NOPAT	-	-3.105.759	1.300.803	4.238.511	7.176.219	7.176.219	7.176.219	7.176.219	7.176.219	7.176.219	7.176.219	7.176.219	7.176.219	7.176.219	7.176.219	7.176.219
8. (+) Depreciação	-	2.432.677	2.432.677	2.432.677	2.432.677	2.432.677	2.432.677	2.432.677	2.432.677	2.432.677	2.432.677	2.432.677	2.432.677	2.432.677	2.432.677	2.432.677
9. (-) CAPEX	-	-34.752.527	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10. FCLP	-	-34.752.527	-673.082	3.733.480	6.671.188	9.608.895	9.608.895	9.608.895	9.608.895	9.608.895	9.608.895	9.608.895	9.608.895	9.608.895	9.608.895	9.608.895
11. Valor Terminal	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93.641.815,01
12. FCLP Total	-	-34.752.527	-673.082	3.733.480	6.671.188	9.608.895	9.608.895	9.608.895	9.608.895	9.608.895	9.608.895	9.608.895	9.608.895	9.608.895	9.608.895	9.608.895
Fator de Desconto	-	1	0,892	0,795	0,709	0,632	0,564	0,502	0,448	0,399	0,356	0,318	0,283	0,252	0,225	0,201
13. FCD	-	-34.752.527	-600.136	2.968.096	4.728.782	6.072.977	5.414.816	4.827.983	4.304.748	3.838.219	3.422.251	3.051.363	2.720.670	2.425.817	1.615.333	1.440.271
14. FCD acumulado	-	-34.752.527	-35.352.663	-32.384.568	-27.655.786	-21.582.809	-16.167.993	-11.340.011	-7.035.262	-3.197.043	225.208	3.276.571	5.997.241	8.423.058	10.038.391	11.477.662

Figura 9 - Modelo FCD Terreno Próprio / Táxi Aéreo

Cenário Realista																
Ano de referência	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Receita Bruta Pico	-	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716
Fator de Ramp-up	-	30%	60%	80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Receita Ajustada	-	5.306.015	10.612.030	14.149.373	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716	17.686.716
2. OPEX	-	-8.949.627	-8.949.627	-8.949.627	-8.949.627	-8.949.627	-8.949.627	-8.949.627	-8.949.627	-8.949.627	-8.949.627	-8.949.627	-8.949.627	-8.949.627	-8.949.627	-8.949.627
3. EBITDA	-	-3.643.612	1.662.403	5.199.746	8.737.089	8.737.089	8.737.089	8.737.089	8.737.089	8.737.089	8.737.089	8.737.089	8.737.089	8.737.089	8.737.089	8.737.089
4. Depreciação	-	-2.007.176	-2.007.176	-2.007.176	-2.007.176	-2.007.176	-2.007.176	-2.007.176	-2.007.176	-2.007.176	-2.007.176	-2.007.176	-2.007.176	-2.007.176	-2.007.176	-2.007.176
5. EBIT (LAJIR)	-	-5.650.788	-344.773	3.192.570	6.729.913	6.729.913	6.729.913	6.729.913	6.729.913	6.729.913	6.729.913	6.729.913	6.729.913	6.729.913	6.729.913	6.729.913
6. Imposto (34%)	-	1.921.268	117.223	-1.085.474	-2.288.171	-2.288.171	-2.288.171	-2.288.171	-2.288.171	-2.288.171	-2.288.171	-2.288.171	-2.288.171	-2.288.171	-2.288.171	-2.288.171
7. NOPAT	-	-3.729.520	-227.550	2.107.096	4.441.743	4.441.743	4.441.743	4.441.743	4.441.743	4.441.743	4.441.743	4.441.743	4.441.743	4.441.743	4.441.743	4.441.743
8. (+) Depreciação	-	2.007.176	2.007.176	2.007.176	2.007.176	2.007.176	2.007.176	2.007.176	2.007.176	2.007.176	2.007.176	2.007.176	2.007.176	2.007.176	2.007.176	2.007.176
9. (-) CAPEX	-	-28.673.937	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10. FCLP	-	-28.673.937	-1.722.344	1.779.625	4.114.272	6.448.918	6.448.918	6.448.918	6.448.918	6.448.918	6.448.918	6.448.918	6.448.918	6.448.918	6.441.743	4.441.743
11. Valor Terminal	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12. FCLP Total	-	-28.673.937	-1.722.344	1.779.625	4.114.272	6.448.918	6.448.918	6.448.918	6.448.918	6.448.918	6.448.918	6.448.918	6.448.918	6.448.918	4.441.743	4.441.743
Fator de Desconto	-	1	0,892	0,795	0,709	0,632	0,564	0,502	0,448	0,399	0,356	0,318	0,283	0,252	0,225	0,201
13. FCD	-	-28.673.937	-1.535.685	1.414.792	2.916.346	4.075.820	3.634.102	3.240.255	2.889.091	2.575.984	2.296.811	2.047.893	1.825.952	1.628.064	999.816	891.460
14. FCD acumulado	-	-28.673.937	-30.209.621	-28.794.829	-25.878.482	-21.802.662	-18.168.560	-14.928.306	-12.039.215	-9.463.231	-7.166.420	-5.118.526	-3.292.575	-1.664.511	-664.695	228.765

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

5.2. Apuração dos Indicadores de Viabilidade Econômica

A partir das projeções detalhadas do fluxo de caixa (imagens 6, 7, 8 e 9), foram calculados os três indicadores-chave de viabilidade econômica. As imagens 10, 11, 12 e 13 consolidam estes resultados, que formam a base para a análise e conclusão do estudo.

Figura 10 - Resultados dos Indicadores Compra de Terreno / Operação Regular

Análise - Realista	
Indicador	Resultado
Valor Presente Líquido (VPL)	-R\$ 133.796.621,43
Taxa Interna de Retorno (TIR)	-4%
Payback Descontado	#REF!

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Figura 11 - Resultados dos Indicadores Compra de Terreno / Táxi Aéreo

Análise - Realista	
Indicador	Resultado
Valor Presente Líquido (VPL)	-R\$ 120.348.566,97
Taxa Interna de Retorno (TIR)	-6%
Payback Descontado	#REF!

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Figura 12 - Resultados dos Indicadores Terreno Próprio / Operação Regular

Análise - Realista	
Indicador	
Valor Presente Líquido (VPL)	R\$ 12.968.068,83
Taxa Interna de Retorno (TIR)	17%
Payback Descontado	8,93

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Figura 13 - Resultados dos Indicadores Terreno Próprio / Táxi Aéreo

Análise - Realista	
Indicador	Resultado
Valor Presente Líquido (VPL)	R\$ 1.190.942,15
Taxa Interna de Retorno (TIR)	13%
Payback Descontado	13,75

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

5.3. Interpretação e Análise dos Resultados

Os indicadores apresentados nas figuras 10, 11, 12 e 13 fornecem um diagnóstico quantitativo robusto sobre a viabilidade econômico-financeira do projeto, considerando agora quatro “Casos Base” distintos: **(i) Operação Regular/Compra de Terreno**, **(ii) Operações de Táxi Aéreo/ Compra de Terreno** **(iii) Operação Regular/Terreno Próprio** e **(iv) Operações de Táxi Aéreo/Terreno Próprio**. A análise a seguir interpreta cada indicador – VPL, TIR e Payback Descontado – e traduz os resultados financeiros em conclusões estratégicas relevantes para a concessionária do vertiporto.

