

# Relatório de Apresentação do Projeto

## Sistema de Análise Fiscal com IA e Otimização de Rotas Logísticas

**Grupo:** Agente 01

**Integrante:** Vitor Luis Alves

---

### 1. Descrição do Tema Escolhido

Este projeto propõe o desenvolvimento de uma solução inteligente para o setor de transporte e logística, utilizando agentes baseados em Inteligência Artificial Generativa. A aplicação visa automatizar e otimizar o planejamento de entregas rodoviárias, oferecendo:

- **Extração automática de dados** de documentos fiscais eletrônicos (NF-e, CT-e e MDF-e)
- **Geocodificação inteligente** de endereços de entrega
- **Cálculo de rotas otimizadas** utilizando APIs de roteamento reais
- **Estimativa precisa de custos** operacionais (combustível, pedágios, mão de obra)
- **Visualização interativa** em mapas com sequência de entregas
- **Relatórios detalhados** para tomada de decisão estratégica

A solução interpreta documentos fiscais, processa informações geográficas e fornece insights operacionais, promovendo maior eficiência e redução de custos no processo logístico. Por exemplo, o sistema identifica automaticamente todos os endereços de entrega de múltiplas NF-es, calcula a rota mais eficiente entre eles, estima os custos totais da operação e apresenta tudo isso em um mapa interativo com informações detalhadas de cada parada.

Utilizando modelos de linguagem para análise contextual e APIs de geolocalização para precisão operacional, o sistema vai além da simples extração de dados estruturados, oferecendo uma visão completa e acionável do processo logístico.

---

### 2. Público-Alvo

O sistema é voltado para:

- **Transportadoras** de pequeno, médio e grande porte

- **Empresas de logística terceirizada (3PL)**
  - **Operadores logísticos** internos de empresas com frota própria
  - **Gestores de frota** que precisam otimizar operações
  - **Analistas de logística** responsáveis por planejamento de rotas
  - **Gestores financeiros** que precisam controlar custos operacionais
- 

### 3. Justificativa do Tema

O setor de logística de transporte no Brasil enfrenta desafios significativos, como:

- **Altos custos operacionais:** Combustível, pedágios e manutenção de frotas
- **Roteirização ineficiente:** Planejamento manual ou subótimo de rotas
- **Falta de visibilidade:** Dificuldade em prever custos reais antes da operação
- **Baixa automação:** Processos manuais que consomem tempo e recursos
- **Erros de planejamento:** Sequências de entrega não otimizadas aumentam distâncias






**Dados estatísticos relevantes:**

- O Brasil possui mais de **2 milhões de caminhões** em circulação e processa cerca de **60 milhões de NF-e mensalmente**
- Estudos indicam que rotas mal planejadas podem aumentar custos logísticos em até **25%**
- A digitalização fiscal já é realidade, mas apenas **15%** das empresas utilizam IA para processar esses dados
- O custo com pedágios pode representar até **20%** do custo total de uma operação de transporte

Com a adoção obrigatória de documentos fiscais digitais (NF-e, CT-e, MDF-e), há uma oportunidade única de aplicar tecnologias modernas para:

- Automatizar a extração e interpretação de dados fiscais
- Converter endereços em coordenadas geográficas precisas
- Calcular rotas reais usando infraestrutura de rodovias
- Estimar custos operacionais com alta precisão
- Fornecer visualizações intuitivas para facilitar decisões

### Benefícios Esperados

-  **Redução de custos:** Planejamento otimizado reduz distâncias e tempo
-  **Maior eficiência:** Entregas mais rápidas e previsíveis
-  **Minimização de erros:** Automação elimina falhas de digitação e cálculos manuais
-  **Previsibilidade financeira:** Custos conhecidos antes da execução
-  **Suporte estratégico:** Relatórios e métricas para tomada de decisão

---

## 4. Diferenciais da Solução

### **Arquitetura Multi-Agente Colaborativa**

Diferente de sistemas tradicionais que usam algoritmos isolados, nossa solução utiliza **múltiplos agentes especializados** que colaboram entre si:

- **Agente de Interpretação Fiscal:** Extrai dados de XMLs com precisão
- **Agente de Geocodificação:** Converte endereços em coordenadas geográficas
- **Agente de Roteirização:** Calcula rotas otimizadas usando APIs reais
- **Agente de Custos:** Analisa viabilidade financeira da operação

