

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação

Plataforma de IA para enfrentamento de desastres climáticos: RAG e busca semântica para apoio à população e geração de informações estratégicas

Fabiana Scupino Ribeiro

Monografia - MBA em Inteligência Artificial e Big Data

SERVIÇO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO ICMC-USP

Data de Depósito:

Assinatura: _____

Fabiana Scupino Ribeiro

Plataforma de IA para enfrentamento de desastres climáticos: RAG e busca semântica para apoio à população e geração de informações estratégicas

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências de Computação do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo - ICMC/USP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Especialista em Inteligência Artificial e Big Data.

Área de concentração: Inteligência Artificial

Orientador: Prof. Dr. Caetano Mazzoni Ranieri

Versão original

São Carlos

2025

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Achille Bassi
e Seção Técnica de Informática, ICMC/USP,
com os dados inseridos pelo(a) autor(a)

S484p Scupino Ribeiro, Fabiana
Plataforma de IA para enfrentamento de desastres
climáticos: RAG e busca semântica para apoio à
população e geração de informações estratégicas /
Fabiana Scupino Ribeiro; orientador Caetano Mazzoni
Ranieri. -- São Carlos, 2025.
114 p.

Dissertação (Mestrado - MBA em Inteligência
Artificial e Big Data) -- Instituto de Ciências
Matemáticas e de Computação, Universidade de São
Paulo, 2025.

1. Desastres climáticos – Resposta e recuperação. 2. Apoio à decisão – Coleta de dados estratégicos. 3. Recuperação de informação – Busca semântica. 4. Arquitetura de sistemas – Recuperação aumentada por busca (RAG). 5. Segmentação de documentos – Geração de perguntas frequentes (FAQ). I. Mazzoni Ranieri, Caetano, orient. II. Título.

Fabiana Scupino Ribeiro

AI platform for climate disaster response: RAG and semantic search for population support and strategic information generation

Monograph presented to the Departamento de Ciências de Computação do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo - ICMC/USP, as part of the requirements for obtaining the title of Specialist in Artificial Intelligence and Big Data.

Concentration area: Artificial Intelligence

Advisor: Prof. Dr. Caetano Mazzoni Ranieri

Original version

São Carlos

2025

Este trabalho é dedicado aos alunos da USP, como uma contribuição das Bibliotecas do Campus USP de São Carlos para o desenvolvimento e disseminação da pesquisa científica da Universidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, aos meus pais, por todo amor, pelo apoio incondicional e pelos valores que sempre me transmitiram, que me guiaram nesta caminhada e ao meu irmão, pela presença constante e pelas palavras de incentivo, que tantas vezes me fortaleceram.

Ao meu marido, companheiro de todas as horas, pela paciência, compreensão e incentivo diário, e à minha filha, razão da minha maior inspiração, que me motiva a acreditar em um futuro melhor e mais humano.

Expresso minha gratidão ao professor Ricardo Marcacini, que com generosidade compartilhou seu conhecimento e me apoiou nos aspectos técnicos deste trabalho, tornando possível transformar ideias e linhas de código em resultados concretos.

Ao meu orientador, Caetano M. Ranieri, agradeço pela sabedoria por me conduzir a manter um escopo viável para este trabalho, pela orientação, no momento oportuno, para interromper o aperfeiçoamento do código e priorizar a escrita, e pelos valiosos *insights* que contribuíram para que eu apresentasse minha solução com mais clareza e embasamento.

Registro também meu agradecimento à Angélica Pinheiro, que sobreviveu às enchentes do Rio Grande do Sul de 2024 e, com coragem, superou a dor para reviver comigo suas experiências. Sua disponibilidade em compartilhar vivências reais foi essencial para que eu pudesse compreender, de forma mais ampla, humana e sensível, as necessidades das vítimas de desastres.

Não poderia deixar de agradecer à Turma 4 deste MBA, composta por pessoas incríveis, vindas de diferentes áreas e com diferentes trajetória. Cada troca, ideia compartilhada e incentivo recebido enriqueceram meu conhecimento, ampliaram minha visão e me apoiaram a seguir em frente nesta jornada.

Também é relevante reconhecer o papel de ferramentas tecnológicas no aprimoramento deste documento (ChatGPT e Gemini). Tais recursos foram empregados exclusivamente como suporte. A integridade e a autoria intelectual do conteúdo permanecem inalteradas e são de responsabilidade exclusiva da autora.

Por fim, estendo minha homenagem a todas as vítimas dos desastres climáticos no Brasil e no mundo. Suas histórias, muitas vezes marcadas por perdas irreparáveis, são também testemunhos de coragem e resistência. Que este trabalho possa ser, ainda que de forma singela, uma semente de esperança, contribuindo para que a dor se transforme em aprendizado, a vulnerabilidade em resiliência e a memória em inspiração para que outras vidas sejam salvas.

“Sou incapaz de ser uma mera espectadora da dor humana. Cada existência importa e carrega um mundo insubstituível dentro de si. Que cada lágrima derramada por vítimas de desastres climáticos e outras tragédias se transforme em força, consciência e ação, para que a memória da dor inspire a construção de um futuro mais justo, humano e resiliente.”

Fabiana Scupino Ribeiro

RESUMO

Ribeiro, F.S. **Plataforma de IA para enfrentamento de desastres climáticos: RAG e busca semântica para apoio à população e geração de informações estratégicas.** 2025. 114 p. Monografia (MBA em Inteligência Artificial e Big Data) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2025.

Os desastres climáticos estão se tornando mais frequentes e severos a cada ano e ainda persistem duas lacunas centrais: os cidadãos seguem sem acesso rápido a informações confiáveis, atualizadas e acionáveis, e as instituições permanecem sem dados estratégicos, atualizados e verificáveis para a tomada de decisão. Este trabalho apresenta um modelo de negócio e um Produto Mínimo Viável (PMV) de plataforma de IA para as fases de resposta e recuperação a desastres, capaz de reduzir a assimetria informacional, acelerar a tomada de decisão e construir uma base contínua de dados para a resiliência comunitária e institucional. A plataforma integra fontes institucionais e comunitárias, fornece orientações claras ao cidadão por meio de um assistente virtual e realiza, sob demanda, a coleta e a transformação de dados estruturados em informações estratégicas, apoiando instituições clientes na tomada de decisão baseada em evidências. O modelo de negócio descreve o mercado nacional e internacional, segmentos de clientes, proposta de valor, parcerias e canais, estratégia de captação e retenção de clientes, estruturas operacionais e de custos, incluindo necessidades de investimento e uma análise SWOT (forças, fraquezas, oportunidades e ameaças) do projeto. Do ponto de vista tecnológico, a solução emprega a arquitetura *Retrieval-Augmented Generation* (RAG), gera perguntas frequentes (FAQs) utilizando o conceito de persona, como alternativa ao *chunking* tradicional, realiza busca semântica com *embeddings* e utiliza uma *Large Language Model* (LLM) para pós-filtragem e geração de respostas. O estudo detalha o desenho da solução, o pipeline de ingestão e de indexação de dados e a orquestração dos componentes de *Retrieval-Augmented Generation* (RAG), de armazenamento vetorial (Elasticsearch) e de serviços de dados. O PMV foi testado em um cenário hipotético de enchente na cidade de Curitiba, a partir de consultas típicas da população afetada e de demandas recorrentes de informação das instituições envolvidas. Avaliaram-se a precisão e a completude das respostas, atingindo 89,27% de precisão e 87,16% de completude. O objetivo foi demonstrar que a solução é viável, tem demanda e apresenta potencial para fortalecer a resiliência comunitária e empoderar instituições, permitindo personalizações que ajustem a cada contexto regional (idioma, expressões, recursos e realidades), no Brasil e no exterior.

Palavras-chave: desastres climáticos; climate tech; inteligência artificial; retrieval-augmented generation; busca semântica; LLM; coleta de dados.

ABSTRACT

Ribeiro, F.S. **AI platform for climate disaster response: RAG and semantic search for population support and strategic information generation** . 2025. 114 p. Monograph (MBA in Artificial Intelligence and Big Data) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2025.

Climate disasters are becoming more frequent and severe each year, and two central gaps persist: citizens still lack rapid access to reliable, up-to-date, and actionable information, and institutions remain without strategic, current, and verifiable data for decision-making. This work presents a business model and a Minimum Viable Product (MVP) of an AI platform for the response and recovery phases of climate disasters, capable of reducing information asymmetry, accelerating decision-making, and building a continuous database for community and institutional resilience. The platform integrates institutional and community sources, provides clear guidance to citizens through a virtual assistant, and, on demand, collects and transforms structured data into strategic information, supporting client institutions in evidence-based decision-making. The business model describes the national and international markets, customer segments, value proposition, partnerships and channels, client acquisition and retention strategies, operational and cost structures, including investment needs, and a SWOT analysis (strengths, weaknesses, opportunities, and threats) of the project. From a technological standpoint, the solution employs a Retrieval-Augmented Generation (RAG) architecture, generates frequently asked questions (FAQs) using the persona concept as an alternative to traditional chunking, performs semantic search with embeddings, and uses a large language model (LLM) for post-filtering and answer generation. The study details the solution design, the data ingestion and indexing pipeline, and the orchestration of the Retrieval-Augmented Generation (RAG) components, the vector store (Elasticsearch), and the data services. The MVP was tested in a hypothetical flood scenario in the city of Curitiba, based on typical queries from the affected population and recurring information demands from the involved institutions. Precision and completeness of the answers were evaluated, achieving 89.27% precision and 87.16% completeness. The objective was to demonstrate that the solution is feasible, has demand, and has the potential to strengthen community resilience and empower institutions, allowing customizations that adapt it to each regional context (language, expressions, resources, and realities) in Brazil and abroad.

