

PROPOSTA TÉCNICA E COMERCIAL PARA PROJETO DE SIMULAÇÃO

1 IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO

- **Nome do Projeto:** Otimização da Estratégia de Overbooking para Maximização de Receita Através de Simulação de Eventos Discretos
- **Empresa:** VoaBrasil Linhas Aéreas (fictícia)
- **Equipe Responsável:** Luísa Caetano, Maria Luísa Mendonça, Poliana Sousa e Victor Luís
- **Data de Início Prevista:** 01 de Dezembro de 2025
- **Data de Entrega Prevista:** 30 de Junho de 2026
- **Professor Orientador:** Me. Diego Mello da Silva

2 CONTEXTO E JUSTIFICATIVA

A indústria do transporte aéreo é caracterizada por sua alta competitividade e pela natureza "perecível" de seu produto principal: o assento de uma aeronave, cujo valor se torna nulo após a decolagem do voo. Um dos maiores desafios operacionais para companhias como a VoaBrasil é o balanceamento entre a oferta de assentos e a demanda flutuante.

Atualmente, a empresa enfrenta um dilema financeiro significativo em suas rotas de alta demanda, como São Paulo (Congonhas) – Brasília. Por um lado, a ocorrência de *no-shows* (passageiros que não comparecem ao embarque) e cancelamentos de última hora resulta em voos decolando com assentos vazios, gerando uma perda de receita irrecoverável (custo de *spoilage*). Por outro lado, a tentativa de mitigar essas perdas através do *overbooking* (venda de mais assentos do que a capacidade física da aeronave) acarreta um risco financeiro e de imagem: o *denied boarding*. Quando mais passageiros comparecem do que o esperado, a empresa arca com altos custos de compensação (hospedagem, remarcação em outros voos) e sofre com a perda de reputação e a insatisfação do cliente.

A determinação de um limite ótimo de reservas é complexa devido às incertezas no comportamento dos clientes (chegadas, cancelamentos). Modelos teóricos tradicionais muitas vezes são insuficientes por não conseguirem acomodar de forma flexível todas essas variáveis aleatórias.

Neste contexto, a simulação de eventos discretos surge como uma ferramenta poderosa e de baixo risco. Ela permite criar um modelo computacional do processo de reservas da VoaBrasil, que acomoda as aleatoriedades do sistema, como padrões de chegada de clientes e taxas de cancelamento. Através deste modelo, será possível testar diferentes políticas de overbooking e quantificar o impacto financeiro de cada uma,

identificando a estratégia que maximiza a receita líquida, equilibrando os riscos de assentos vazios e de embarques negados.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um modelo de simulação de eventos discretos para analisar e otimizar a política de overbooking da VoaBrasil na rota São Paulo (Congonhas) – Brasília, visando a maximização da receita líquida esperada por voo.

3.2 Objetivos Específicos

- Modelar o processo de chegada de pedidos de reserva, considerando diferentes classes tarifárias e variações ao longo do tempo.
- Incorporar no modelo as probabilidades de cancelamento e a ocorrência de *no-shows*.
- Quantificar financeiramente o *trade-off* entre o custo de *spoilage* (receita perdida com assentos vazios) e os custos de *denied boarding* (compensações a passageiros).
- Testar, por meio de simulação, diferentes cenários de limites de booking (níveis de overbooking).
- Prover uma recomendação de política de overbooking baseada em dados que otimize o resultado financeiro da operação.

4 ESCOPO DO PROJETO

4.1 Inclusões

- **Processo:** A simulação abrangerá o ciclo de vida das reservas de um único voo, desde a abertura para vendas até o momento da decolagem.
- **Foco:** O projeto se concentrará na rota de alta demanda São Paulo (Congonhas - SBSP) – Brasília (SBBR), que, segundo o Anuário Estatístico de Tráfego Aéreo de 2024, é uma das mais movimentadas do país.
- **Variáveis do Modelo:** O modelo incluirá como entradas:
 - Padrões de chegada aleatória de passageiros.
 - Probabilidades de cancelamento e *no-show*.
 - Diferentes classes tarifárias (com receitas distintas).
 - Capacidade da aeronave (ex: A320, B738).
 - **Variável de Controle:** O limite de *booking* (nível de overbooking) será a

principal variável a ser testada.