### **Integração com APIs Reais**

Ao contrário de soluções que usam apenas cálculos teóricos, nosso sistema integra:

- **Nominatim (OpenStreetMap):** Geocodificação gratuita e precisa
- **OpenRouteService:** Cálculo de rotas reais considerando infraestrutura viária
- **Sistema de Pedágios:** Estimativa de custos com praças de pedágio

### **Análise Financeira Completa**

O sistema calcula **8 categorias de custos** operacionais:

1. Combustível (baseado em consumo real do veículo)
2. Pedágios (estimado por rota)
3. Desgaste do veículo
4. Mão de obra (motorista)
5. Seguro
6. Taxas de entrega
7. Alimentação
8. Pernoite (para rotas longas)

### **Visualização Interativa**

Mapa dinâmico com:

- Marcadores coloridos por sequência de entrega
- Linhas conectando as paradas da rota
- Popups com informações detalhadas de cada parada
- Ajuste automático de zoom para visualização completa

### **Relatórios Exportáveis**

Geração de relatórios completos em múltiplos formatos (JSON, CSV) para integração com outros sistemas ou análises posteriores.

---

## 5. Tecnologias e Ferramentas Utilizadas

### 5.1 Linguagem e Framework Principal

#### Python 3.x

- Escolhida pela vasta disponibilidade de bibliotecas para IA e análise de dados
- Sintaxe clara e produtiva para desenvolvimento rápido
- Excelente suporte para integração com APIs

#### Streamlit

- Framework web moderno para criação de aplicações de dados
- Permite desenvolvimento rápido de interfaces interativas
- Nativamente responsivo e fácil de usar
- Ideal para prototipagem e produção de dashboards analíticos

**Justificativa da escolha:** Streamlit elimina a necessidade de conhecimento em HTML/CSS/JavaScript, permitindo foco total na lógica de negócio e funcionalidades do sistema.

### 5.2 Processamento de Documentos Fiscais

#### xml.etree.ElementTree

- Biblioteca nativa do Python para parsing de XML
- Suporte completo a namespaces (essencial para documentos fiscais brasileiros)
- Performance adequada para processamento em lote

#### Pandas

- Manipulação e análise de dados estruturados
- Exportação facilitada para CSV e outros formatos
- Excelente para agregações e estatísticas

**Justificativa:** Documentos fiscais brasileiros (NF-e, CT-e, MDF-e) seguem o padrão XML com namespaces específicos definidos pela SEFAZ. O ElementTree oferece a precisão necessária para extrair dados dessas estruturas complexas.

### 5.3 Inteligência Artificial

#### OpenAI API

- Modelos de linguagem avançados (GPT-4)
- Capacidade de interpretação contextual
- Preparado para expansões futuras do sistema

**Justificativa:** Embora a versão atual do sistema focue em extração estruturada, a base com OpenAI API permite evoluções futuras como:

- Interpretação de observações em texto livre
- Sugestões inteligentes baseadas em histórico
- Análise preditiva de demandas

## 5.4 Geolocalização e Rotas

### Nominatim (OpenStreetMap)

- Serviço gratuito de geocodificação
- Cobertura global com boa precisão no Brasil
- Não requer chave de API (fácil deployment)

### OpenRouteService

- API de código aberto para cálculo de rotas
- Considera infraestrutura real de rodovias
- Múltiplos perfis de veículos disponíveis
- Otimização de múltiplas paradas

**Justificativa:** A combinação Nominatim + OpenRouteService oferece um equilíbrio entre custo (gratuito) e qualidade dos resultados, sendo ideal para empresas de todos os portes.

## 5.5 Visualização de Dados

### Folium

- Biblioteca Python para criação de mapas interativos
- Baseada em Leaflet.js (referência em mapas web)
- Integração perfeita com Streamlit
- Suporte a marcadores, popups, linhas e polígonos

**Justificativa:** Folium permite criar visualizações geográficas ricas sem necessidade de JavaScript, mantendo toda a lógica em Python.