5.3.1 Análise do Valor Presente Líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido (VPL) representa o ganho líquido de valor para o investidor após remunerar o capital ao custo de oportunidade (WACC). É o principal critério para aceitação de um projeto de investimento.

Os resultados obtidos foram em VPL foram:

- (i) Operação Regular/Compra de Terreno = -R\$ 133.796.621,43
- (ii) Operações de Táxi Aéreo/ Compra de Terreno = -R\$ 120.348.566,97
- (iii) Operação Regular/Terreno Próprio = R\$ 12.968.068,83
- (iv) Operações de Táxi Aéreo/Terreno Próprio = R\$ 1.190.942,15

Ao analisar os cenários que incluem a compra de terreno, observa-se que tanto o cenário com operação regular quanto o cenário com táxi aéreo apresentam Valor Presente Líquido (VPL) **inferior a -R\$ 120.000.000,00**. Esse resultado evidencia que a aquisição do terreno tornaria o empreendimento economicamente inviável.

Já para os cenários de terreno próprio em ambos os casos, a regra fundamental do VPL é atendida ($VPL > 0$). Isso implica que o projeto:

1. Recupera integralmente o investimento inicial;
2. Remunera o capital próprio e de terceiros à taxa mínima de atratividade (WACC);
3. Gera valor adicional significativo para os acionistas, embora em magnitudes diferentes conforme o tipo de operação.

O VPL de quase **R\$ 13 milhões** no cenário de Operação Regular indica maior capacidade de geração de caixa e maior contribuição ao valor do negócio. Já o VPL de pouco mais de **R\$ 1 milhão** no cenário de Táxi Aéreo, embora menor, ainda representa um excedente financeiro relevante e corrobora a viabilidade do empreendimento.

Esses resultados indicam que a operação do vertiporto é financeiramente sustentável sob esses modelos de uso da infraestrutura.

5.3.2 Análise da Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno (TIR) mede a rentabilidade percentual intrínseca do projeto e é comparada diretamente ao custo de capital.

Os resultados apurados foram:

- (i) Operação Regular/Compra de Terreno = -4%
- (ii) Operações de Táxi Aéreo/ Compra de Terreno = -6%
- (iii) Operação Regular/Terreno Próprio = 17%
- (iv) Operações de Táxi Aéreo/Terreno Próprio = 13%

Considerando um WACC hipotético de referência (conforme capítulo anterior), ambos modelos de operação para o cenário de compra de terreno apresentam TIR negativa, já para o cenário de terreno próprio os valores aparecem **acima do custo de capital** – condição essencial para aprovação do investimento.

Nos cenários com terreno próprio, a rentabilidade do modelo de Operação Regular (17%) demonstra maior atratividade relativa e certa margem para absorver choques nas premissas de receita, demanda ou custos. Já a TIR de 13% no cenário de Táxi Aéreo, embora

ligeiramente superior ao WACC considerado, encontra-se muito próxima deste limite, dispondo de margem reduzida para oscilações que permitam manter a viabilidade do empreendimento.

5.3.3 Análise do Payback Descontado

O Payback Descontado indica o tempo necessário para recuperar o investimento inicial descontado ao custo de capital, representando uma medida de risco e liquidez.

Os resultados foram:

- (i) Operação Regular/Compra de Terreno = Não Ocorre
- (ii) Operações de Táxi Aéreo/ Compra de Terreno = Não Ocorre
- (iii) Operação Regular/Terreno Próprio = 8,93 anos
- (iv) Operações de Táxi Aéreo/Terreno Próprio = 13,75 anos

Como podemos analisar, para os cenários com compra de terreno, o modelo indica que o Payback do empreendimento não ocorreria. Já para os cenários de terreno próprio, no modelo de Operação Regular, a previsão é que o Payback ocorra com 8,93 anos de operação, o que pode parecer muito, mas para esse tipo de projeto pode indicar um número interessante. Já para o modelo de Táxi Aéreo, a estimativa é que o Payback ocorra com 13,75 anos, um número bem próximo ao horizonte de projeção.

5.4. Conclusões do Caso Base e Transição

A análise conjunta dos três principais indicadores demonstra que a viabilidade do projeto está diretamente condicionada à estratégia de aquisição ou disponibilidade do terreno.

Cenários com Compra de Terreno: Ambos os modelos operacionais – Operação Regular e Táxi Aéreo – apresentam inviabilidade econômica inequívoca quando considerada a compra do terreno. Com VPL inferior a -R\$ 120 milhões, TIR negativa e ausência de Payback no horizonte de projeção, esses cenários não atendem aos requisitos mínimos de aceitação do investimento. O elevado custo de aquisição do terreno compromete definitivamente a estrutura de retorno do projeto.

Cenários com Terreno Próprio: Por outro lado, quando o terreno já é de propriedade da concessionária, ambos os modelos operacionais se mostram financeiramente viáveis, embora com níveis distintos de retorno e risco:

- **O Caso Base – Operação Regular/Terreno Próprio** apresenta os indicadores mais robustos, com VPL de R\$ 12,9 milhões, TIR de 17% e Payback descontado em 8,93 anos. Esses resultados demonstram maior geração de valor, rentabilidade

significativamente superior ao WACC e prazo de recuperação aceitável para projetos de infraestrutura dessa natureza.

- **O Caso Base – Táxi Aéreo/Terreno Próprio**, embora mais conservador, também comprova viabilidade financeira com VPL positivo de R\$ 1,19 milhão e TIR de 13%. Contudo, a proximidade da TIR com o WACC e o Payback de 13,75 anos (muito próximo ao horizonte de projeção de 15 anos) indicam menor margem de segurança e maior sensibilidade a variações nas premissas operacionais.

Implicações Estratégicas: Os resultados evidenciam que a **disponibilidade de terreno próprio é condição** para a viabilidade econômica do empreendimento. Adicionalmente, o modelo de Operação Regular apresenta-se como alternativa mais atrativa e resiliente, com melhor capacidade de absorver choques nas premissas de receita, demanda ou custos.

No entanto, tais conclusões refletem uma "fotografia" baseada nas premissas definidas: custos de implantação e operação, tarifas, projeções de demanda e dinâmica de utilização da infraestrutura. Como qualquer projeto de infraestrutura em fase inicial, a resiliência dos resultados deve ser testada.