- **Análise:** A análise se dará sobre a receita líquida, calculada como: (Receita de bilhetes) + (Multas de cancelamento) - (Custos de compensação por *denied boarding*).

4.2 Exclusões

- O modelo não fará a otimização de preços (*pricing*) ou da malha aérea (problemas de rede); estes serão considerados dados de entrada.
- Não serão simulados eventos externos disruptivos, como condições meteorológicas adversas, greves ou falhas técnicas de aeronaves.
- A análise se restringirá a problemas de um único trecho (*single-leg*), sem considerar os efeitos de conexão em múltiplos voos.

4.3 Restrições, Premissas e Fonte de Dados

Para a construção de um modelo de simulação robusto, é fundamental definir as fronteiras do estudo e as suposições que o viabilizam.

4.3.1 Restrições do Projeto

A principal restrição deste projeto é a natureza confidencial dos dados operacionais das companhias aéreas. As políticas de *Revenue Management* (gerenciamento de receita), as taxas internas de *no-show*, os custos de compensação por preterição de embarque (*denied boarding*) e as estratégias de precificação são informações competitivas e estratégicas, não sendo, portanto, divulgadas publicamente pelas empresas. Devido a essa barreira de acesso a dados primários, a análise não será realizada sobre uma empresa real.

4.3.2 Premissas Metodológicas

Para superar a restrição de dados e viabilizar o estudo, as seguintes premissas serão adotadas:

1. **Empresa Fictícia:** O projeto utilizará como cliente a "VoaBrasil Linhas Aéreas", uma empresa fictícia cujas características operacionais (frota, rotas) simularão as de uma grande companhia atuante no mercado brasileiro.
2. **Modelagem do Comportamento:** Assume-se que os padrões de comportamento dos passageiros, como o processo de chegada de pedidos de reserva, as taxas de cancelamento e as probabilidades de *no-show*, podem ser adequadamente modelados e representados por distribuições de probabilidade estatísticas.
3. **Validade dos Dados Acadêmicos:** Assume-se que os parâmetros e

distribuições de probabilidade documentados na literatura acadêmica (como os apresentados nos artigos-base deste projeto) são representativos o suficiente do fenômeno de *overbooking* para permitir uma análise de cenários realista e com validade gerencial.

4.3.3 Fontes de Dados para o Modelo

Dada a impossibilidade de obter dados primários, o modelo de simulação será alimentado por uma abordagem híbrida, utilizando as melhores fontes públicas e acadêmicas disponíveis:

- **Padrões de Chegada e Cancelamento:** Serão adaptados dos modelos estatísticos e processos estocásticos (como o Processo de Poisson Não-Homogêneo) propostos pela literatura de referência em gerenciamento de receita. O estudo de Oliveira & Ferraz (2008), focado no mercado brasileiro, será usado para contextualizar o padrão de chegada das reservas.
- **Dados Operacionais da Rota (SBSP-SBBR):** Para garantir o realismo da simulação, os dados de volume de tráfego, tipos de aeronaves (para definição da capacidade, ex: A320, B738) e horários de pico da rota São Paulo (Congonhas) – Brasília serão extraídos do Anuário Estatístico de Tráfego Aéreo 2024.
- **Demais dados operacionais:** Dados que informam a taxa de cancelamento de voos, estatísticas do Transporte Aéreo, dentre outros, serão extraídos do site do Governo Federal através da ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil).
- **Custos de Preterição (*Denied Boarding*):** Os custos financeiros associados à preterição de passageiros serão estimados com base em regulamentações públicas (quando disponíveis) e nos valores de referência utilizados em análises de viabilidade econômica da literatura, e pesquisa de campo em sites de passagens aéreas.

5 METODOLOGIA DE TRABALHO

Para atingir os objetivos propostos, este projeto de consultoria seguirá as etapas metodológicas clássicas de um estudo de simulação, aplicando a Simulação de Monte Carlo sobre um modelo de Eventos Discretos.