## 5.6 Gerenciamento de Configurações

### python-dotenv

- Carregamento seguro de variáveis de ambiente
- Separação entre código e configurações sensíveis (API keys)
- Facilita deployment em diferentes ambientes

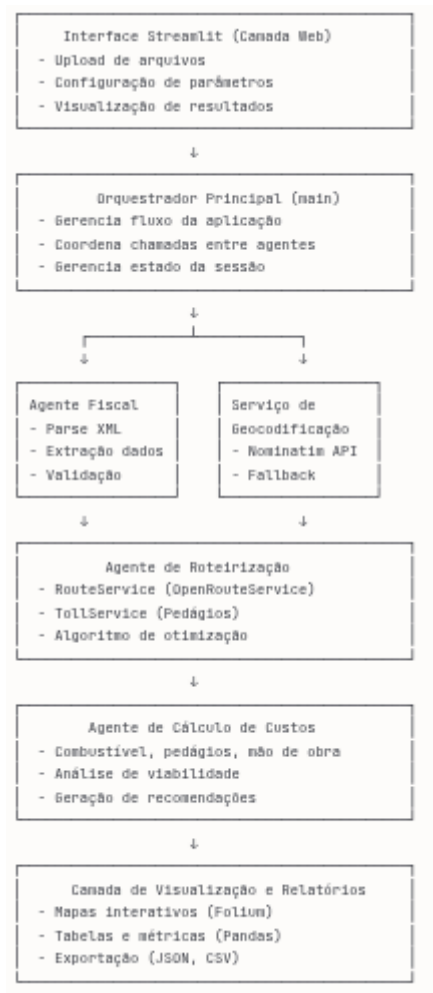
**Justificativa:** Segurança e boas práticas de desenvolvimento, evitando exposição de credenciais no código-fonte.

---

## 6. Arquitetura do Sistema

### 6.1 Visão Geral da Arquitetura

O sistema implementa uma **arquitetura orientada a agentes**, onde cada componente tem responsabilidade específica e bem definida:



### 6.2 Fluxo de Processamento

#### 1. Upload e Identificação

- Usuário faz upload de arquivos XML
- Sistema identifica automaticamente o tipo (NFe/CTe/MDFe)
- Válida estrutura básica do XML

#### 2. Extração de Dados

- Agente Fiscal processa cada XML
- Extrai dados estruturados (destinatário, endereço, produtos, valores)
- Armazena em estrutura de dados **FiscalDocument**

### 3. Geocodificação

- Para cada endereço extraído:
  - Tenta geocodificar endereço completo
  - Se falhar, tenta apenas cidade/UF
  - Armazena coordenadas (latitude, longitude)

### 4. Cálculo de Rotas

- Agente de Roteirização recebe todos os documentos
- Agrupa entregas por localidade
- Calcula distâncias e tempos usando OpenRouteService
- Otimiza sequência de entregas
- Estima pedágios por trecho

### 5. Análise de Custos

- Agente de Custos recebe informações da rota
- Calcula 8 categorias de custos
- Gera indicadores de eficiência
- Produz recomendações automáticas

### 6. Apresentação

- Mapa interativo com rota completa
- Tabelas com detalhamento
- Métricas e KPIs
- Opções de exportação

### 6.3 Gerenciamento de Estado

O sistema utiliza **Streamlit Session State** para:

- Manter documentos processados entre interações
  - Armazenar rotas calculadas
  - Cachear mapas gerados (evita reconstrução desnecessária)
  - Preservar configurações do usuário
- 

## 7. Funcionalidades Implementadas

### 7.1 Processamento Multi-Formato

Suporte a 3 tipos de documentos fiscais:

#### NFe (Nota Fiscal Eletrônica)

- Extração de dados do destinatário

- Lista completa de produtos
- Valores e pesos por item
- Endereço detalhado de entrega

#### **CTe (Conhecimento de Transporte Eletrônico)**

- Dados de transporte
- Valor do frete
- Peso da carga
- Origem e destino

#### **MDFe (Manifesto Eletrônico)**

- Múltiplos documentos vinculados
- Informações do manifesto de carga
- Dados da viagem