Keywords: climate disasters; climate tech; artificial intelligence; Retrieval-Augmented Generation; semantic search; LLM; data collection.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxo de geração e carga inicial dos dados	33
Figura 2 – Recursos - manutenção periódica dos dados	35
Figura 3 – Fluxo funcional da solução	37
Figura 4 – Arquitetura da funcionalidade Apoio à População	39
Figura 5 – Protótipo de tela	41
Figura 6 – Fluxograma da solução (funcionalidades para clientes)	43
Figura 7 – Tabela de métricas agregadas	46
Figura 8 – Exemplo de similaridade do cosseno	63
Figura 9 – Instituição cliente: Governo do Estado do Paraná	69
Figura 10 – Instituição cliente: Governo do Estado do Rio Grande do Sul	70
Figura 11 – Análise SWOT	95
Figura 12 – Cenários de testes 1 - 3	111
Figura 13 – Cenários de testes 4 - 5	111
Figura 14 – Cenário de teste 6	112
Figura 15 – Cenários de testes 7 - 9	112
Figura 16 – Cenários de testes 10 - 12	112
Figura 17 – Cenários de testes 13 - 15	113
Figura 18 – Cenários de testes 16 - 24	113
Figura 19 – Cenários de testes 26 - 31	114
Figura 20 – Cenários de testes 32 - 33	114
Figura 21 – Cenários de testes com casos nulos	114

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Conceitos-chave da Pragmática aplicados ao desenvolvimento do assistente virtual	50
Tabela 2 – Critérios de avaliação utilizados no <i>benchmarking</i>	85
Tabela 3 – Avaliação da Pesquisa Google com o recurso Alertas de SOS	88
Tabela 4 – Avaliação da iniciativa Facebook Community Help	89
Tabela 5 – Avaliação da iniciativa Dubai Now	91
Tabela 6 – Análise comparativa das iniciativas	93

SUMÁRIO

1	O PROBLEMA	25
2	A INOVAÇÃO	27
3	A SOLUÇÃO	29
3.1	Parte I: Funcionalidades de manutenção dos dados	30
3.1.1	Carga inicial de dados	30
3.1.2	Busca periódica por atualizações de dados	34
3.1.3	Avaliação e seleção dos resultados da busca	34
3.1.4	Atualização dos dados validados	34
3.2	Parte II: Funcionalidades Apoio à população e Coleta de dados	36
3.2.1	Funcionalidade Apoio à população	39
3.2.2	Funcionalidade Coleta de dados	41
3.3	Parte III: Funcionalidades para instituições clientes	42
3.4	PMV - metodologia de testes e resultados	43
3.4.1	Avaliação de resultados	44
3.4.2	Tratamento dos cenários com $RT = 0$.	45
3.4.3	Observação sobre casos com $RT > 0$ e $R = 0$.	45
3.4.4	Apresentação de resultados	45
4	FUNDAMENTOS DOS CONCEITOS DE IA E BIG DATA RELACIONADOS À SOLUÇÃO	47
4.1	1ª Camada (<i>front-end</i>)	48
4.1.1	Definição da <i>persona</i>	49
4.1.2	Utilização do <i>framework</i> Streamlit (f)	51
4.2	2ª Camada (camada de inteligência)	52
4.2.1	<i>Large language models</i> (b)	52
4.2.1.1	Configuração e decisões de parametrização	52
4.2.2	Arquitetura <i>Retrieval-Augmented Generation</i> (RAG) (a)	54
4.2.3	Estratégia de FAQs como base do PMV (h)	54
4.3	3ª Camada (dados e serviços)	56
4.3.1	Base de dados relacional e <i>script</i> SQL (g)	57
4.3.2	Processo de vetorização e indexação de dados (d)	57
4.3.3	Elasticsearch (c)	59
4.3.4	Busca semântica (i)	60
4.3.5	<i>Application Programming Interface</i> (API) (j)	64

4.4	Limitações do PMV e trabalhos futuros	65
5	PANORAMA DE MERCADO, INVESTIMENTOS E RESULTADOS ESPERADOS	67
5.1	Proposta de valor	68
5.2	Clientes	71
5.3	Parcerias e canais de distribuição	71
5.4	Fontes de receita	73
5.4.1	Serviço de implementação	73
5.4.2	Relatórios e análises sob-demanda	74
5.4.3	Fornecimento de dados anonimizados	74
5.5	Estrutura operacional	75
5.6	Estrutura de custos	77
5.7	Estratégia de captação e retenção de clientes	78
5.8	Panorama de mercado	79
5.8.1	Panorama municipal (Curitiba)	79
5.8.2	Lacunas no cenário municipal	80
5.8.3	Panorama estadual (Paraná)	80
5.8.4	Lacunas no cenário estadual	82
5.8.5	Panorama nacional	82
5.8.6	Lacunas do cenário nacional	84
5.8.7	Panorama internacional	85
5.8.7.1	Pesquisa Google e alertas de SOS	87
5.8.7.2	Facebook Community Help	89
5.8.7.3	Dubai Now	90
5.8.7.4	Comparação da solução proposta x cenário internacional	91
5.9	Análise estratégica (SWOT)	94
5.10	Necessidades de investimento e resultados esperados	97
5.10.1	Dados	97
5.10.2	Pessoas	97
5.10.3	Infraestrutura tecnológica	98
5.10.4	Consultorias especializadas	99
5.10.5	Avaliação e validação	99
6	CONCLUSÕES	101
	REFERÊNCIAS	103

APÊNDICES

109

APÊNDICE A – CENÁRIOS E RESULTADOS DOS TESTES . . . 111

1 O PROBLEMA

Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), eventos climáticos extremos têm aumentado em frequência e intensidade nos últimos anos. Reconhecido internacionalmente como a principal autoridade científica do clima, o IPCC destaca no relatório “IPCC Sixth Assessment Report” (AR6) que esse agravamento, incluindo ondas de calor, secas, chuvas intensas e inundações, está fortemente associado às mudanças climáticas de origem antropogênica (NASA, 2024; IPCC, s.d.; IPCC, 2023).

No Brasil, entre 1900 e 2020, cerca de 11,7 milhões de pessoas foram diretamente afetadas por inundações (World Bank, 2021).

A cidade de Curitiba, mesmo sendo reconhecida por seu planejamento urbano e infraestrutura, também figura entre as cidades que contribuíram para esses números. Um exemplo recente ocorreu entre os dias 6 e 9 de dezembro de 2024, quando o Paraná foi atingido por chuvas constantes, que afetaram todas as regiões do estado. Durante esse período, Curitiba registrou 116 quedas de árvores, 227 pontos de alagamento e 12 riscos de desabamento, evidenciando os desafios enfrentados pela população e pela gestão pública, diante de desastres climáticos (Bem Paraná, 2024).

Este trabalho está centrado em dois problemas identificados:

O primeiro é a ausência de uma ferramenta eficiente, capaz de centralizar, atualizar e disponibilizar informações sobre serviços e produtos essenciais para a população, durante e após desastres climáticos. Mesmo em momentos de crise, a população enfrenta dificuldades para acessar dados sobre estes recursos essenciais, sejam eles providos por instituições governamentais ou não governamentais.

Atualmente, essas informações encontram-se dispersas em diversas plataformas, muitas vezes desatualizadas ou de difícil acesso, o que compromete a tomada de decisão rápida, limita o alcance aos auxílios disponíveis e agrava os impactos sociais e econômicos desses eventos extremos.

O segundo problema é a demanda crescente de dados específicos da população, mas de difícil obtenção, como os dados necessários para a gestão de crises climáticas. Exemplos:

- informações que indiquem se a família afetada já deixou a residência e está em local seguro, com amigos ou familiares, ou se ainda precisará recorrer a abrigos disponibilizados pela prefeitura ou pelo governo do estado;
- percepção da população quanto ao aumento da criminalidade nas áreas afetadas, muitas vezes subnotificadas durante a crise.

Os processos atuais de coleta de informação sobre a população afetada por desastres climáticos em Curitiba e no Paraná são realizados principalmente pela Defesa Civil Estadual, por meio do Sistema Informatizado de Defesa Civil (SMSDC), pelo Centro Estadual de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CEGERD) e por meio de parcerias institucionais. Além disso, a cidade de Curitiba conta com a Central 156 (telefone, portal online e aplicativo), que recebe chamados da população, em busca de apoio, mas não especificamente relacionados a desastres climáticos.

Até o momento da elaboração deste trabalho, não se identificou evidência pública de que os canais atualmente disponíveis contam com mecanismos capazes de coletar dados de forma estruturada, contínua, rápida e adaptável às mudanças nas demandas informacionais da população afetada por desastres climáticos (CEGERD, s.d.; Defesa Civil do Paraná, s.d.; Prefeitura de Curitiba, s.d.b). Essas limitações comprometem a precisão e a agilidade na tomada de decisões, reduzindo a capacidade de resposta das instituições envolvidas na gestão dos desastres (CEGERD, s.d.; Defesa Civil do Paraná, s.d.; Prefeitura de Curitiba, s.d.b).

A questão da adaptabilidade é ponto crítico uma vez que, em situações de crise, existem muitas demandas de informação sobre a população afetada e estas demandas mudam de maneira muito dinâmica. Para ilustrar, apresenta-se a seguir um cenário hipotético que demonstra a evolução destas demandas, durante uma enchente em um bairro de Curitiba, ao longo do tempo:

- Dia 1:** a informação mais urgente é identificar quantas famílias precisam de abrigo emergencial imediato;
- Dia 3:** após a estabilização inicial, torna-se prioritário mapear quem está sem acesso à água potável e necessita de fornecimento emergencial;
- Dia 5:** a demanda muda novamente, e passa a ser essencial identificar famílias que precisam de apoio para a retirada de entulhos, desobstrução de ruas ou demolição das casas.

A ausência de uma ferramenta eficiente para apoiar a população durante e após desastres climáticos e de mecanismos capazes de coletar dados de forma estruturada, contínua, rápida e adaptável às mudanças nas demandas informacionais acerca desta população, configuram em conjunto o problema central deste trabalho.

No capítulo seguinte, apresenta-se a proposta desenvolvida para enfrentar essas deficiências e promover uma resposta mais coordenada, ágil e eficaz em situações de desastres climáticos.

2 A INOVAÇÃO

A inovação desta solução está em combinar, de forma integrada, três dimensões fundamentais para apoiar a população em cenários de desastre climático.

A primeira é a centralização do acesso a informações úteis e confiáveis, como links diretos para planos de evacuação ou para plataformas oficiais que monitoram o nível dos rios da região.

A segunda refere-se à possibilidade de o usuário indicar sua necessidade específica, por exemplo, “preciso de roupas de inverno” e receber, de forma simples, direta e atualizada, as informações mais adequadas para atendê-la, independentemente de a instituição provedora ser governamental ou não.

Por fim, a terceira dimensão corresponde à coleta de dados estruturados durante o uso da aplicação, como a indicação de que a residência do usuário foi atingida pela enchente. Essa coleta é dinâmica, ajustando-se às demandas de informação sobre a população afetada, de modo a transformar esses dados em insumos estratégicos e oportunos para instituições públicas e privadas.

Para viabilizar essas dimensões, a proposta combina técnicas consolidadas de Inteligência Artificial, como o *Retrieval-Augmented Generation* (RAG), o uso de *embeddings* e de um modelo de linguagem de larga escala, com ferramentas de gerenciamento de grandes volumes de dados, como o Oracle Autonomous Database e o Elasticsearch. Esse conjunto tecnológico assegura que as funcionalidades centrais possam ser implementadas de forma integrada, acessível e escalável.