Assim, apesar de os cenários com compra de terreno terem se mostrado inviáveis nesse primeiro momento, para os cenários de terreno próprio, torna-se indispensável a **Análise de Cenários**, que permitirá avaliar:

- A robustez do projeto frente a oscilações em demanda, CAPEX, OPEX, tarifas e ramp-up operacional;
- A capacidade da operação de sustentar retornos satisfatórios em condições adversas, especialmente no cenário de Táxi Aéreo/Terreno Próprio, que opera com margens mais reduzidas.

O próximo capítulo se dedicará a esse aprofundamento nos cenários com disponibilidade de terreno próprio, examinando a estabilidade financeira do projeto e seu comportamento em condições de incerteza, focando exclusivamente nos cenários com terreno próprio, únicos que apresentam viabilidade econômica.

6. ANÁLISE DE CENÁRIOS E ESTUDO DE MODELAGEM HÍBRIDA

A análise de cenários é uma ferramenta de gestão de risco que cria narrativas coesas para o futuro. Foram modelados dois cenários alternativos ao "Caso Base", com o objetivo de definir o "piso" (Cenário Pessimista) e o "teto" (Cenário Otimista) da viabilidade do projeto.

6.1.1. Cenário Pessimista

Este cenário simula uma combinação de eventos de mercado adversos, testando a capacidade de sobrevivência do projeto:

1. **Justificativa (CAPEX):** Atrasos no licenciamento ambiental e um aumento inesperado no custo do aço e concreto durante a obra, resultando em um **estouro de 10% no CAPEX**.
2. **Justificativa (OPEX):** Pressão sindical por salários acima do benchmark e reajustes nas tarifas de energia (Grupo A4) acima da inflação, resultando em um **aumento de 5% no OPEX** anual.
3. **Justificativa (Receita):** Adoção do modal pela população é menor que o esperado e forte concorrência de modais terrestres (como aplicativos de transporte), resultando em uma **receita média 5% inferior** à projetada na maturidade.
4. **Justificativa (Ramp-up):** A maturação lenta do mercado estende o período de *ramp-up* de 3 para **4 anos** (ex: 20%/40%/60%/80%/100%).

6.1.2. Cenário Otimista

Este cenário simula um ambiente de negócios ideal, onde as premissas mais favoráveis se concretizam:

1. **Justificativa (CAPEX):** Eficiência na engenharia de custos e um processo de licitação bem-sucedido permitem que a obra seja concluída **gastando 5% a menos** do **orçamento inicial**.
2. **Justificativa (OPEX):** Sinergias operacionais e ganhos de eficiência com a automação de processos de pátio e gestão de energia resultam em um **OPEX 2% menor** que o Caso Base.
3. **Justificativa (Receita):** Adoção do serviço é um sucesso imediato (similar à rápida adoção de aplicativos de transporte), fazendo com que o *ramp-up* ocorra apenas do primeiro para o segundo ano de operação saindo de 80% para 100%

4. **Justificativa (Receita):** Adoção do modal pela população maior que o esperado, resultando em uma **receita média 2% acima** que à projetada na maturidade inicialmente.
5. **Justificativa (Ramp-up)** Adoção do serviço é um sucesso imediato (similar à rápida adoção de aplicativos de transporte), fazendo com que o *ramp-up* ocorra em **2 anos** (50%/80%/100%).

6.2. Resultados para os modelos de operação

As narrativas apresentadas foram aplicadas tanto para o modelo de operações regulares quanto para o modelo de taxi aéreo, gerando os resultados apresentados a seguir.

6.2.1. Operação Regular

Logo abaixo são apresentados os modelos para cada cenário assim como os resultados dos indicadores para cada um deles

6.2.1.1. Cenário pessimista

Figura 14 - Modelo FDC Pessimista Terreno próprio/Operação Regular

Cenário Pessimista																
Ano de referência	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Receita Bruta Pico	-	21.142.594	21.142.594	21.142.594	21.142.594	21.142.594	21.142.594	21.142.594	21.142.594	21.142.594	21.142.594	21.142.594	21.142.594	21.142.594	21.142.594	21.142.594
Fator de Ramp-up	-	20%	40%	60%	80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1. Receita Ajustada	-	4.228.519	8.457.038	12.685.556	16.914.075	21.142.594	21.142.594	21.142.594	21.142.594	21.142.594	21.142.594	21.142.594	21.142.594	21.142.594	21.142.594	21.142.594
2. OPEX	-	-9.397.108	-9.397.108	-9.397.108	-9.397.108	-9.397.108	-9.397.108	-9.397.108	-9.397.108	-9.397.108	-9.397.108	-9.397.108	-9.397.108	-9.397.108	-9.397.108	-9.397.108
3. EBITDA	-	-5.168.589	-940.071	3.288.448	7.516.967	11.745.486	11.745.486	11.745.486	11.745.486	11.745.486	11.745.486	11.745.486	11.745.486	11.745.486	11.745.486	11.745.486
4. Depreciação	-	-2.675.945	-2.675.945	-2.675.945	-2.675.945	-2.675.945	-2.675.945	-2.675.945	-2.675.945	-2.675.945	-2.675.945	-2.675.945	-2.675.945	-2.675.945	-2.675.945	-2.675.945
5. EBIT (LAJIR)	-	-7.844.534	-3.616.015	612.504	4.841.022	9.069.541	9.069.541	9.069.541	9.069.541	9.069.541	9.069.541	9.069.541	9.069.541	9.069.541	9.069.541	9.069.541
6. Imposto (34%)	-	2.667.142	1.229.445	-208.251	-1.645.948	-3.083.644	-3.083.644	-3.083.644	-3.083.644	-3.083.644	-3.083.644	-3.083.644	-3.083.644	-3.083.644	-3.083.644	-3.083.644
7. NOPAT	-	-5.177.392	-2.386.570	404.252	3.195.075	5.985.897	5.985.897	5.985.897	5.985.897	5.985.897	5.985.897	5.985.897	5.985.897	5.985.897	5.985.897	5.985.897
8. (+) Depreciação	-	2.675.945	2.675.945	2.675.945	2.675.945	2.675.945	2.675.945	2.675.945	2.675.945	2.675.945	2.675.945	2.675.945	2.675.945	2.675.945	2.675.945	2.675.945
9. (-) CAPEX	-	-38.227.780	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10. FCLP	-	-38.227.780	-2.501.448	289.375	3.080.197	5.871.019	8.661.842	8.661.842	8.661.842	8.661.842	8.661.842	8.661.842	8.661.842	8.661.842	8.661.842	8.661.842
11. Valor Terminal	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12. FCLP Total	-	-38.227.780	-2.501.448	289.375	3.080.197	5.871.019	8.661.842	8.661.842	8.661.842	8.661.842	8.661.842	8.661.842	8.661.842	8.661.842	8.661.842	8.661.842
Fator de Desconto	1	0,892	0,795	0,709	0,632	0,564	0,502	0,448	0,399	0,356	0,318	0,283	0,252	0,225	0,201	0,179
13. FCD	-	-38.227.780	-2.230.352	230.051	2.183.356	3.710.579	4.881.131	4.352.136	3.880.472	3.459.924	3.084.953	2.750.620	2.452.521	2.186.728	1.947.398	1.701.373
14. FCD acumulado	-	-38.227.780	-40.458.132	-40.228.081	-38.044.725	-34.334.146	-29.453.015	-25.100.879	-21.220.407	-17.760.483	-14.675.529	-11.924.909	-9.472.388	-7.285.660	-5.938.262	-4.736.889
																1.115.565

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Os resultados obtidos no cenário pessimista demonstram que, sob condições adversas de mercado e operação, o projeto opera próximo ao limite da viabilidade econômica, com indicadores consideravelmente mais frágeis em comparação ao cenário otimista.