5.1 Definições do Sistema e Coleta de Dados

- **Definição:** O sistema é o processo de reserva de um voo (ex: A320 na rota SBSP-SBBR) desde a abertura das vendas (D-90 dias) até o fechamento do embarque.
- **Coleta de Dados:** Conforme detalhado na Seção 4.3.3, os dados paramétricos (capacidade da aeronave, custos, horários de pico) serão extraídos do Anuário

Estatístico de 2024, da ANAC e da literatura.

5.2 Modelagem Conceitual

- O modelo conceitual será um diagrama de ciclo de atividades que representa a jornada do cliente (reserva, chegada, cancelamento ou *no-show*).
- **Entidades:** Passageiros (divididos por classe tarifária).
- **Recursos:** Assentos da aeronave (capacidade física).
- **Variáveis-Chave:** Taxa de chegada de reservas, taxa de cancelamento, probabilidade de no-show.

5.3 Implementação

O modelo será construído utilizando a linguagem Python, juntamente com a biblioteca SimPy, o qual é um pacote de simulação de eventos discretos de código aberto que auxiliará na construção do modelo. Ao longo do desenvolvimento é possível que novas ferramentas/bibliotecas sejam adicionadas conforme se faça necessário.

5.4 Validação

O processo de validação é de suma importância, pois garante que o modelo construído representa com precisão a realidade modelada e, portanto, fornece resultados confiáveis. Após construído, o modelo é verificado a fim de garantir que sua implementação foi feita da maneira correta, ou seja, que o código funcione conforme o projeto conceitual. Tendo isso feito, a segunda parte da validação diz respeito à comparação dos resultados obtidos pelo modelo com os dados reais (ou dados da literatura). É nessa etapa que se mede de fato a eficácia do modelo construído.

5.5 Análise

Por meio de várias replicações do modelo utilizando diferentes parâmetros (Simulação de Monte Carlo), é possível obter resultados para diferentes cenários, a fim de compará-los, e por meio de testes estatísticos, escolher a melhor alternativa para o problema proposto.

6 ENTREGÁVEIS

Ao final do serviço, serão entregues os seguintes artefatos:

- **E01: Documento de Modelagem Conceitual:** Um relatório detalhado contendo a definição do sistema, o mapeamento do processo, a análise e o tratamento dos dados de entrada (distribuições de probabilidade).
- **E02: Modelo de Simulação Funcional:** O código-fonte completo em Python (com a biblioteca SimPy), comentado e funcional.

- **E03: Relatório Técnico Final:** Documento consolidado com a metodologia, os cenários testados, a análise estatística dos resultados (médias, intervalos de confiança) e a recomendação da política de overbooking ótima.
- **E04: Apresentação Executiva:** Um conjunto de slides resumindo o problema, a solução e os resultados financeiros esperados para a VoaBrasil.

7 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

| ATIVIDADES | DEZ | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Levantamento de Requisitos | | | | | | | |
| Coleta e tratamento de dados | | | | | | | |
| Projeto do software | | | | | | | |
| Implementação | | | | | | | |
| Validação e Análise | | | | | | | |
| Elaboração e entrega do relatório técnico | | | | | | | |

8 EQUIPE E PAPÉIS

A equipe é composta de quatro integrantes sendo eles:

- **Um analista de requisitos:** responsável por mapear as necessidades do cliente, entender o problema e documentar o objetivo final do cliente;
- **Dois desenvolvedores de software:** responsáveis pela construção do software que representará o modelo;
- **Analista estatístico:** responsável por auxiliar na coleta dos dados, e realizar a análise estatística dos dados fornecidos pelo modelo.

9 PROPOSTA COMERCIAL

9.1 Escopo do Serviço

O serviço de consultoria inclui todas as atividades descritas na Seção 5 (Metodologia) e a entrega de todos os artefatos listados na Seção 6 (Entregáveis), dentro do prazo estipulado na Seção 7 (Cronograma).