Até o momento da elaboração deste trabalho, não foram identificadas soluções, seja no mercado, seja na literatura revisada, no Brasil ou no exterior, que integrem de forma abrangente os elementos aqui propostos. Esta ausência é documentada na produção acadêmica recente. Lei *et al.* (2025) relatam a concentração de estudos e ferramentas na fase de resposta dos desastres e com foco em tarefas isoladas como, por exemplo, a classificação de textos em redes sociais, o que sugere a carência de *frameworks* integrados, como a solução aqui proposta.

Desse modo, pode-se afirmar que, embora existam iniciativas nacionais e internacionais, nenhuma reúne de forma integrada, a centralização e a personalização das informações para a população, a coleta estruturada e dinâmica de dados e que tenha como principal foco a redução dos impactos sociais e econômicos, nas fases de resposta e recuperação do desastre. Essa lacuna é detalhada no capítulo Panorama de Mercado.

3 A SOLUÇÃO

Com uma interface acessível e interativa, essa plataforma visa permitir que a população encontre informações sobre recursos essenciais, como abrigos, água potável, roupas e linhas de crédito para reconstrução, promovendo maior autonomia, ampliando o alcance aos serviços disponíveis e reduzindo os efeitos sociais e econômicos decorrentes de eventos extremos, além de viabilizar a coleta de dados que possam se tornar informações estratégicas para diferentes instituições.

Para tanto, esta solução é composta por três partes interconectadas. São elas:

- **Parte I** — Funcionalidades de Manutenção dos Dados;
- **Parte II** — Funcionalidades de Apoio à População e Coleta de Dados;
- **Parte III** — Funcionalidades para Instituições Clientes.

Antes de detalhar cada uma das partes desta solução, é importante destacar que o escopo deste trabalho está centrado no desenvolvimento de um **Produto Mínimo Viável (PMV)**, com foco na funcionalidade “Apoio à População”, visando demonstrar não apenas a viabilidade técnica da solução, mas também sua inovação e viabilidade como modelo de negócio.

A funcionalidade “Apoio à População” foi escolhida por concentrar o maior número de técnicas e ferramentas distintas, utilizadas na arquitetura da solução. Ainda em relação ao escopo, é importante destacar que o *dataset* utilizado neste PMV é composto exclusivamente por recursos essenciais, considerando o contexto de um cenário de enchente na cidade de Curitiba.

Dessa forma, este documento apresenta tanto os aspectos funcionais quanto os técnicos da funcionalidade contemplada no escopo, além dos fundamentos teóricos associados. As funcionalidades que não fazem parte deste PMV serão abordadas apenas de forma sucinta, com ênfase exclusiva em seus objetivos funcionais.

Os aspectos funcionais e técnicos serão descritos neste capítulo, enquanto os fundamentos teóricos correspondentes serão tratados no capítulo seguinte, intitulado “Fundamentos dos conceitos de IA e Big Data relacionados à solução”.

Para facilitar a compreensão, cada componente da funcionalidade em escopo, que exija conhecimento prévio de conceito ou fundamento, foi identificado por uma letra, a qual foi referenciada no capítulo de fundamentos. Essa estrutura permite ao leitor consultar rapidamente os conceitos teóricos relacionados a cada parte da solução, sempre que necessário.

A seguir, são detalhadas as funcionalidades da solução, mas para uma melhor compreensão das funcionalidades descritas a seguir, é importante antecipar, neste capítulo, dois princípios que orientaram tanto a definição dessas funcionalidades, quanto o modelo de negócio que embasa a oferta desta solução ao mercado (detalhado no capítulo “5. Panorama de mercado, investimentos e resultados esperados”). São eles:

- **Escalabilidade:** a solução será desenvolvida com foco em escalabilidade, permitindo sua adaptação a diferentes tipos de desastres e sua aplicação em diferentes cidades do Brasil e do exterior, o que amplia sua relevância e potencial de impacto social;
- **Prestação de serviços:** a solução não será comercializada como um produto pronto para venda. Em vez disso, o modelo de negócio será sustentado pela oferta de serviços de suporte, implementação e customização da plataforma, conforme as necessidades específicas de cada cliente (instituições públicas, privadas e da sociedade civil, incluindo universidades e centros de pesquisa).

3.1 Parte I: Funcionalidades de manutenção dos dados

Esta parte da solução projetada, destina-se aos administradores, responsáveis pela manutenção dos dados sobre os recursos utilizados para responder às pesquisas, realizadas pelos usuários finais da aplicação. Seu objetivo é assegurar que as informações disponibilizadas estejam sempre atualizadas, confiáveis e adequadas ao contexto de cada desastre. Essa manutenção de dados abrange desde os dados definidos para o perfil do usuário final até os dados das instituições que oferecem recursos essenciais na região afetada ou em risco.

Ressalta-se que, neste documento, o termo “recursos” refere-se a produtos e serviços providos por instituições governamentais e não governamentais, capazes de apoiar a população em cenários de desastre climático.

3.1.1 Carga inicial de dados

No desenvolvimento do PMV, buscou-se inicialmente a existência de um *dataset* estruturado, com os recursos ofertados na cidade de Curitiba, contemplando tanto instituições públicas quanto organizações não governamentais. Como tal base integrada não foi encontrada, tornou-se necessário criar um *dataset* específico, construído a partir de fontes oficiais, em especial o Cadastro Nacional de Entidades de Assistência Social (CNEAS) e a Carta de Serviços da prefeitura de Curitiba (Brasil. Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome, s.d.; Prefeitura de Curitiba, s.d.a).

Além disso, foram utilizadas fontes não oficiais de forma complementar, a fim de compor um portfólio de recursos condizente com as necessidades mais recorrentes, de uma população em um cenário de enchente

A identificação de quais são estas necessidades recorrentes foi realizada por meio de pesquisas na internet (Atkinson, 2024) e por meio de entrevistas com uma pessoa sobrevivente das enchentes, que acometeram o Rio Grande do Sul em 2024.

A escolha desta pessoa ocorreu por meio de um contato pré-existente na rede profissional da autora deste trabalho, tendo sido selecionada pela sua experiência e disponibilidade em compartilhá-la. Trata-se de uma mulher adulta, residente na área urbana da cidade de São Leopoldo, cuja residência foi afetada pela enchente, o que também forneceu insumos relevantes para a definição dos cenários de teste.

O escopo deste PMV foi propositalmente restrito, com foco em validar a arquitetura da solução e sua capacidade de responder a demandas reais, a partir de um caso concreto. Por esta razão, não foi realizada uma amostra ampliada de entrevistas nesta etapa. O recorte no Rio Grande do Sul se justifica pela gravidade e atualidade do desastre ocorrido em 2024 (Atkinson, 2024), que tornou mais relevante a coleta de dados nesse contexto específico.

A seguir são detalhadas as fontes de dados oficiais e não oficiais, utilizadas para compor o portfólio de recursos condizente com as principais demandas identificadas.

A Carta de Serviços da prefeitura de Curitiba, que está disponível no site oficial da administração municipal (Prefeitura de Curitiba, s.d.a). Neste *dataset* foi possível obter a lista de todos os serviços prestados pela prefeitura de Curitiba para a população, bem como os pré-requisitos para o acesso ao serviço, os dados de contato e os horários de atendimento.

O Cadastro Nacional de Entidades de Assistência Social (CNEAS), que é mantido pelo Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome. Este cadastro reúne informações sobre entidades de assistência social, devidamente inscritas no Sistema Único de Assistência Social (SUAS) (Brasil. Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome, s.d.). Neste *dataset* foi possível obter o nome, endereço e e-mail de instituições.

As extrações de dados da Carta de Serviços da prefeitura de Curitiba e do CNEAS ocorreram em 11/12/2024 e 07/04/2025, respectivamente.

Adicionalmente às fontes oficiais, foram utilizadas fontes não oficiais, para complementar dados e gerar dados inexistentes, uma vez que os dados obtidos no CNEAS precisaram ser complementados para que pudessem ser úteis aos usuários da aplicação, uma vez que faltavam informações como: a indicação dos recursos oferecidos pelas entidades, horários de atendimento e pré-requisitos para a população ter acesso a esses recursos. Esses dados complementares foram coletados por diferentes meios, entre 11 de dezembro de 2024 e 11 de agosto de 2025, principalmente por meio de ligações telefônicas, contatos via WhatsApp, e-mails e pesquisas na internet. As instituições cadastradas no CNEAS que

apresentavam lacunas de informação, mas cujas informações complementares não foram encontradas, foram excluídas da base de dados.

Além da necessidade de complementar dados, verificou-se que algumas demandas recorrentes da população em situação de enchente não são atendidas nem por instituições sem fins lucrativos em Curitiba e nem por programas da prefeitura, do governo estadual ou do governo federal. Para possibilitar a validação da solução frente a todas as necessidades mapeadas, em um cenário de enchente, foram incluídos recursos e instituições fictícias, por exemplo uma organização que apoia o serviços de limpeza de residências após enchentes e um banco que ofereça linhas de crédito com juros reduzidos para pessoas físicas, vítimas de desastres em Curitiba.

Com essas informações oficiais e não oficiais, foi construído o *dataset* utilizado neste PMV, composto por 189 instituições e 23 atributos.

Ainda em relação aos dados, é importante destacar que as fontes utilizadas para criar o *dataset* do PMV não abrangem todo o ecossistema de organizações que atuam em Curitiba. Muitas Organizações da Sociedade Civil (OSCs), como associações comunitárias, entidades ambientais, religiosas e de saúde, não estão necessariamente registradas no CNEAS, embora desempenhem papel fundamental nas etapas de mitigação, resposta e recuperação em cenários de crise.

A complementação deste dataset não foi contemplada no escopo do PMV, mas, assim como outras funcionalidades previstas para versões futuras da solução, será desenvolvida posteriormente, incorporando informações provenientes de outras bases nacionais e regionais, tais como:

- **Mapa das Organizações da Sociedade Civil (OSC):** cobre todas as OSCs legalmente registradas no Brasil, com informações de CNPJ, área de atuação e localização, sendo a fonte mais abrangente disponível em nível nacional (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2025).
- **Cadastros estaduais ou municipais de organizações não governamental:** quando disponíveis, permitem identificar entidades locais que podem não estar contempladas nas bases nacionais, mas que desempenham papel essencial em respostas comunitárias.

A Figura 1, apresentada a seguir, descreve o fluxograma da solução, utilizado na geração e carga inicial dos dados.