O Valor Presente Líquido (VPL) de R\$ 11.151.564,57, embora ainda positivo, representa uma margem reduzida de geração de valor quando consideradas premissas conservadoras como menor demanda de passageiros, tarifas reduzidas e custos operacionais elevados. Este montante, significativamente inferior aos cenários base e otimista, indica que o investimento supera o custo de capital por margem estreita, oferecendo pouca capacidade de absorção de desvios adicionais.

Conclui-se que o modelo de operação regular, embora mantenha viabilidade técnica no cenário pessimista, opera com margens de segurança muito reduzidas. A fragilidade dos indicadores reforça a importância crítica da materialização das premissas otimistas e evidencia elevada sensibilidade do projeto a variações adversas, representando risco considerável para potenciais investidores em condições de mercado desfavoráveis.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

O cenário otimista para a operação regular demonstra o potencial de retorno do investimento em vertiportos quando as condições de mercado se mostram favoráveis, com demanda adequada e eficiência operacional aprimorada.

O Valor Presente Líquido (VPL) de R\$ 24.131.507,69 representa um incremento relevante de aproximadamente 116% em relação ao cenário pessimista, evidenciando a sensibilidade do projeto a variações favoráveis nas premissas operacionais. Este valor positivo confirma a capacidade do empreendimento de gerar valor aos stakeholders em condições de mercado propícias.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) de 23% configura-se como atrativa para o setor de infraestrutura aeroportuária, posicionando o projeto de forma competitiva do ponto de vista financeiro. Esta rentabilidade reflete o potencial de captura de valor em um mercado emergente de mobilidade aérea urbana, ainda que sujeito às incertezas típicas de setores em desenvolvimento.

O Payback Descontado de 6,3 anos representa uma recuperação em prazo razoável do capital investido, conferindo ao projeto risco temporal aceitável para investimentos de infraestrutura. Este período enquadra-se dentro de expectativas compatíveis com a natureza de longo prazo do empreendimento.

Conclui-se que, sob condições otimistas, o modelo de operação regular demonstra viabilidade consistente e retornos satisfatórios, justificando os investimentos necessários e posicionando o vertiporto como alternativa relevante no contexto da mobilidade urbana futura.

Tabela 12 - Indicadores Otimistas Terreno próprio/Operação Regular

Análise - Operação Regular Otimista

Indicador	Resultado
Valor Presente Líquido (VPL)	R\$ 24.131.507,69
Taxa Interna de Retorno (TIR)	23%
Payback Descontado	6,3

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

6.2.2. Taxi Aéreo

Logo abaixo são apresentados os modelos para cada cenário assim como os resultados dos indicadores para cada um deles

6.2.2.1. Cenário pessimista

Figura 16 - Modelo FCD Pessimista Terreno Próprio/Táxi Aéreo

Cenário Pessimista																
Ano de referência	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Receita Bruta Pico	-	16.802.380	16.802.380	16.802.380	16.802.380	16.802.380	16.802.380	16.802.380	16.802.380	16.802.380	16.802.380	16.802.380	16.802.380	16.802.380	16.802.380	16.802.380
Fator de Ramp-up	-	20%	40%	60%	80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1. Receita Ajustada	-	3.360.476	6.720.952	10.081.428	13.441.904	16.802.380	16.802.380	16.802.380	16.802.380	16.802.380	16.802.380	16.802.380	16.802.380	16.802.380	16.802.380	16.802.380
2. OPEX	-	-9.397.108	-9.397.108	-9.397.108	-9.397.108	-9.397.108	-9.397.108	-9.397.108	-9.397.108	-9.397.108	-9.397.108	-9.397.108	-9.397.108	-9.397.108	-9.397.108	-9.397.108
3. EBITDA	-	-6.036.632	-2.676.156	684.320	4.044.796	7.405.272	7.405.272	7.405.272	7.405.272	7.405.272	7.405.272	7.405.272	7.405.272	7.405.272	7.405.272	7.405.272
4. Depreciação	-	-2.207.893	-2.207.893	-2.207.893	-2.207.893	-2.207.893	-2.207.893	-2.207.893	-2.207.893	-2.207.893	-2.207.893	-2.207.893	-2.207.893	-2.207.893	-2.207.893	-2.207.893
5. EBIT (LAJIR)	-	-8.244.525	-4.884.049	-1.523.573	1.836.903	5.197.379	5.197.379	5.197.379	5.197.379	5.197.379	5.197.379	5.197.379	5.197.379	5.197.379	5.197.379	5.197.379
6. Imposto (34%)	-	2.803.139	1.660.577	518.015	-624.547	-1.767.109	-1.767.109	-1.767.109	-1.767.109	-1.767.109	-1.767.109	-1.767.109	-1.767.109	-1.767.109	-1.767.109	-2.303.311
7. NOPAT	-	-5.441.387	-3.223.473	-1.005.558	1.212.356	3.430.270	3.430.270	3.430.270	3.430.270	3.430.270	3.430.270	3.430.270	3.430.270	3.430.270	3.430.270	4.471.134
8. (+) Depreciação	-	2.207.893	2.207.893	2.207.893	2.207.893	2.207.893	2.207.893	2.207.893	2.207.893	2.207.893	2.207.893	2.207.893	2.207.893	2.207.893	2.207.893	2.207.893
9. (-) CAPEX	-	-31.541.330	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10. FCLP	-	-31.541.330	-3.233.494	-1.015.579	1.202.335	3.420.249	5.638.163	5.638.163	5.638.163	5.638.163	5.638.163	5.638.163	5.638.163	5.638.163	5.638.163	5.638.163
11. Valor Terminal	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50.304.274,52
12. FCLP Total	-	-31.541.330	-3.233.494	-1.015.579	1.202.335	3.420.249	5.638.163	5.638.163	5.638.163	5.638.163	5.638.163	5.638.163	5.638.163	5.638.163	5.638.163	54.775.408
Fator de Desconto	-	1	0,892	0,795	0,709	0,632	0,564	0,502	0,448	0,399	0,356	0,318	0,283	0,252	0,221	0,179
13. FCD	-	-31.541.330	-2.883.062	-807.380	852.259	2.161.652	3.177.224	2.832.891	2.525.875	2.252.133	2.008.057	1.790.433	1.596.394	1.423.384	1.277.138	1.142.457
14. FCD acumulado	-	-31.541.330	-34.424.393	-35.231.773	-34.379.514	-32.217.861	-29.040.637	-26.207.746	-23.681.871	-21.429.738	-19.421.681	-17.631.249	-16.034.855	-14.611.470	-13.339.333	-12.150.875

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Os resultados obtidos no cenário pessimista demonstram que, sob condições adversas de mercado e operação, o projeto torna-se economicamente inviável, com indicadores negativos que comprometem a viabilidade do investimento.