9.2 Custo Estimado

O custo estimado para a execução do projeto ao longo dos sete meses é calculado com base no custo de pessoal da equipe de 4 (quatro) pessoas, conforme descrito na Seção 8. A este valor é somado um multiplicador (80%) para cobrir despesas operacionais e margem de lucro.

Os valores mensais base por função são:

- **Analista de Requisitos:** R\$ 7.046,45
- **Desenvolvedor de Software:** R\$ 6.691,25 (por desenvolvedor)
- **Analista Estatístico:** R\$ 7.826,60

Considerando o cronograma previsto de 7 meses de execução e a composição da equipe (1 Analista de Requisitos, 2 Desenvolvedores, 1 Analista Estatístico), o investimento total para realização completa do projeto é de **R\$ 356.020,00**.

Importante ressaltar que este valor contempla exclusivamente o escopo descrito na presente proposta.

9.3 Condições de pagamento e entrega

Propomos um modelo de pagamento em 7 (sete) parcelas mensais fixas, com marcos de entrega associados a cada etapa concluída do projeto, conforme a tabela abaixo.

| Mês | Data Prevista (Início) | Marcos de Entrega/Etapa Principal | Valor da Parcela (R\$) |
|-----|------------------------|--|------------------------|
| 1º | Dezembro | Início do Projeto / Levantamento de Requisitos e Coleta de Dados Paramétricos. | 50.860,00 |
| 2º | Janeiro | Tratamento e Modelagem Estatística dos Dados. | 50.860,00 |

| | | | |
|--------------|-----------|---|-----------------------|
| 3º | Fevereiro | Projeto do Software / Modelagem Conceitual Concluída. | 50.860,00 |
| 4º | Março | Implementação do Módulo Base (Estrutura em Python/SimPy). | 50.860,00 |
| 5º | Abril | Implementação Concluída / Verificação do Modelo. | 50.860,00 |
| 6º | Maio | Início da Validação e Análise de Cenários por Simulação. | 50.860,00 |
| 7º | Junho | Entrega do Relatório Técnico Final e Apresentação dos Resultados. | 50.860,00 |
| TOTAL | | | R\$ 356.020,00 |

Os entregáveis serão divididos em duas partes, entregas parciais mensais e entrega final. As entregas parciais serão compostas por relatórios de progresso visando transparência. A entrega final baseia-se no relatório final contendo os seguintes tópicos:

- Descrição do modelo;
- Metodologia aplicada;
- Cenários simulados;
- Análises estatísticas;
- Recomendação de política de overbooking otimizada para a rota SBSP-SBBR

10 CRITÉRIOS DE SUCESSO DO PROJETO

O sucesso do projeto será avaliado em dois níveis, alcance do objetivo geral e validação técnica do modelo.

No nível de sucesso financeiro e gerencial ou, objetivo geral o principal critério para avaliar o sucesso será a capacidade do projeto de quantificar e otimizar o resultado financeiro da operação. Os marcos a serem atingidos são:

- **Maximização da Receita Líquida:** O projeto será bem-sucedido se o modelo de simulação identificar e comprovar a política de *overbooking* que maximiza a receita líquida esperada por voo.
- **Balanceamento de Custos (*Trade-off*):** O sucesso será medido pela eficácia em quantificar o *trade-off* entre o custo de *spoilage* (receita perdida com assentos vazios) e os custos de *denied boarding* (compensações a passageiros). A recomendação final deve provar, via testes estatísticos, ser a melhor alternativa para o problema proposto.
- **Recomendação de Política:** O projeto culmina com o sucesso ao prover uma recomendação de política de *overbooking* baseada em dados que otimize o resultado financeiro da operação.

O sucesso da validação técnica se dá pelos padrões abaixo, visando resultados confiáveis.

- **Verificação do Código:** O sucesso técnico inicial é garantir que a implementação foi feita da maneira correta e que o código do modelo funcione conforme o projeto conceitual (verificação).
- **Validação do Modelo:** O modelo deve ser validado e ter sua eficácia medida na etapa de comparação dos resultados obtidos pela simulação com dados reais ou parâmetros de referência acadêmica (validação).
- **Uso da Simulação de Monte Carlo:** O sucesso metodológico envolve a correta aplicação da Simulação de Monte Carlo sobre um modelo de Eventos Discretos para gerar e comparar resultados de diferentes cenários.