Fluxo de Geração e Carga Inicial dos Dados

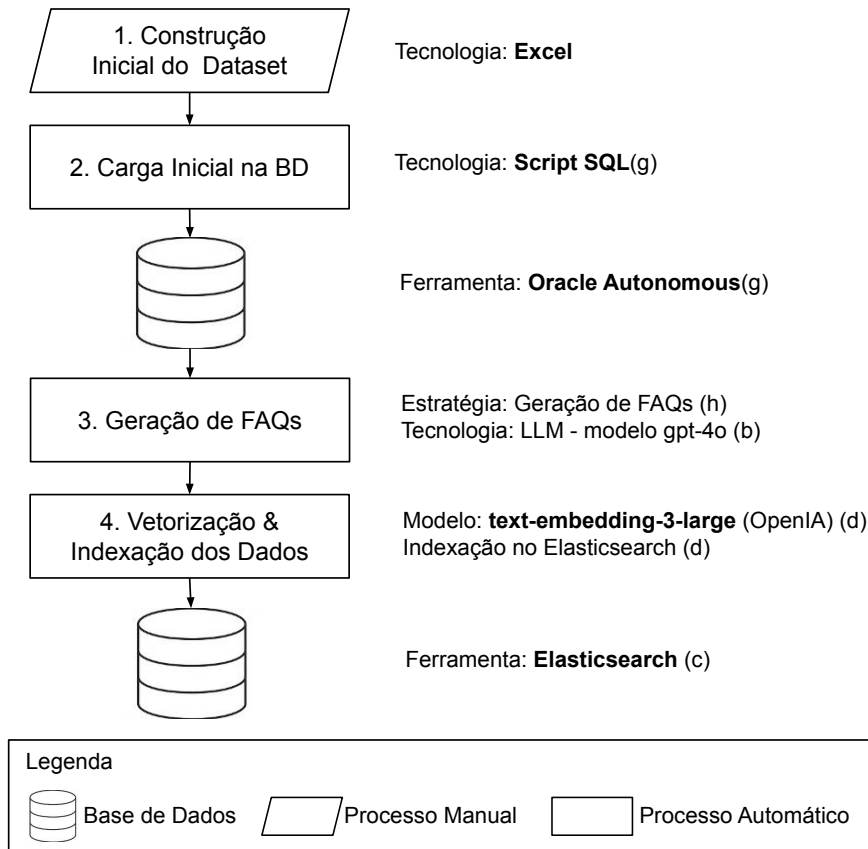


Figura 1 – Fluxo de geração e carga inicial dos dados

A Figura 1 apresenta o pipeline de geração e carga dos dados iniciais. Ele foi utilizado no PMV e também será aplicado em cada novo cenário de desastre climático ou cidade em que a solução venha a ser implementada.

De forma resumida, esse pipeline gera e organiza os dados para uso em uma arquitetura *Retrieval-Augmented Generation* (RAG)(a) (Oche *et al.*, 2025), adotando a estratégia de pares de perguntas e respostas (FAQs)(h), como base para a estruturação e recuperação da informação.

No contexto deste PMV, esses pares assumem a forma de "declarações de necessidade", que simulam a demanda de um usuário final e são acompanhadas por uma resposta que apresenta as informações necessárias para atender a essa demanda.

A primeira etapa deste pipeline consiste na construção do *dataset* inicial em formato tabular, utilizando uma planilha Excel.

Em seguida, realiza-se o carregamento desse *dataset* para a base de dados relacional Oracle Autonomous (g), por meio de *scripts* SQL(g), que garantem a consistência e a integridade dos registros.

Na terceira etapa, realiza-se a geração das declarações de necessidade e respostas (FAQs)(h), por meio de uma linguagem de grande porte (LLM) (IBM, 2023) da OpenIA (modelo gpt-4o)(b) (OpenIA, 2025a). Essa etapa simula diferentes formas de interação do usuário com a plataforma e tem como objetivo enriquecer a base de dados, assegurando que informações relevantes não tenham sua importância diluída dentro de um grande volume de informação.

Na quarta etapa, executa-se a vetorização (processo conhecido na literatura técnica como *embedding* (Oche *et al.*, 2025)) das perguntas geradas com o modelo text-embedding-3-large da OpenAI(d). Esses vetores são armazenados no Elasticsearch(c) (Elastic, 2025a), juntamente com as demais informações das instituições e os recursos por elas providos. Nessa fase, é construído um índice semântico, que organiza os campos de declaração de necessidade, resposta, metadados da instituição (como país, estado e cidade) e o vetor semântico (*embedding*). Esse índice constitui a base da busca semântica(i) da solução, permitindo recuperar, de forma eficiente e contextualizada, as informações mais relevantes a partir das consultas dos usuários.

Esse pipeline garante que a base de dados inicial esteja preparada de forma consistente e enriquecida, otimizando a recuperação semântica e permitindo que a funcionalidade “Apoio à População” entregue respostas relevantes e contextualizadas, desde as primeiras interações do usuário.

3.1.2 Busca periódica por atualizações de dados

A solução projetada possui uma funcionalidade automática, responsável por identificar alterações em recursos já cadastrados e identificar novos recursos, que possam ser úteis à população em situações de emergência.

3.1.3 Avaliação e seleção dos resultados da busca

As atualizações e os novos recursos identificados são apresentados em um painel de controle, com o objetivo de apoiar a revisão humana das recomendações geradas automaticamente. Esta etapa permite maior controle e curadoria sobre o conteúdo a ser disponibilizado aos usuários finais.

3.1.4 Atualização dos dados validados

As informações aprovadas durante a revisão humana são integradas automaticamente à base de dados relacional da solução (Oracle Autonomous)(g), analisadas por uma LLM (b) para geração de FAQs (h), vetorizadas, indexadas e armazenadas na base de dados do Elasticsearch(c), garantindo disponibilidade e compatibilidade com as funcionalidades de busca inteligente.

A seguir, a Figura 2 apresenta o pipeline de manutenção periódica dos dados, responsável por garantir que a base de instituições e recursos permaneça atualizada e relevante ao longo do tempo.

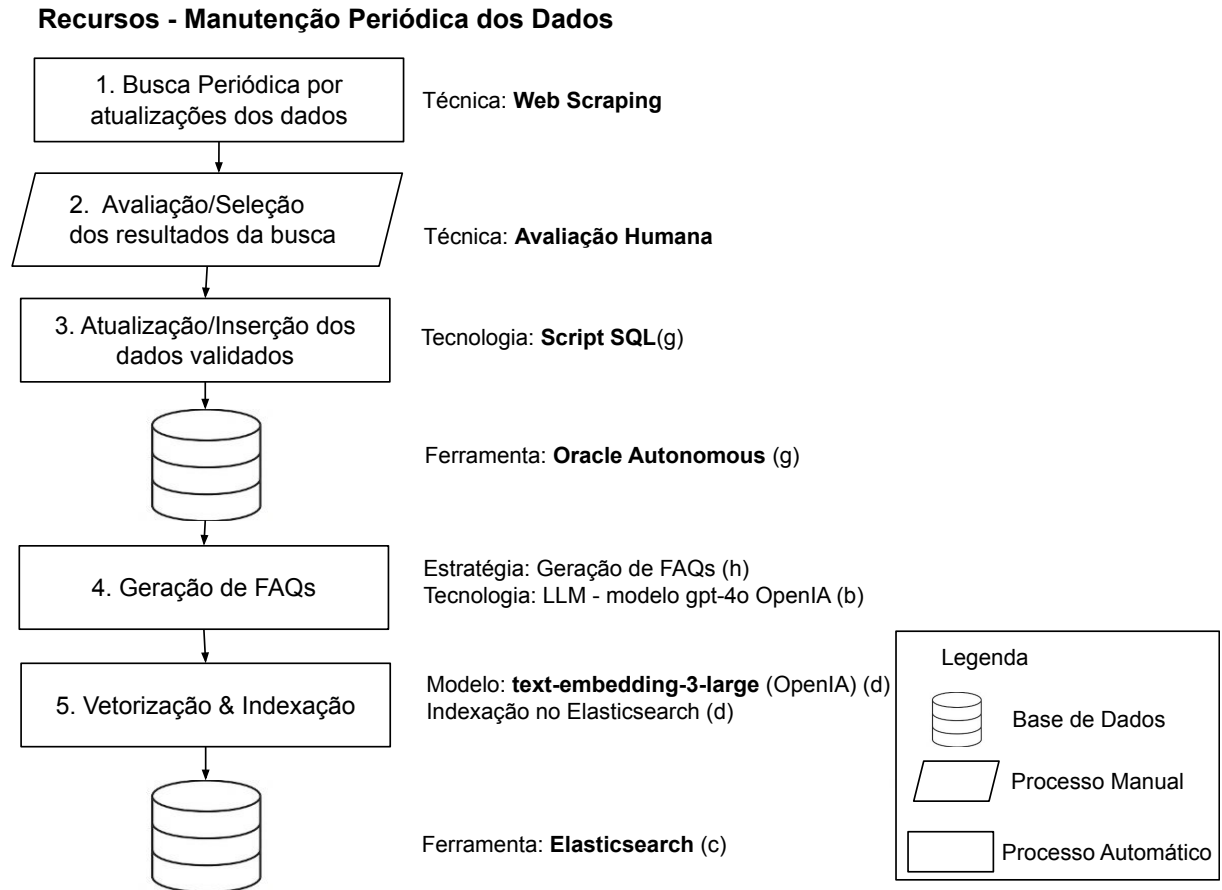


Figura 2 – Recursos - manutenção periódica dos dados

Este fluxo descreve as etapas de coleta, validação e atualização dos registros, assegurando que as consultas dos usuários sejam respondidas com informações consistentes e recentes.

A primeira etapa deste pipeline refere-se à busca periódica por atualizações de dados, realizada por meio da técnica de *Web Scraping*, que coleta novas informações disponíveis em fontes públicas e institucionais.

Na segunda etapa, os resultados obtidos passam por um processo de avaliação e seleção, conduzida por meio de avaliação humana, de modo a garantir que apenas informações confiáveis e pertinentes sejam incorporadas ao sistema.

Na terceira etapa, os dados validados são atualizados ou inseridos na base relacional Oracle Autonomous(g) por meio de *scripts* SQL(g), assegurando integridade e consistência no repositório centralizado.

Com a base de dados relacional atualizada, realiza-se a quarta etapa deste pipeline, que é a geração de FAQs(h), utilizando o modelo gpt-4o da OpenAI(b), mas somente para os recursos e instituições que tiveram seus dados atualizados e para os novos recursos e novas instituições identificadas.

Por fim, na quinta etapa deste pipeline, as novas perguntas e respostas são submetidas ao processo de vetorização(d), utilizando o modelo text-embedding-3-large da OpenAI, para a geração de embeddings(d). Os embeddings são então organizados em um índice(d) no Elasticsearch (c), que reúne campos com declarações de necessidades, respostas, metadados das instituições e recursos e *embeddings*, permitindo que a busca semântica recupere informações atualizadas de forma eficiente e contextualizada.