O Valor Presente Líquido (VPL) de -R\$ 3.348.840,55 indica que, quando consideradas premissas conservadoras como menor demanda de passageiros, tarifas reduzidas e custos operacionais elevados, o empreendimento não consegue gerar valor suficiente para remunerar adequadamente o capital investido. Este resultado negativo demonstra que o investimento não supera o custo de capital, destruindo valor para os acionistas em um cenário adverso.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) de 11%, embora positiva em termos nominais, situa-se abaixo do WACC considerado, configurando insuficiência de rentabilidade para justificar o investimento. Esta taxa inferior ao custo de capital evidencia que, sob premissas pessimistas, o

projeto não atende aos requisitos mínimos de atratividade, considerando as incertezas inerentes a um mercado emergente como o de Mobilidade Aérea Urbana.

O Payback Descontado não ocorre dentro do horizonte de projeção de 15 anos, o que significa que o investimento não se recuperaria ao longo da vida útil considerada para o empreendimento. Esta impossibilidade de recuperação do capital investido representa o indicador mais crítico da inviabilidade do projeto sob condições adversas.

Conclui-se que o modelo de operação regular não apresenta viabilidade econômica no cenário pessimista, evidenciando alta sensibilidade do projeto a variações adversas nas premissas operacionais. Os resultados reforçam que a concretização do empreendimento depende fundamentalmente de condições de mercado pelo menos próximas ao cenário base, sendo fundamental que a demanda, as tarifas e os custos operacionais não se materializem em níveis tão desfavoráveis quanto os projetados neste cenário.

Tabela 13 - Indicadores Pessimistas Terreno Próprio/Táxi Aéreo

Análise – Operação Regular Pessimista	
Indicador	Resultado
Valor Presente Líquido (VPL)	-R\$ 3.348.840,55
Taxa Interna de Retorno (TIR)	11%
Payback Descontado	Não ocorre

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

6.2.2.2. Cenário otimista

Figura 17 - Modelo FCD Otimista Terreno Próprio/Táxi Aéreo

Cenário Otimista															
Ano de referência	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Receita Bruta Pico	-	18.040.450	18.040.450	18.040.450	18.040.450	18.040.450	18.040.450	18.040.450	18.040.450	18.040.450	18.040.450	18.040.450	18.040.450	18.040.450	18.040.450
Fator de Ramp-Up	-	50%	80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1. Receita Ajustada	-	9.020.225	14.432.360	18.040.450	18.040.450	18.040.450	18.040.450	18.040.450	18.040.450	18.040.450	18.040.450	18.040.450	18.040.450	18.040.450	18.040.450
2. OPEX	-	-8.770.634	-8.770.634	-8.770.634	-8.770.634	-8.770.634	-8.770.634	-8.770.634	-8.770.634	-8.770.634	-8.770.634	-8.770.634	-8.770.634	-8.770.634	-8.770.634
3. EBITDA	-	240.591	5.661.726	9.269.816	9.269.816	9.269.816	9.269.816	9.269.816	9.269.816	9.269.816	9.269.816	9.269.816	9.269.816	9.269.816	9.269.816
4. Depreciação	-	-1.906.817	-1.906.817	-1.906.817	-1.906.817	-1.906.817	-1.906.817	-1.906.817	-1.906.817	-1.906.817	-1.906.817	-1.906.817	-1.906.817	-1.906.817	-1.906.817
5. EBIT (LAJIR)	-	-1.657.226	3.754.909	7.362.999	7.362.999	7.362.999	7.362.999	7.362.999	7.362.999	7.362.999	7.362.999	7.362.999	7.362.999	7.362.999	7.362.999
6. Imposto (34%)	-	563.457	-1.276.669	-2.503.420	-2.503.420	-2.503.420	-2.503.420	-2.503.420	-2.503.420	-2.503.420	-2.503.420	-2.503.420	-2.503.420	-2.503.420	-2.503.420
7. NOPAT	-	-1.093.769	2.478.240	4.859.579	4.859.579	4.859.579	4.859.579	4.859.579	4.859.579	4.859.579	4.859.579	4.859.579	4.859.579	4.859.579	4.859.579
8. (+) Depreciação	-	1.906.817	1.906.817	1.906.817	1.906.817	1.906.817	1.906.817	1.906.817	1.906.817	1.906.817	1.906.817	1.906.817	1.906.817	1.906.817	1.906.817
9. (-) CAPEX	-	-27.240.240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10. FCLP	-	-27.240.240	813.048	4.385.057	6.766.396	6.766.396	6.766.396	6.766.396	6.766.396	6.766.396	6.766.396	6.766.396	6.766.396	4.859.579	5.758.507
11. Valor Terminal	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64.788.382,77
12. FCLP Total	-	-27.240.240	813.048	4.385.057	6.766.396	6.766.396	6.766.396	6.766.396	6.766.396	6.766.396	6.766.396	6.766.396	6.766.396	4.859.579	5.758.507
Fator de Desconto	1	0,892	0,795	0,709	0,632	0,564	0,502	0,448	0,399	0,356	0,318	0,283	0,252	0,225	0,201
13. FCD	-	-27.240.240	724.933	3.489.096	4.796.269	4.276.472	3.813.007	3.399.771	3.031.319	2.702.769	2.409.882	2.148.710	1.915.843	1.708.213	1.093.869
14. FCD acumulado	-	-27.240.240	-26.515.307	-23.029.211	-18.232.942	-13.956.470	-10.143.463	-6.743.692	-3.712.372	-1.009.573	1.400.309	3.549.019	5.464.862	7.173.074	8.266.943

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

O cenário otimista para a operação de táxi aéreo demonstra potencial moderado de retorno do investimento em vertiportos quando as condições de mercado se mostram favoráveis, embora com resultados menos expressivos que o modelo de operação regular.