11 APROVAÇÃO

11.1 Tabela de Entregáveis

| Etapa | Entregável | Data Prevista |
|-------|--|---------------|
| E01 | Relatório de Progresso 1: Levantamento de Requisitos e Coleta de Dados Paramétricos. | 31/12/2025 |
| E02 | Relatório de Progresso 2: Tratamento e Modelagem Estatística dos Dados. | 30/01/2026 |
| E03 | Relatório de Progresso 3: Projeto do Software / Modelagem Conceitual Concluída. | 28/02/2026 |
| E04 | Relatório de Progresso 4: Implementação do Módulo Base (Estrutura em Python/SimPy). | 31/03/2026 |

| | | |
|-----|--|------------|
| E05 | Relatório de Progresso 5: Implementação Concluída / Verificação do Modelo. | 30/04/2026 |
| E06 | Relatório de Progresso 6: Início da Validação e Análise de Cenários por Simulação. | 31/05/2026 |
| E07 | Relatório Técnico Final e Apresentação dos Resultados | 30/06/2026 |

11.2 Tabela de Cronograma

| Semana | Atividade | Responsável |
|-----------------------------|---|---------------|
| Dezembro Semanas 1-4 | Início do Projeto / Levantamento de Requisitos e Coleta de Dados Paramétricos | Toda a Equipe |
| Janeiro Semanas 1-4 | Tratamento e Modelagem Estatística dos Dados | Toda a Equipe |
| Fevereiro Semanas 1-4 | Projeto do Software / Modelagem Conceitual Concluída | Toda a Equipe |
| Março Semanas 1-4 | Implementação do Módulo Base (Estrutura em Python/SimPy). | Toda a Equipe |
| Abril Semanas 1-4 | Implementação Concluída / Verificação do Modelo. | Toda a Equipe |
| Maio Semanas 1-4 | Início da Validação e Análise de Cenários por Simulação. | Toda a Equipe |
| Junho Semanas 1-4 | Entrega do Relatório Técnico Final e Apresentação dos Resultados. | Toda a Equipe |

11.3 Tabela de Equipe

| Nome | Função | Responsabilidades |
|------|--------|-------------------|
|------|--------|-------------------|

| | | |
|----------------------|---|---|
| Luísa Caetano | Gerente de Projeto e Analista de Requisitos | Mapear as necessidades do cliente (fictício), entender o problema, documentar o objetivo, gerenciar o cronograma e consolidar o relatório final. |
| Maria Luísa Mendonça | Analista Estatístico | Coletar e tratar os dados (Anuário, ANAC, artigos), definir as distribuições de probabilidade e realizar a análise estatística dos resultados da simulação. |
| Poliana Sousa | Desenvolvedora de Software | Construção (codificação) do software em Python/SimPy que representará o modelo. |
| Victor Luís | Desenvolvedor de Software e QA | Implementação do modelo, verificação do código (garantir que o código corresponde ao modelo conceitual) e validação dos resultados. |

11.4 Tabela de Custos Estimados

| Item Descrição | Total |
|--|-----------------------|
| Levantamento de Requisitos e Coleta de Dados Paramétricos | R\$ 50.860,00 |
| Tratamento e Modelagem Estatística dos Dados | R\$ 50.860,00 |
| Projeto do Software / Modelagem Conceitual Concluída | R\$ 50.860,00 |
| Implementação do Módulo Base (Estrutura em Python/SimPy) | R\$ 50.860,00 |
| Implementação Concluída / Verificação do Modelo | R\$ 50.860,00 |
| Início da Validação e Análise de Cenários por Simulação | R\$ 50.860,00 |
| Entrega do Relatório Técnico Final e Apresentação dos Resultados | R\$ 50.860,00 |
| Total | R\$ 356.020,00 |