Esse pipeline de manutenção garante que a solução não seja estática, mas sim dinâmica e adaptável, incorporando periodicamente novas informações e refinando sua base de conhecimento, de modo a ampliar a confiabilidade e a utilidade da funcionalidade “Apoio à População”.

3.2 Parte II: Funcionalidades Apoio à população e Coleta de dados

Esta parte da solução contempla tanto a interação direta com o usuário final quanto a coleta estruturada de informações relevantes. Seus principais objetivos são:

- Fornecer à população acesso facilitado a informações úteis e atualizadas em contextos de desastre;
- Organizar a coleta e o armazenamento de dados de forma estruturada, de modo a apoiar instituições públicas e privadas, tanto na resposta imediata aos desastres quanto no planejamento de ações futuras.

A seguir, a Figura 3 apresenta o fluxo funcional da solução, no que se refere às funcionalidades “Apoio à População” e “Coleta de Dados”.

Fluxo Funcional da Solução

(funcionalidades “Apoio à população” e “Coleta de dados”)

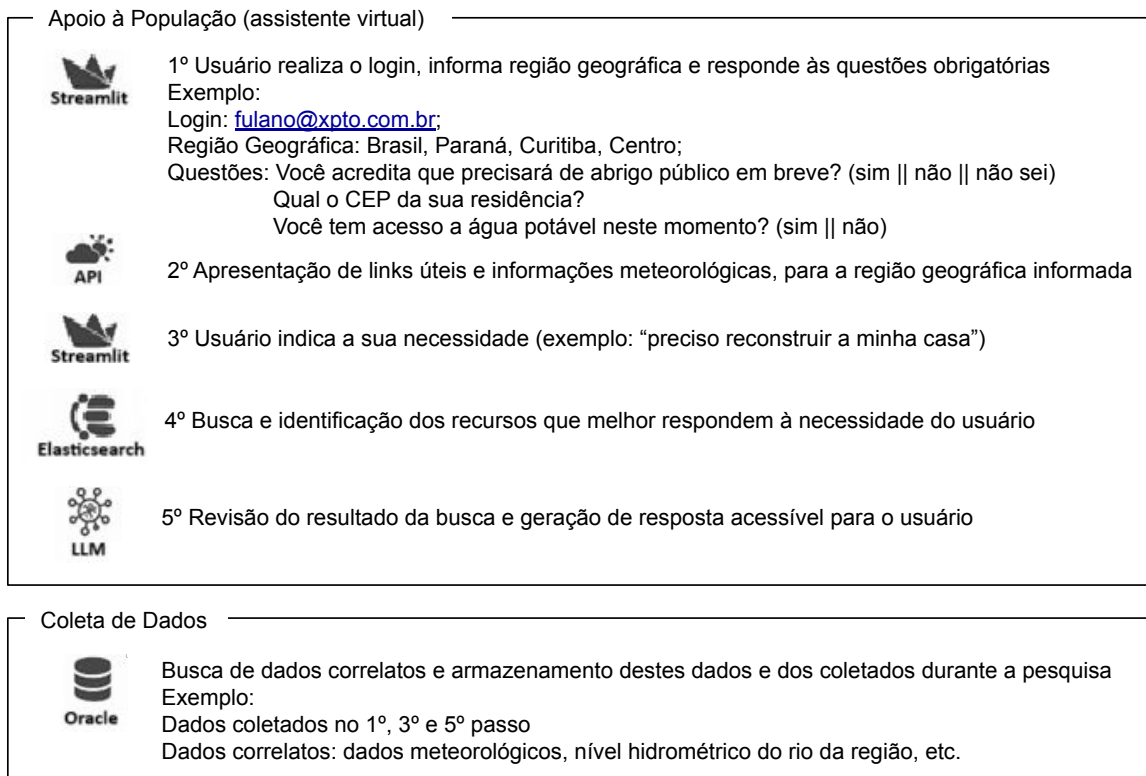


Figura 3 – Fluxo funcional da solução

A figura ilustra a interação do usuário com a plataforma e, simultaneamente, o processo de busca, coleta e armazenamento de dados correlacionados e complementares, visando seu reaproveitamento em futuras análises.

Na primeira etapa, da sessão "Apoio à população", o processo inicia-se com o login do usuário final, seguido do fornecimento da região geográfica (país, estado, cidade e bairro) e das respostas ao conjunto de perguntas obrigatórias. Essas perguntas, definidas previamente pelas instituições clientes da solução, têm como objetivo coletar informações essenciais para apoiar a gestão do desastre, como a necessidade de abrigo público ou o acesso à água potável.

Considerando que essas informações são requisitadas e aplicadas em diferentes momentos da gestão do desastre, é fundamental compreender que este processo se estrutura em quatro fases principais: mitigação, preparação (antes do desastre, quando já se sabe que ele ocorrerá), resposta (durante o desastre) e recuperação (após o desastre) (Lei *et al.*, 2025). Em cada uma destas fases, as necessidades informacionais das instituições variam significativamente.

Assim, na fase de preparação, as instituições podem demandar dados sobre a

capacidade de resposta das comunidades locais, por exemplo, se as famílias já possuem um abrigo temporário definido em caso de necessidade. Durante a fase de resposta, é essencial identificar rapidamente demandas como o resgate de pessoas ilhadas. Já na fase de recuperação, a atenção volta-se ao monitoramento das condições de saúde pública, à estimativa de danos habitacionais e à avaliação do acesso da população a programas de apoio financeiro e de reconstrução. A fase de mitigação não será endereçada por esta solução.

Diante desta variação das necessidades de informação ao longo do ciclo do desastre, a solução foi projetada para adaptar dinamicamente a coleta de dados às demandas das instituições clientes em cada fase do desastre, assegurando que recebam informações relevantes e oportunas para a tomada de decisão.

Em paralelo a primeira etapa, os dados geográficos informados pelo usuário são armazenados pela funcionalidade "Coleta de dados" e utilizados para contextualizar a situação do usuário e filtrar os recursos disponíveis.

Na segunda etapa da sessão "Apoio à população", o sistema apresenta links úteis e informações meteorológicas específicas da região informada, fornecendo ao usuário dados práticos e atualizados.

Na terceira etapa da sessão "Apoio à população", o usuário indica a sua necessidade (exemplo: "preciso reconstruir a minha casa"), em formato de livre texto, possibilitando ao usuário uma busca por recursos de maneira flexível. Em paralelo, a funcionalidade "Coleta de dados" armazena a pesquisa realizada pelo usuário.

Na quarta etapa da sessão "Apoio à população", é realizada a busca dos recursos mais adequados para atender à necessidade do usuário final, considerando a posição geográfica e a declaração de necessidade informadas, no momento da consulta.

Na quinta etapa da sessão "Apoio à população", o resultado desta busca é revisado, para garantir que somente recursos realmente pertinentes são apresentados ao usuário. E por fim ocorre a geração de uma resposta acessível e organizada, de modo a facilitar a compreensão do usuário final e apoiar a sua tomada de decisão.

A funcionalidade de "Coleta de Dados" tem a função de registrar informações obtidas ao longo do processo (na primeira, terceira e quinta etapas) e de integrar dados externos relevantes, tais como previsões meteorológicas e o nível hidrométrico dos rios na região informada pelo usuário, no momento da sua pesquisa. Essas informações são armazenadas de forma estruturada, formando um repositório histórico que serve de base para análises e relatórios futuros.

3.2.1 Funcionalidade Apoio à população

O acesso dos usuários às informações de recursos disponíveis de forma centralizada e atualizada, conforme descrito nos tópicos anteriores, será viabilizado por meio de um assistente virtual.

A seguir, a Figura 4 apresenta o fluxo de arquitetura da funcionalidade “Apoio à População”, em escopo deste trabalho. Este fluxo apresenta do lado esquerdo as informações técnicas mais relevantes envolvidas em cada etapa e do lado direito é apresentada a fonte da informação utilizada no processo.

Arquitetura da Funcionalidade “Apoio à população”

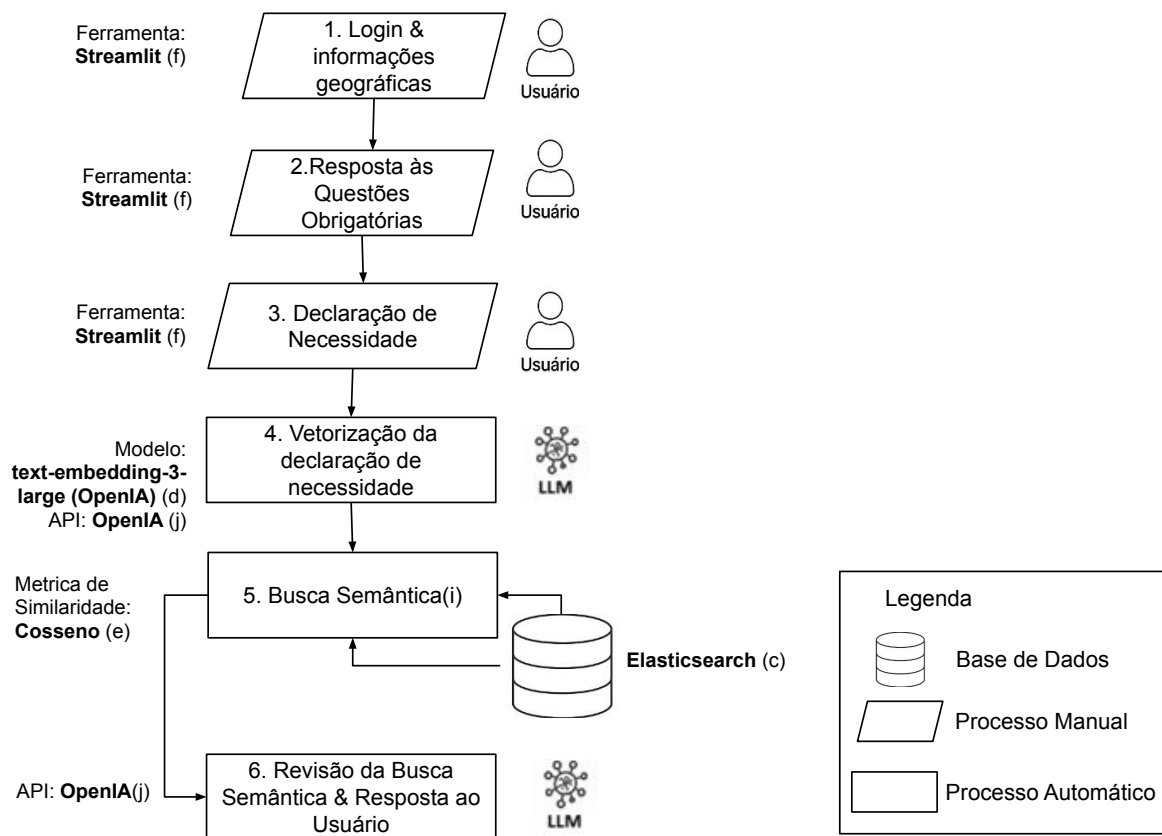


Figura 4 – Arquitetura da funcionalidade Apoio à População

Esta figura demonstra, em ordem sequencial, como ocorre a interação entre o usuário e os componentes técnicos que sustentam a busca e a geração de respostas.