O Valor Presente Líquido (VPL) de R\$ 10.272.745,51, embora positivo, representa um incremento limitado em relação ao cenário base, evidenciando menor sensibilidade deste modelo operacional a variações favoráveis nas premissas. Este valor, consideravelmente

inferior ao cenário otimista da operação regular, confirma a capacidade do empreendimento de gerar valor aos stakeholders, porém em magnitude mais modesta.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) de 18%, embora tecnicamente atrativa, posiciona-se em patamar intermediário para o setor de infraestrutura aeroportuária. Esta rentabilidade moderada reflete as limitações inerentes ao modelo de táxi aéreo, com menor intensidade de utilização da infraestrutura e, conseqüentemente, menor potencial de captura de valor, mesmo em um mercado emergente de mobilidade aérea urbana.

O Payback Descontado de 8,4 anos representa uma recuperação em prazo relativamente extenso do capital investido, próximo aos limites superiores aceitáveis para investimentos desta natureza. Este período mais alongado reduz a atratividade do projeto sob a perspectiva de liquidez e recuperação de capital.

Conclui-se que, sob condições otimistas, o modelo de operação de táxi aéreo demonstra viabilidade, porém com retornos modestos que oferecem margem de segurança limitada. Os indicadores sugerem que este modelo operacional, embora viável, apresenta menor atratividade relativa e requer materialização efetiva das premissas favoráveis para justificar plenamente os investimentos necessários no contexto da mobilidade urbana futura.

Tabela 14 - Indicadores Otimistas Terreno Próprio/Táxi Aéreo

Análise - Operação Regular Otimista	
Indicador	Resultado
Valor Presente Líquido (VPL)	R\$ 10.272.745,51
Taxa Interna de Retorno (TIR)	18%
Payback Descontado	8,4

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

6.2.3. Modelo de operações híbridas

Como alternativa aos modelos operacionais puros anteriormente analisados, desenvolveu-se uma hipótese de operação híbrida que contempla simultaneamente operações regulares e operações de táxi aéreo. Para simular este modelo, foram criados 9 cenários distintos que variam em incrementos de 10% a representatividade de cada tipo de operação, abrangendo desde 90% de operações regulares com 10% de táxi aéreo (R90/T10) até 10% de operações regulares com 90% de táxi aéreo (R10/T90). Cada um desses 9 cenários foi aplicado às três

perspectivas de resultados – pessimista, mais provável e otimista –, totalizando 27 combinações distintas. Os indicadores financeiros resultantes foram consolidados na Figura 18.

Figura 18 - Indicadores Cenários dos Modelos Híbridos

	Pessimista			Mais provável			Otimista		
	VPL	TIR	PAYBACK	VPL	TIR	PAYBACK	VPL	TIR	PAYBACK
R90/T10	R\$ 9.701.524,06	15%	14,4	R\$ 11.790.356,17	17%	9,2	R\$ 22.745.631,47	23%	6,4
R80/T20	R\$ 8.251.483,55	14%	14,4	R\$ 10.612.643,50	17%	9,4	R\$ 21.359.755,25	22%	6,6
R70/T30	R\$ 6.801.443,03	14%	14,5	R\$ 9.434.930,83	16%	9,7	R\$ 19.973.879,03	22%	6,7
R60/T40	R\$ 5.351.402,52	14%	14,6	R\$ 8.257.218,16	16%	10,0	R\$ 18.588.002,82	21%	6,9
R50/T50	R\$ 3.901.362,01	13%	14,7	R\$ 7.079.505,49	15%	10,4	R\$ 17.202.126,60	21%	7,1
R40/T60	R\$ 2.451.321,50	13%	14,8	R\$ 5.901.792,83	15%	10,8	R\$ 15.816.250,38	20%	7,3
R30/T70	R\$ 1.001.280,98	12%	14,9	R\$ 4.724.080,16	14%	11,3	R\$ 14.430.374,16	20%	7,5
R20/T80	-R\$ 448.759,53	12%	#REF!	R\$ 3.546.367,49	14%	11,8	R\$ 13.044.497,94	19%	7,8
R10/T90	-R\$ 1.898.800,04	12%	#REF!	R\$ 2.368.654,82	13%	12,6	R\$ 11.658.621,73	19%	8,1

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Vantagens Estratégicas do Modelo Híbrido:

Apesar da superioridade financeira das configurações com alta concentração de operações regulares, o modelo híbrido oferece benefícios estratégicos significativos que justificam sua consideração:

- **Diversificação de Públicos e Receitas:** O modelo híbrido permite atender a segmentos de mercado distintos simultaneamente. As operações regulares atendem empresas e passageiros com necessidade de deslocamentos frequentes e programados, enquanto o táxi aéreo captura demanda eventual, executivos em viagens pontuais e usuários que valorizam máxima flexibilidade. Esta diversificação de públicos reduz a dependência de um único segmento e amplia o potencial de mercado do vertiporto.
- **Resiliência a Mudanças de Cenário:** O mercado de Mobilidade Aérea Urbana (UAM) encontra-se em estágio inicial e sujeito a evoluções regulatórias, tecnológicas e de preferências dos consumidores. Um modelo híbrido oferece flexibilidade para adaptar-se a mudanças: caso o mercado de táxi aéreo se desenvolva mais rapidamente que o esperado ou se torne mais lucrativo com economias de escala e inovações tecnológicas, a infraestrutura já estará preparada para capturar essa oportunidade sem necessidade de reestruturação operacional significativa.
- **Mitigação de Riscos Operacionais:** A diversificação entre modelos operacionais protege o empreendimento contra choques específicos de cada segmento. Interrupções nas rotas regulares (por questões regulatórias, falência de operadoras ou mudanças de demanda corporativa) podem ser parcialmente compensadas pelo táxi aéreo, e vice-versa. Esta redundância operacional aumenta a resiliência do negócio.

- **Maior Utilização da Infraestrutura:** Operações híbridas permitem otimizar o uso da infraestrutura em diferentes horários e períodos. Enquanto operações regulares tendem a concentrar-se em horários comerciais e dias úteis, o táxi aéreo pode preencher janelas ociosas em finais de semana, feriados e horários alternativos, maximizando a taxa de ocupação do vertiporto.
- **Posicionamento Competitivo:** A capacidade de oferecer ambos os modelos operacionais diferenciam o vertiporto competitivamente, tornando-o mais atrativo para operadoras aéreas que buscam flexibilidade em sua estratégia de rede e para investidores que valorizam modelos de negócio adaptáveis.

Conclusões sobre o Modelo Híbrido:

Os resultados consolidados demonstram que o modelo de operações híbridas oferece um equilíbrio entre desempenho financeiro e flexibilidade estratégica. Embora configurações com predominância de operações regulares (acima de 60%) apresentem indicadores consistentemente superiores e maior robustez financeira, a inclusão de operações de táxi aéreo em proporção complementar (entre 10% e 40%) adiciona benefícios estratégicos relevantes sem comprometer significativamente a viabilidade do empreendimento.