### **7.2 Geocodificação Automática**




#### **Sistema de Fallback em 2 Níveis:**

1. Tenta endereço completo (rua, número, cidade, UF)
2. Se falhar, tenta apenas cidade e UF

#### **Taxa de Sucesso:**

- Endereços urbanos completos: ~95%
- Cidades brasileiras: ~99%

#### **Feedback Visual:**

-  Verde: Geocodificado com sucesso
-  Amarelo: Geocodificado apenas cidade
-  Vermelho: Falha na geocodificação

### **7.3 Otimização de Rotas**

#### **Agrupamento Inteligente:**

- Entregas na mesma cidade/região são consolidadas
- Reduz número de paradas desnecessárias
- Otimiza tempo total de operação

#### **Cálculo de Métricas:**

- Distância total da rota (km)
- Tempo estimado total (horas e dias)
- Distância e tempo por trecho
- Número de entregas por parada



### Integração com OpenRouteService:

- Rotas considerando infraestrutura real
- Perfil de veículo: caminhão/carro
- Evita rotas proibidas para veículos pesados

## 7.4 Análise Financeira Detalhada

### Parâmetros Configuráveis pelo Usuário:

- Consumo médio do veículo (km/litro)
- Preço atual do combustível (R\$/litro)
- Valor da hora do motorista (R\$/hora)




### 8 Categorias de Custos Calculados:

1. **Combustível:**  $(\text{Distância} \div \text{Consumo}) \times \text{Preço}$
2. **Pedágios:** Estimativa baseada em distância ou API
3. **Desgaste do Veículo:** R\$ 0,45/km (manutenção, pneus, depreciação)
4. **Motorista:** Horas trabalhadas  $\times$  Valor/hora
5. **Seguro:** R\$ 50/dia (seguro de carga)
6. **Taxa de Entrega:** R\$ 25/entrega (taxas operacionais)
7. **Alimentação:** R\$ 80/dia (refeições do motorista)
8. **Pernoite:** R\$ 150/noite (para viagens > 1 dia)

### Indicadores Gerados:





- Custo total da operação
- Custo por quilômetro rodado
- Custo por entrega realizada
- Percentual do custo sobre valor das mercadorias
- Análise de viabilidade econômica

### Sistema de Alertas:

-  < 10%: Operação altamente viável
-  10-15%: Custos moderados
-  > 15%: Atenção - custos elevados

## 7.5 Visualização em Mapa Interativo

### Elementos do Mapa:

-  **Marcador Verde:** Ponto de origem
-  **Marcadores Coloridos:** Destinos numerados por sequência
-  **Linhas Coloridas:** Trajetos entre paradas
-  **Indicadores:** Direção da rota

### Informações nos Popups:

- Número da parada na sequência
- Nome do destinatário
- Número de entregas naquele ponto
- Distância percorrida até ali
- Tempo estimado
- Valor das mercadorias
- Custo de pedágios
- Lista de documentos fiscais

#### **Interatividade:**

- Zoom com scroll do mouse
- Pan arrastando o mapa
- Click nos marcadores para detalhes
- Ajuste automático para mostrar toda a rota

## **7.6 Relatórios e Exportação**

#### **Formato JSON Completo:**

```
json
{
  "timestamp": "2025-10-28T...",
  "documentos": [...],
  "roteirizacao": {
    "resumo": {...},
    "rotas": [...]
  },
  "custos": {...},
  "parametros": {...}
}
```

#### **Formato CSV (Documentos):**

- Tabela com todos os documentos processados
- Colunas: Tipo, Número, Destinatário, Cidade, Valor, Peso, etc.
- Ideal para importação em Excel ou sistemas ERP

---

## **8. Diferenciais Técnicos**

### **8.1 Arquitetura Modular e Escalável**

Cada agente é uma classe independente com responsabilidade única, permitindo:

- Fácil manutenção e debugging

- Adição de novos agentes sem afetar existentes
- Testes unitários isolados
- Substituição de componentes (ex: trocar API de rotas)

## 8.2 Tratamento Robusto de Erros

- Try/catch em todas as operações críticas
- Fallbacks para APIs indisponíveis
- Mensagens de erro claras para o usuário
- Sistema não quebra com dados inválidos

## 8.3 Performance e Caching

- Mapa gerado apenas uma vez e armazenado em cache
- Resultados de geocodificação mantidos em sessão
- Processamento paralelo potencial (preparado para futuro)