Na primeira etapa, inicia-se o processo através da interface desenvolvida em Streamlit (f), onde o usuário realiza o login e fornece informações geográficas.

Na segunda etapa, ainda pela mesma interface, o usuário responde às questões obrigatórias previamente definidas pelas instituições clientes da solução.

Na terceira etapa, o usuário informa sua necessidade, descrevendo-a em linguagem natural (por exemplo: “preciso de abrigo temporário”).

Na quarta etapa, a pesquisa é vetorizada utilizando o modelo text-embedding-3-large da OpenAI(d), que transforma o texto da consulta em um vetor numérico, capaz de capturar seu significado semântico. Esse vetor é então utilizado na etapa seguinte, de busca semântica(i), conduzida no Elasticsearch (c), com base no cálculo de similaridade do cosseno (e), de modo a identificar as 10 instituições que provêm os recursos mais relevantes, armazenados na base de dados.

Na etapa final, a *Application Programming Interface* (API) da OpenAI (j) aciona o modelo GPT-4o, que atua como uma camada de pós-filtragem sobre os resultados da busca semântica(i). Nesta etapa, o modelo revisa os recursos retornados pelo Elasticsearch(c) e descarta aqueles que não apresentam relação direta com a demanda declarada pelo usuário, funcionando como um reranqueamento qualitativo.

Em seguida, a resposta é apresentada de forma acessível e contextualizada, reunindo apenas os recursos mais adequados às informações fornecidas. Essa abordagem permite a identificação de informações relevantes mesmo quando o usuário utiliza linguagem informal, incompleta ou imprecisa, melhorando a precisão e a utilidade das respostas fornecidas.

A Figura 5 a seguir apresenta um protótipo da tela que será disponibilizada ao usuário final durante a utilização da funcionalidade “Apoio à população”. Este protótipo ilustra a forma como as informações serão organizadas, incluindo links úteis, dados meteorológicos da região e campos interativos para que o cidadão informe sua necessidade.

Figura 5 – Protótipo de tela

Além de fornecer informações úteis, o assistente virtual também incentivará, quando aplicável, o registro de ocorrências nos canais oficiais, como orientar o usuário a comunicar uma interrupção no fornecimento de energia elétrica, promovendo assim a participação ativa da população no monitoramento e na resposta às crises.

3.2.2 Funcionalidade Coleta de dados

Como detalhado no fluxograma anterior, os dados informados pelos usuários são registrados durante a interação com a plataforma, bem como dados correlacionados, previamente definidos pelas instituições clientes.

Todos esses dados serão organizados de forma a garantir privacidade e conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), permitindo às instituições clientes apenas análises agregadas ou informações anonimizadas, assegurando a proteção da identidade dos usuários.

O processo seguirá as orientações da Autoridade Nacional de Proteção de Dados (ANPD), tratando a anonimização como um procedimento baseado em risco, com uso de técnicas como generalização, supressão e agregação, preservando a utilidade estatística dos dados para análises institucionais, mas reduzindo o risco de reidentificação (Autoridade Nacional de Proteção de Dados, 2022).

3.3 Parte III: Funcionalidades para instituições clientes

Esta parte da solução é direcionada às instituições que necessitam acessar os dados coletados e as análises geradas pela plataforma, com o objetivo de subsidiar o planejamento estratégico, a gestão de crises e a formulação de políticas públicas ou ações corporativas. As funcionalidades previstas incluem:

- **Configuração de dados personalizados:** durante a implementação da plataforma, as instituições clientes poderão definir quais informações desejam coletar dos usuários finais, bem como quais dados correlacionados deverão ser incluídos nos *datasets*, de acordo com seus objetivos específicos. Essas configurações poderão ser alteradas depois da implementação, consoante a necessidade da instituição cliente;
- **Anonimização de dados:** antes de qualquer disponibilização, todos os dados passarão por um processo rigoroso de anonimização, assegurando a irreversibilidade da identificação dos usuários finais. Essa funcionalidade garante que informações estratégicas possam ser utilizadas sem comprometer a privacidade individual.
- **Acesso a relatórios e análises:** os dados já tratados e anonimizados serão estruturados e disponibilizados tanto em formato de *datasets* quanto em análises e *insights*, de modo a atender diferentes necessidades institucionais;
- **Conformidade com a LGPD:** em alinhamento com a legislação, todos os dados fornecidos às instituições clientes são anonimizados, garantindo a proteção da identidade dos usuários finais e assegurando plena conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados;
- **Visibilidade institucional:** as instituições clientes poderão ter sua marca destacada na plataforma, evidenciando seu apoio à iniciativa e reforçando seu compromisso com ações de responsabilidade social.

A seguir, a Figura 6 apresenta o fluxo de utilização da solução no âmbito das funcionalidades destinadas exclusivamente às instituições clientes.

Fluxograma da Solução (funcionalidades para clientes)

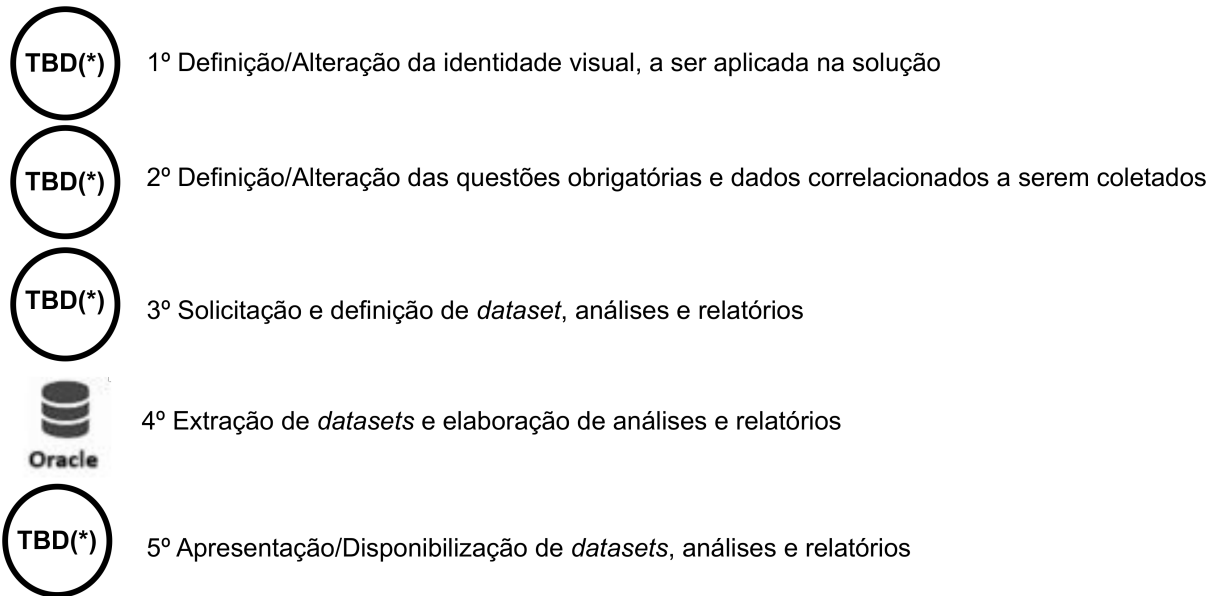


Figura 6 – Fluxograma da solução (funcionalidades para clientes)

TBD()* Como esta funcionalidade não está incluída no escopo deste trabalho, as ferramentas e tecnologias necessárias para sua implementação ainda não foram definidas, exceto pelo banco de dados relacional Oracle.

3.4 PMV - metodologia de testes e resultados

Para avaliar o desempenho do Produto Mínimo Viável (PMV), foi aplicada uma metodologia de testes baseada em um cenário real de enchente. Como ponto de partida para a construção dos cenários de testes, utilizaram-se as informações coletadas durante as referidas entrevistas com uma das vítimas das enchentes ocorridas no Rio Grande do Sul em 2024.

Com base nesses elementos, foi possível estruturar o conjunto de cenários que serviram de referência para a etapa de testes da solução. Ao todo, foram definidos 33 cenários de teste, representando declarações de necessidades típica de cidadãos em situação de enchente. Para cada cenário, foi registrada previamente a resposta esperada, isto é, as instituições que deveriam ser apresentados pela solução, em conformidade com a demanda simulada.

O processo de execução dos testes consistiu em:

1. inserir na plataforma a declaração de necessidade correspondente a cada cenário de teste;

2. registrar os recursos efetivamente retornados pela solução;
3. comparar os resultados apresentados com as instituições esperadas, definidas previamente.
4. registrar os resultados retornados pela solução e calcular as métricas de avaliação (precisão, completude e a taxa de acertos em casos nulos).

3.4.1 Avaliação de resultados

A avaliação dos resultados dos testes considerou dois critérios principais:

A **Precisão**: se a instituição apresentada pela solução correspondia a instituição previamente definidas como esperadas para atender à demanda (Manning; Raghavan; Schütze, 2008).

$$\text{Precisão}_i = \frac{RR_i}{R_i} \quad (\text{definida quando } R_i > 0).$$

E a **Completude**: se todos as instituições definidas previamente como relevantes, foram apresentadas, para a demanda declarada. (Manning; Raghavan; Schütze, 2008).

$$\text{Completude}_i = \frac{RR_i}{RT_i} \quad (\text{definida quando } RT_i > 0).$$

Para o cálculo de Precisão e Completude, foi necessário calcular e contabilizar outras variáveis, descritas a seguir com suas respectivas fórmulas ou representações matemáticas:

Total de itens relevantes existentes (RT): Número total de itens relevantes no *gold standard* para a consulta.

$$RT \in N_0$$

Total de itens trazidos (R): Número total de itens retornados pelo sistema (relevantes + não relevantes).

$$R \in N_0$$

Total de itens relevantes trazidos (RR): Quantidade de itens relevantes dentre os itens retornados (verdadeiros positivos).

$$RR \in N_0, \quad RR \leq \min(R, RT)$$

Total de itens trazidos e não relevantes (FP = R - RR): Quantidade de falsos positivos.

$$FP = R - RR$$

Total de itens relevantes não trazidos (FN = RT - RR) Quantidade de falsos negativos.

$$FN = RT - RR$$

Além das variáveis utilizadas nas fórmulas de Precisão e Completude, outras métricas também foram utilizadas para avaliar os resultados dos testes: Precisão média, Completude média e Taxa de acertos em casos nulos.