Configurações intermediárias, particularmente entre R70/T30 e R80/T20, emergem como alternativas equilibradas que combinam sólido desempenho financeiro com os benefícios de diversificação e flexibilidade. Estas configurações mantêm VPL atrativo (acima de R\$ 8 milhões no cenário mais provável), TIR confortavelmente superior ao WACC e Payback em prazos aceitáveis, ao mesmo tempo em que permitem capturar oportunidades em ambos os segmentos de mercado.

Esta análise reforça o indicativo que a estratégia operacional ideal para o vertiporto deve priorizar a atração de operações regulares como base do modelo de negócio, utilizando o táxi aéreo como complemento estratégico que adiciona resiliência, diversificação e capacidade de adaptação às dinâmicas evolutivas do mercado de mobilidade aérea urbana.

7. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo central avaliar a viabilidade econômico-financeira da implantação e operação de vertiportos no Brasil, infraestrutura essencial para a consolidação da Mobilidade Aérea Urbana (UAM) no país. A partir de uma análise detalhada dos custos de implantação (CAPEX), custos operacionais (OPEX) e projeções de receitas, foi possível construir um modelo financeiro robusto que permitiu calcular indicadores fundamentais de viabilidade econômica.

Os resultados obtidos demonstram que, sob as premissas estabelecidas e considerando o modelo de concessão proposto, a operação de vertiportos apresenta viabilidade econômica no cenário brasileiro. Os indicadores financeiros calculados – Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e período de Payback – sinalizam que o investimento em infraestrutura de vertiportos pode ser atrativo para investidores privados e administradoras aeroportuárias, desde que observadas condições específicas de demanda, tarifação e eficiência operacional.

7.1. Síntese dos Principais Achados

Custos de Implantação (CAPEX):

A análise detalhada dos custos de implantação revelou que os principais componentes do CAPEX incluem a construção da infraestrutura física (FATOs, terminais de passageiros, stands de recarga), sistemas de segurança e controle, instalações elétricas de alta capacidade e sistemas de gestão integrada. O investimento inicial estimado posiciona os vertiportos como empreendimentos de médio a grande porte, comparáveis em escala a terminais aeroportuários regionais, porém com requisitos tecnológicos mais avançados devido à natureza inovadora das operações eVTOL.

Custos Operacionais (OPEX):

Os custos operacionais identificados demonstraram que a manutenção de um vertiporto exige recursos substanciais, principalmente em áreas como gestão de tráfego aéreo, manutenção de equipamentos de recarga elétrica, segurança operacional e pessoal especializado. A integração com sistemas de UTM (Urban Traffic Management) representa um custo operacional relevante, porém essencial para garantir a segurança das operações em ambiente urbano denso.

Estrutura de Receitas:

O modelo de receitas proposto demonstrou que a diversificação de fontes é fundamental para a sustentabilidade financeira. As principais fontes identificadas incluem tarifas de pouso e

decolagem, receitas comerciais de terminais e potenciais receitas acessórias. A análise revelou que o equilíbrio entre volume de operações e tarifação adequada é crítico para alcançar o ponto de equilíbrio operacional.

Indicadores de Viabilidade:

Os indicadores calculados demonstraram que, considerando as premissas estabelecidas de crescimento da demanda e eficiência operacional, o projeto apresenta VPL positivo, TIR superior ao custo de capital (WACC) e período de Payback compatível com investimentos de infraestrutura aeroportuária. Esses resultados validam a viabilidade econômica do modelo, embora destaquem a necessidade de um horizonte de planejamento de longo prazo e gestão rigorosa dos riscos operacionais e regulatórios.

7.2. Contribuições do Estudo

Este trabalho contribui para o campo emergente da Mobilidade Aérea Urbana ao focar em um aspecto crítico, porém ainda subexplorado na literatura: a viabilidade econômica da infraestrutura terrestre. Como complemento aos estudos que se concentram no desenvolvimento e certificação das aeronaves eVTOL, este trabalho preenche uma lacuna importante ao demonstrar que a viabilidade do ecossistema UAM depende fundamentalmente da sustentabilidade econômica dos vertiportos.

Do ponto de vista prático, o estudo oferece uma ferramenta de análise para tomadores de decisão no setor. Investidores privados, administradoras aeroportuárias e autoridades públicas podem utilizar a metodologia proposta e os parâmetros identificados como referência para avaliar a viabilidade de projetos específicos. A transparência na decomposição dos custos e na estruturação do modelo financeiro permite adaptações para diferentes contextos urbanos e escalas de operação.

7.3. Limitações do Estudo

Como todo modelo de projeção financeira de longo prazo, este estudo está sujeito a limitações que devem ser reconhecidas. Primeiramente, as projeções de demanda baseiam-se em estimativas de crescimento do mercado de UAM que, por sua natureza pioneira, carregam incertezas significativas. A taxa de adoção das aeronaves eVTOL pelo público e pelas empresas operadoras pode variar substancialmente em relação às projeções utilizadas.

Segundo o estudo assume um cenário regulatório estável e favorável à implementação da UAM. Mudanças significativas na regulamentação, seja em nível de certificação de

aeronaves, requisitos de infraestrutura ou restrições operacionais urbanas, podem impactar materialmente a viabilidade do modelo proposto. O arcabouço regulatório brasileiro para UAM ainda está em desenvolvimento, e eventuais requisitos mais restritivos podem elevar custos operacionais ou limitar a capacidade operacional dos vertiportos.

Terceiro, as estimativas de custos baseiam-se em benchmarks da indústria aeroportuária tradicional e em estudos internacionais sobre vertiportos, uma vez que não existem ainda dados operacionais consolidados de vertiportos em operação comercial. Variações nos custos reais de construção, manutenção ou energia elétrica podem afetar significativamente os resultados financeiros.

7.4. Considerações Finais

A Mobilidade Aérea Urbana representa uma das inovações mais promissoras para enfrentar os desafios de mobilidade das grandes metrópoles no século XXI. A tecnologia dos eVTOLs está amadurecendo rapidamente, os órgãos reguladores estão estabelecendo as bases normativas necessárias, e o interesse do mercado está consolidado. No entanto, como este estudo demonstrou, a viabilização deste novo modal depende fundamentalmente da construção de um ecossistema econômico sustentável que comece pela infraestrutura terrestre.

Os vertiportos, longe de serem meros helipontos modernizados, são instalações complexas que exigem investimentos significativos, operação especializada e integração sofisticada com sistemas de gestão de tráfego aéreo e com a malha de transportes urbanos existente. Este trabalho demonstrou que, apesar da complexidade e dos custos envolvidos, a operação de vertiportos pode ser economicamente viável no contexto brasileiro, abrindo caminho para que investidores privados e o poder público estruturem modelos de concessão atrativos e sustentáveis.

O sucesso da implementação da UAM no Brasil dependerá da coordenação entre múltiplos atores: fabricantes de aeronaves, operadores aéreos, administradoras de vertiportos, autoridades regulatórias, governos locais e a sociedade civil. A viabilidade econômica demonstrada neste estudo é um passo necessário, mas não suficiente. É fundamental que o desenvolvimento da infraestrutura seja acompanhado de políticas públicas que assegurem segurança operacional, sustentabilidade ambiental e equidade no acesso a este novo modal.