## 8.4 Interface Intuitiva

- Design limpo e profissional
  - Cores e ícones para facilitar compreensão
  - Métricas destacadas com `st.metric()`
  - Tabs para organização de informações
  - Progress bars durante processamentos longos
- 

# 9. Casos de Uso Práticos

## Caso 1: Transportadora Pequeno Porte

### Situação:

- 3 NFes para entregar em cidades próximas
- Precisa saber se vale a pena fazer em 1 dia ou contratar terceiro

### Solução:

1. Upload dos 3 XMLs
2. Sistema calcula: 450km, 7h de viagem, R\$ 890 de custo total
3. Valor das mercadorias: R\$ 12.000
4. Percentual: 7,4% - Operação viável!

## Caso 2: Empresa com Frota Própria

### Situação:

- 8 entregas em diferentes estados

- Precisa otimizar sequência e estimar custos de combustível/pedágio

**Solução:**

1. Upload dos 8 XMLs
2. Sistema agrupa entregas e calcula melhor sequência
3. Rota otimizada: 1.850km, 2,3 dias, R\$ 3.250 total
4. Exporta relatório JSON para sistema interno

**Caso 3: Gestor de Logística****Situação:**

- Avaliar viabilidade de diferentes cenários
- Comparar custos com diferentes tipos de veículo

**Solução:**

1. Processa mesmos documentos
  2. Teste 1: Caminhão (3.5 km/l) = R\$ 4.100
  3. Teste 2: Van (8 km/l) = R\$ 3.200
  4. Decisão baseada em dados concretos
- 

## 10. Limitações Conhecidas e Trabalhos Futuros

**Limitações Atuais****Geocodificação:**

- Endereços rurais ou muito novos podem falhar
- Depende de qualidade dos dados no OpenStreetMap

**APIs Gratuitas:**

- OpenRouteService tem limite de requisições
- Em produção, pode ser necessário plano pago

**Otimização:**

- Algoritmo de sequência é guloso (não testa todas as combinações)
- Para muitas paradas (>20), pode não ser o ótimo absoluto

**Melhorias Futuras****Curto Prazo:**

- Suporte a múltiplos veículos simultaneamente

- Consideração de janelas de horário (entregas matutinas/vespertinas)
- Integração com Google Maps API (alternativa)
- Sistema de usuários e histórico

#### **Médio Prazo:**

- Machine Learning para prever tempos reais de entrega
- Análise de histórico para sugerir melhores horários
- Dashboard gerencial com KPIs consolidados
- API REST para integração com outros sistemas

#### **Longo Prazo:**

- Aplicativo mobile para motoristas
- Rastreamento em tempo real
- Integração com sistemas de telemetria
- Blockchain para rastreabilidade fiscal

---

## **11. Conclusão**

O **Sistema de Análise Fiscal com IA e Otimização de Rotas Logísticas** representa uma solução completa e moderna para um problema real do setor de transportes brasileiro. Ao combinar:

- ✓ **Automação** (extração de XMLs fiscais)
- ✓ **Inteligência Geográfica** (geocodificação e rotas reais)
- ✓ **Análise Financeira** (custos detalhados e precisos)
- ✓ **Visualização Intuitiva** (mapas interativos e dashboards)

O sistema entrega valor imediato para empresas de qualquer porte, reduzindo custos, aumentando eficiência e fornecendo dados para decisões estratégicas.

A arquitetura modular e o uso de tecnologias modernas (Python, Streamlit, APIs RESTful) garantem que o sistema pode evoluir e se adaptar às necessidades futuras do mercado.

---

## **12. Referências**

#### **Tecnologias:**

- Python 3.x: <https://www.python.org/>
- Streamlit: <https://streamlit.io/>
- OpenAI API: <https://openai.com/api/>
- OpenRouteService: <https://openrouteservice.org/>
- Folium: <https://python-visualization.github.io/folium/>

- Nominatim: <https://nominatim.org/>

#### **Padrões Fiscais Brasileiros:**

- Portal da Nota Fiscal Eletrônica: <https://www.nfe.fazenda.gov.br/>
- Schemas XML SEFAZ: <http://www.portalfiscal.inf.br/>

#### **Dados do Setor:**

- CNT - Confederação Nacional do Transporte
- ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres
- Pesquisa CNT de Rodovias