Precisão média (%): média simples sobre as consulta com $R_i > 0$:

$$\overline{\text{Precisão}} = \frac{1}{N_{\text{válidas}}}_{i: R_i > 0} \sum \text{Prec}_i \times 100\%$$

Nota: no cenário onde $R_i = 0$, a Precisão da consulta foi considerada como 0%, para penalizar o erro e impactar a Precisão Média da solução.

Completude média (%): média simples sobre as consultas com $RT_i > 0$:

$$\overline{\text{Completude}} = \frac{1}{M_{\text{válidas}}}_{i: RT_i > 0} \sum \text{Compl}_i \times 100\%$$

Nota: nos cenários onde $RT_i = 0$, a completude não foi computada e a consulta não entrou no cálculo da Completude média.

Taxa de acertos em casos nulos (Tx ACN) (RT = 0 e R = 0) Indicador específico para consultas cujo retorno esperado é vazio ($RT = 0$). Mede a proporção de casos em que o sistema corretamente não retorna itens, isto é não lista nenhuma instituição e apenas exibe a mensagem padrão informando que não há instituições cadastradas para atender à demanda.

$$\text{TxACN} = \frac{\#\{\text{consultas com } RT = 0 \text{ e } R = 0\}}{\#\{\text{consultas com } RT = 0\}} \times 100\%$$

3.4.2 Tratamento dos cenários com $RT = 0$.

Quando não há itens relevantes esperados ($RT = 0$), a métrica de completude resulta em divisão por zero e, portanto, não podem ser reportadas. Por essa razão, tais consultas são apresentadas em uma **tabela à parte**, chamada de "Tabela de casos nulos" e onde a **Taxa de Acertos em Casos Nulos (TxACN) é reportada**.

Essa separação tem o objetivo de evitar inflar artificialmente as médias de precisão e completude e de permitir analisar, de forma específica, a ocorrência de falsos positivos em cenários nulos.

3.4.3 Observação sobre casos com $RT > 0$ e $R = 0$.

Essas consultas **não** são nulas por isso permaneceram na tabela principal chamada "Tabela de cenários de testes (resumo)", registrando Completude = 0% ($RR/RT = 0$) e Precisão = 0 e nas médias o efeito é capturado pelas somas globais.

3.4.4 Apresentação de resultados

A seguir, na Figura 7, é apresentada a tabela de métricas agregadas.

Tabela de Métricas Agregadas							
Taxa de acertos em casos nulos (Tx ACN) [(n° de consultas com RT = 0 e R = 0)/n° de consultas com RT = 0]*100%	Total de itens relevantes existentes (RT)	Total de itens trazidos (R)	Total de itens relevantes trazidos (RR)	Total de itens trazidos e não relevantes (FP = R-RR)	Total de itens relevantes não trazidos (FN = RT-RR)	Precisão Média (%)	Completude Média (%)
100%	92	78	71	7	21	89.27%	87.16%

Figura 7 – Tabela de métricas agregadas

Os resultados indicam desempenho consistente dentro de um desenho centrado no usuário, no qual a resposta apresenta apenas as instituições *mais relevantes*, evitando poluição visual. Por exemplo, quando existem 10 instituições potencialmente adequadas, a plataforma não apresentará todas as instituições, somente as mais relevantes para a demanda em questão.

Observou-se **Precisão Média = 89,27%** e **Completude Média = 87,16%**, com **TxACN = 100%** (o sistema se abstém corretamente quando $RT = 0$). Em termos absolutos, havia **92** itens relevantes no conjunto de referência, dos quais **71** foram exibidos entre os mais relevantes; ocorreram **7** falsos positivos e **21** itens relevantes que não foram apresentados.

No apêndice A, são apresentadas duas tabelas ("Tabela de cenários de testes (resumo)" e "Tabela de casos nulos") com os detalhes de cada cenário de teste e os valores de cada variável utilizada para o cálculo das métricas de Precisão, Completude e a Taxa de acertos em casos nulos.

Como o objetivo *não* é exibir todos os resultados ao usuário, e sim priorizar os que melhor atendem à demanda, o foco de melhoria deve recair sobre a redução de FP para que a solução não apresente falsos positivos. Para tanto será necessário:

Revisar os dados e das informações geradas pela estratégia de FAQs. Isto porque a maioria dos falsos positivos decorreu de metadados pouco detalhados ou de questões geradas pela estratégia de FAQs que não estavam plenamente corretas.

No tratamento de faixa etária do público-alvo. A solução atualmente não consegue filtrar recursos por faixa etária, porque a informação de idade está diluída nas descrições dos recursos e instituições, sem campo estruturado.

4 FUNDAMENTOS DOS CONCEITOS DE IA E BIG DATA RELACIONADOS À SOLUÇÃO

A seguir, serão apresentados os fundamentos, conceitos e detalhes técnicos que embasaram a funcionalidade “Apoio à população”, desenvolvida no âmbito do Produto Mínimo Viável (PMV) e escopo deste trabalho.

Do ponto de vista funcional, o PMV é um assistente virtual e será o principal canal de interação entre a população e a solução, oferecendo respostas personalizadas, em linguagem natural, sobre produtos e serviços (recursos) disponíveis e úteis em situações de desastre.

Um assistente virtual é um software desenvolvido para interagir com usuários por meio de linguagem natural, combinando técnicas de Processamento de Linguagem Natural (NLP) e Aprendizado de Máquina (ML), para compreender intenções, mesmo quando expressas de forma informal, incompleta ou fora de padrões rígidos (Cruz; Alencar; Schmitz, 2019). Estas características são particularmente importantes em cenários de crise, em que a comunicação tende a ser fragmentada, urgente e carregada de emoção.

Do ponto de vista técnico, um assistente virtual integra diversas tecnologias. Por isso, a solução desenvolvida neste trabalho foi organizada em três camadas, cujo detalhamento será apresentado a seguir. Além disso, a arquitetura modular adotada tem como objetivo facilitar a manutenção e a evolução da solução, bem como possibilitar sua integração com diferentes fontes de dados.

A primeira camada do assistente virtual é o *front-end*, responsável pela interface com o usuário. Neste PMV, a interação ocorre por meio de um chat em *website*, sem personificação (ou seja, sem uso de avatar).

A segunda é a camada de inteligência está localizada no *backend*. Nela, estão incorporados a arquitetura de *Retrieval-Augmented Generation* (RAG), o modelo de linguagem de grande porte (LLM) e as regras que permitem aplicar um filtro final sobre as informações recuperadas e produzir respostas acessíveis e contextualizadas ao usuário final.

Por fim, a terceira camada, a de dados e serviços, que reúne as informações provenientes dos bancos de dados, dos mecanismos de busca avançados e das *Application Programming Interfaces* (APIs) externas, utilizadas tanto para o acesso à LLM quanto para a obtenção de informações complementares. Nesta camada ocorre a pré-seleção dos recursos compatíveis com a declaração de necessidade do usuário final, os quais são posteriormente revisados pela LLM, antes da geração da resposta final.

Os tópicos a seguir apresentam os componentes tecnológicos de cada camada do

assistente virtual, acompanhados das letras que os identificam (as mesmas utilizadas nos fluxogramas do capítulo anterior).

A **1ª camada (*Front-end*)** é responsável pela interface de interação com o usuário. Esta camada inclui:

- definição da *persona*;
- *framework* Streamlit (f).

A **2ª camada (Camada de Inteligência)** é responsável pelo processamento, pós-filtragem e geração final das respostas. Esta camada inclui:

- LLM (b);
- RAG (a);
- estratégia de FAQs (h).

A **3ª camada (dados e serviços)** é responsável pela persistência, pré-seleção e integração das informações. Esta camada inclui

- banco de dados Oracle Autonomous e *scripts SQL*(g);
- vetorização e indexação de dados (d);
- Elasticsearch (c);
- busca semântica (i);
- métricas de similaridade (e);
- APIs externas (j).

4.1 1ª Camada (*front-end*)

A primeira camada, responsável pela interação com os usuários, demanda uma solução simples e intuitiva. Para o desenvolvimento deste assistente virtual, foi necessário, em primeiro lugar, identificar o perfil dos usuários, suas principais necessidades e comportamentos; em seguida, selecionar um *framework* de fácil implementação, considerando que se trata de um PMV.

4.1.1 Definição da *persona*

Para assegurar uma comunicação eficaz entre o assistente virtual e seus usuários, antes do desenvolvimento do assistente, definiu-se uma *persona* e, de forma complementar, foram analisados alguns princípios da Pragmática (Levinson, 1983).

A *persona* é a representação semifictícia dos principais perfis de uso, construída a partir de dados reais (Cooper; Reimann; Cronin, 2007). Essa definição orientou o desenho da experiência do usuário, ao explicitar necessidades, comportamentos e expectativas, permitindo personalizar as respostas e ampliar o impacto social da solução.

Com base nas já referidas entrevistas, realizadas com uma das vítimas das enchentes que ocorreram no Rio Grande do Sul em 2024, foi possível definir que os usuários deste assistente virtual compõem um público heterogêneo, que vai desde profissionais com alto nível de escolaridade até cidadãos com baixa escolaridade ou em situação de analfabetismo funcional ou ainda com letramento digital limitado. Quanto à faixa etária, o público-alvo abrange desde adolescentes que auxiliam pessoas idosas até adultos e idosos que buscam diretamente por apoio.

Além disso, durante as entrevistas, foi possível identificar que esses usuários podem estar diretamente afetados pela enchente ou podem atuar no apoio a terceiros, como familiares, vizinhos ou voluntários. Em ambos os casos, a comunicação tende a ser urgente, breve e carregada de emoção, variando de declarações complexas (“preciso identificar abrigos temporários disponíveis para pessoas com deficiência”) a enunciados curtos e informais (“onde tem lugar pra dormir?”).

Tendo em consideração todas estas informações e o escopo deste trabalho, definiu-se como *persona* para o PMV, adultos em contexto de desastre climático, que falam português, que buscam informações claras, acessíveis e organizadas, apresentadas com linguagem simples e empática.

Embora nesta etapa a *persona* não tenha sido caracterizada por região específica, a solução tem potencial para incorporar vocabulários e expressões regionais, como os próprios de Curitiba (ex.: “piá”, que significa menino), tornando a comunicação mais próxima da realidade cultural do usuário e garantindo que suas demandas sejam interpretadas de forma adequada, mesmo quando acompanhadas desses termos.

De forma a complementar à definição de *persona*, foram analisados alguns princípios da Pragmática, que é o estudo das relações entre linguagem e contexto, relações estas que fundamentam a compreensão do significado (Levinson, 1983).