A transição para cidades mais inteligentes, sustentáveis e eficientes passa pela capacidade de inovar nos sistemas de mobilidade. A UAM, ao utilizar o espaço aéreo urbano de forma responsável e sustentável, pode contribuir significativamente para reduzir congestionamentos, emissões de poluentes e tempos de deslocamento, melhorando a qualidade

de vida urbana. Os vertiportos, como elos críticos desta cadeia, precisam ser reconhecidos como infraestrutura estratégica e receber o planejamento, investimento e atenção regulatória adequados.

Este estudo espera ter contribuído para iluminar um dos principais desafios na construção do futuro da mobilidade urbana no Brasil: a viabilidade econômica da infraestrutura de suporte à aviação elétrica urbana. Com indicadores financeiros favoráveis, modelo de negócios estruturado e crescente interesse do mercado, os vertiportos podem em breve se tornar uma realidade nas principais cidades brasileiras, desde que haja coordenação efetiva entre os setores público e privado e compromisso com o desenvolvimento sustentável e inclusivo desta nova fronteira da mobilidade urbana.

REFERÊNCIAS

ONU-HABITAT. **Relatório Mundial das Cidades 2022: Envisaging the Future of Cities**. Nairobi: Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos, 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/188520-onu-habitat-população-mundial-será-68-urbana-até-2050>. Acesso em: 08 dez. 2025.

HABITABILITY. **Congestionamentos impactam negativamente o PIB**. 5 dez. 2023. Disponível em: <https://habitability.com.br/congestionamentos-tem-impacto-economico-negativo-bilionarios-para-o-pais/>. Acesso em: 08 dez. 2025.

IEMA - INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE. **Entenda as emissões de gases de efeito estufa nos setores de energia e de processos industriais no Brasil em 2023**. São Paulo: IEMA, 13 nov. 2024. Disponível em: <https://energiaeambiente.org.br/entenda-as-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-nos-setores-de-energia-e-de-processos-industriais-no-brasil-em-2023-20241113>. Acesso em: 08 dez. 2025.

AGÊNCIA DA UNIÃO EUROPEIA PARA A SEGURANÇA DA AVIAÇÃO (EASA). **Prototype Technical Design Specifications for Vertiports (PTS-VPT-DSN)**. Colônia: EASA, 2022. Disponível em: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/general-publications/prototype-technical-design-specifications-vertiports>. Acesso em: 08 dez. 2025.

FAA - FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Engineering Brief No. 105A: Vertiport Design, Supplemental Guidance to Advisory Circular 150/5390-2D, Heliport Design**. Washington, DC: U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 27 dez. 2024. Disponível em: https://www.faa.gov/airports/engineering/engineering_briefs/eb_105a_vertiports. Acesso em: 08 dez. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 154: Projeto de Aeródromos. Emenda 08**. Brasília: ANAC, 2024. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-154>. Acesso em: 08 dez. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 155: Helipontos. Emenda 01**. Brasília: ANAC, 2024. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-155>. Acesso em: 08 dez. 2025.

BRASIL. Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995. **Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 195 da Constituição**

Federal, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 fev. 1995. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18987cons.htm. Acesso em: 4 dez. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Concessões de aeroportos.** Brasília: ANAC, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/concessoes>. Acesso em: 4 dez. 2025.

AENA BRASIL. Tarifas aeroportuárias. São Paulo: Aena Brasil, 2024. Disponível em: <https://www.aenabrasil.com.br/pt/corporativo/tarifas.html>. Acesso em: 8 dez. 2024.

BRASIL. Lei nº 9.249, de 26 de dezembro de 1995. **Altera a legislação do imposto de renda das pessoas jurídicas, bem como da contribuição social sobre o lucro líquido, e dá outras providências.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 27 dez. 1995. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19249.htm. Acesso em: 08 dez. 2025.

BRASIL. Lei nº 7.689, de 15 de dezembro de 1988. **Institui contribuição social sobre o lucro das pessoas jurídicas e dá outras providências.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 dez. 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7689.htm. Acesso em: 08 dez. 2025.

BRASIL. Secretaria da Receita Federal. **Instrução Normativa RFB nº 1.700, de 14 de março de 2017. Anexo III - Taxas anuais de depreciação.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 mar. 2017. Disponível em: <https://www.normaslegais.com.br/legislacao/anexoIII-in-rfb-1700-2017.htm>. Acesso em: 08 dez. 2025.

BRASIL. Ministério da Fazenda. **Nova sistemática de meta para a inflação.** Brasília: Ministério da Fazenda, 26 jun. 2024. Disponível em: https://www.gov.br/fazenda/pt-br/canais_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/2024/junho/nova-sistematica-de-meta-para-a-inflacao-1. Acesso em: 08 dez. 2025.

BORGES, Luiz Ferreira Xavier. **Project finance para a indústria da construção civil: estruturação de financiamento.** Revista do BNDES, Rio de Janeiro, v. 7, n. 14, p. 107-124, dez. 2000. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/13419/2/RB%2014%20Project%20Finance%20para%20a%20Ind%C3%BAstria_Estrutura%C3%A7%C3%A3o%20de%20Financiament%20o_P_BD.pdf. Acesso em: 08 dez. 2025.

DAMODARAN, Aswath. **Country Default Spreads and Risk Premiums.** New York: Stern School of Business, 2024. Disponível em: <https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>. Acesso em: 08 dez. 2025.

ASSAF NETO, Alexandre. *Finanças Corporativas e Valor*. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

AEROIN. **Mais de R\$ 3 bilhões foram investidos no Aeroporto Internacional de Guarulhos desde 2016**. [S. l.], 30 abr. 2024. Disponível em: <https://aeroin.net/mais-de-r-3-bilhoes-foram-investidos-no-aeroporto-internacional-de-guarulhos-desde-2016/>. Acesso em: 20 nov. 2025.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL; IBGE. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI**. Brasília: Caixa Econômica Federal; Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 20 nov. 2025.

UNITED STATES. **Energy Information Administration. CBECS 2012: water consumption in large buildings summary**. Washington, DC: EIA, 2012. Disponível em: <https://www.eia.gov/consumption/commercial/reports/2012/water/>. Acesso em: 08 dez. 2025.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Comunicado Sabesp nº 2/24: tarifas dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário**. São Paulo: Sabesp, 23 ago. 2024. Disponível em: <https://www.sabesp.com.br/assets/pdf/servicos/para-voce/comunicado-sabesp-2-24.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2025.

EVE URBAN AIR MOBILITY. **Projeto do eVTOL**. [S. l.]: Eve, 2021. 1 imagem. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/conheca-a-eve-a-marca-de-carros-voadores-da-embraer/>. Acesso em: 08 dez. 2025.