O objetivo de utilizar alguns princípios da Pragmática foi garantir que a interpretação das solicitações dos usuários pelo assistente virtual não se limitasse ao significado literal das palavras, mas também contemplasse o contexto de crise e a intenção comunicativa.

Em sistemas de busca, especialmente em cenários de desastre, é fundamental compreender não apenas o texto explícito fornecido pelo usuário, mas também seu contexto, sua intenção comunicativa, as inferências pragmáticas e os critérios de relevância, a fim de oferecer respostas mais precisas e úteis, como demonstrado na Tabela 1 a seguir.

Esses conceitos orientaram principalmente a escolha do modelo de LLM e a elaboração dos cenários de teste, utilizados para avaliar a performance do assistente virtual.

A Tabela 1, apresentada a seguir, resume conceitos-chave da Pragmática relevantes para este trabalho, relacionando-os diretamente ao desenvolvimento do assistente virtual.

Tabela 1 – Conceitos-chave da Pragmática aplicados ao desenvolvimento do assistente virtual

Conceito	Resumo	Aplicação na solução
Contexto (Levinson, 1983)	O significado das palavras depende do cenário social, físico e emocional em que a comunicação ocorre.	Como os usuários estarão em situação de crise, suas declarações de necessidade tendem a ser breves, emocionais e informais, exigindo interpretação contextualizada. A solução foi projetada para previamente já considerar o contexto de desastre e com isso ser capaz de responder tanto a pedidos formais, como “necessito de alojamento”, quanto informais, como “onde tem lugar pra dormir?”.
Intenção comunicativa e Inferência pragmática (Levinson, 1983)	O falante comunica mais do que diz explicitamente. Com base no contexto, o receptor precisa inferir os significados não ditos.	“Minha casa caiu!!!!!!” → necessidade de abrigo. A solução foi projetada para considerar previamente o contexto de desastre e com isso ser capaz de entender que a necessidade do usuário é de um abrigo.

Conceito	Resumo	Aplicação na solução
Relevância (Sperber; Wilson, 1995)	A comunicação eficaz prioriza a informação mais útil ao receptor.	Escolha de respostas onde são priorizados os recursos essenciais e instruções práticas, evitando sobrecarga de dados. Na solução projetada, a busca por recursos que atendam a demanda do usuário, traz as 10 instituições com os recursos mais próximos de atender esta demanda. Em seguida, foi incluído um filtro que seleciona apenas os mais relevantes, garantindo que o usuário receba informações úteis e práticas, sem excesso de dados.

A definição da *persona*, aliada aos conceitos da Pragmática, permitiu construir uma solução que vai além da simples centralização de dados institucionais. Ao incorporar a perspectiva dos usuários e interpretar suas demandas em contextos de crise, a aplicação torna-se uma base de conhecimento acessível, capaz de oferecer apoio efetivo em situações de desastre.

Na construção da funcionalidade “Apoio à população”, foi definido:

***Persona*: adultos em contexto de desastre climático, que falam português, que busca informações claras, acessíveis e organizadas, apresentadas com linguagem simples e empática.**

4.1.2 Utilização do *framework* Streamlit (f)

Para o desenvolvimento do *front-end*, foi adotado o Streamlit, por ser um *framework* de código aberto e sintaxe simplificada, projetada para o desenvolvimento ágil de interfaces *web* interativas e que oferece fácil implementação, integração nativa com bibliotecas do ecossistema Python e compatibilidade com APIs externas, como a da OpenAI (ASIMOV Academy, 2023; Streamlit, 2024).

Na construção da funcionalidade “Apoio à população”, foi utilizado:

Streamlit — como *framework* de construção de front-end

4.2 2ª Camada (camada de inteligência)

A segunda camada do assistente virtual está localizada no *backend*. No escopo deste PMV, esta camada incorpora um modelo de linguagem de grande porte (LLM), uma arquitetura *Retrieval-Augmented Generation* (RAG) e regras que permitem aplicar um filtro final sobre os resultados recuperados, para atender a demanda do usuário final.

Estes elementos trabalham em conjunto para garantir que apenas informações relevantes sejam apresentadas, possibilitando a geração de respostas estruturadas, contextualizadas e acessíveis ao usuário final desta solução.

4.2.1 *Large language models* (b)

As *Large Language Models* (LLMs) são modelos de linguagem baseados em redes neurais profundas, pré-treinadas com grandes volumes de dados textuais, para aprender padrões, contextos e relações linguísticas complexas. Estes modelos são capazes de gerar, completar e interpretar textos com alto grau de coerência, sendo amplamente utilizados em tarefas de Processamento de Linguagem Natural (PLN), como tradução automática, sumarização de conteúdo e geração de respostas (IBM, 2023). Por isso, as LLMs são especialmente adequadas para apoiar o funcionamento de assistentes virtuais.

Entre as LLMs mais conhecidas estão os modelos da família *Generative Pre-trained Transformer* (GPT), desenvolvidos pela OpenAI. Estes modelos foram projetados para compreender linguagem natural e produzir respostas contextuais em tempo real, demonstrando alta fluidez, relevância e capacidade de adaptação a diferentes domínios, mesmo diante de entradas vagas ou incompletas (OpenIA, 2025a). Essa versatilidade justificou a escolha de um dos modelos desta família GPT para a construção do PMV, especificamente o modelo GPT-4o que, dentre os modelos da OpenIA, apresentou os melhores resultados e o menor tempo de resposta, durante a fase de desenvolvimento.

4.2.1.1 Configuração e decisões de parametrização

Para maximizar consistência e reprodutibilidade dos resultados do modelo escolhido, foram adotados parâmetros conservadores de direcionamento do modelo (*temperature* = 0.0, *seed* fixo, *frequency_penalty* = 0.0 e *presence_penalty* = 0.0).

O *temperature* controla a aleatoriedade da geração. Quanto menor o valor, maior a previsibilidade. Assim, com *temperature* = 0.0 (decodificação determinística), a variabilidade é minimizada. Logo, mantendo-se idênticos a entrada e os demais parâmetros, as respostas tendem a se repetir (OpenIA, 2025b).

O *seed* é a semente do gerador aleatório, utilizada para melhorar a reprodutibilidade. Utilizando o mesmo *seed* e os mesmos parâmetros e entrada, as saídas tendem a se repetir (OpenIA, 2025b).

O *frequency_penalty* ajusta a probabilidade de repetição de *tokens* já gerados: valores mais altos reduzem repetições e ampliam a variedade lexical. No PMV, optou-se por *frequency_penalty* = 0.0, uma vez que as respostas ao usuário final exigem a repetição de rótulos e campos fixos para garantir uma estrutura padronizada. Desse modo, evita-se que o modelo se afaste do formato esperado (OpenIA, 2025b).

O *presence_penalty* penaliza a reutilização de *tokens*, incentivando o modelo a introduzir termos novos. No PMV, adotou-se *presence_penalty* = 0.0, a fim de evitar variações desnecessárias ou a inclusão de conteúdo não fornecido (OpenIA, 2025b).

Esses ajustes mantiveram o modelo previsível (quando entrada e parâmetros são idênticos), não penalizando repetições necessárias (campos, nomes e rótulos) e evitando incentivos a variações estilísticas, preservando assim o formato exigido na apresentação das informações aos usuários finais e ancorando a resposta estritamente nos dados fornecidos.

Além dos parâmetros, neste PMV também foi utilizado o *prompt engineering*, ou engenharia de *prompts*, que é o processo de elaboração, refinamento e otimização das instruções fornecidas ao modelo, com o objetivo de orientar seu comportamento e produzir saídas mais precisas, relevantes e estruturadas (Sahoo *et al.*, 2024). Esta técnica inclui a formulação de mensagens de sistema (que definem o papel do modelo) e a utilização de regras explícitas de formatação, que orientam o modelo a organizar a resposta, conforme os padrões esperados.

Nesse processo, foram integradas as informações da *persona*, previamente definida e os conceitos da Pragmática, apresentados no capítulo anterior, assegurando que o modelo utilizasse uma linguagem clara, empática e adequada ao contexto de crise.

Por fim, o PMV não possui memória persistente e a solução completa manterá esta decisão. Em sistemas de IA, memória persistente refere-se à capacidade de reter informações de interações anteriores, para utilizá-las em conversas futuras, permitindo continuidade e personalização no diálogo.

No caso deste PMV, a ausência desse recurso é proposital. O assistente foi projetado para múltiplos usuários, vivendo situações distintas durante o desastre, o que exige que cada interação seja tratada de forma independente, sem retenção de histórico entre consultas (OpenIA, 2025b).

Na construção da funcionalidade “Apoio à população”, foi utilizado:

Modelo de linguagem GPT-4o da OpenAI com:

temperature* = 0.0; *frequency_penalty* = 0.0; *presence_penalty* = 0.0; *seed* fixo; engenharia de *prompts

4.2.2 Arquitetura *Retrieval-Augmented Generation* (RAG) (a)

A construção do assistente virtual foi baseada na arquitetura *Retrieval-Augmented Generation* (RAG), que combina a capacidade de geração de linguagem natural das LLMs com um mecanismo de recuperação de informações externas, geralmente provenientes de uma base de conhecimento vetorizada.

Essa abordagem é particularmente eficaz em domínios específicos ou dinâmicos, onde LLMs pré-treinadas enfrentam limitações por não terem acesso a dados locais ou atualizados. Ao integrar informações verificadas e recentes, durante a inferência, o RAG amplia a precisão e a relevância das respostas, além de reduzir a ocorrência de alucinações — outputs credíveis, porém incorretos (Oche *et al.*, 2025; Lewis *et al.*, 2020; Lei *et al.*, 2025).

Diferentemente do uso isolado de uma LLM, que depende apenas de conhecimento paramétrico (informação comprimida nos pesos do pré-treinamento), o RAG incorpora conhecimento não paramétrico, recuperado em tempo real de corpora, índices ou APIs. Isso permite fornecer informações atualizadas, com rastreabilidade das fontes, sem a necessidade de retreinamento do modelo (Oche *et al.*, 2025).

Um pipeline típico de RAG pode ser decomposto em quatro estágios principais:

1. **chunking**: divisão de documentos longos em segmentos menores, para facilitar a vetorização e a recuperação semântica;
2. **embedding**: transformação desses segmentos em vetores numéricos de alta dimensão;
3. **(re)ranking**: reordenação ou filtragem dos segmentos mais relevantes, com base em métricas de similaridade, relevância semântica e metadados;
4. **generation**: produção da resposta pela LLM, condicionada ao material recuperado (Oche *et al.*, 2025).

Ao longo deste capítulo, cada uma dessas fases será retomada como referência conceitual, servindo de linha orientadora para detalhar a arquitetura desenvolvida neste PMV. Assim, à medida que a solução é descrita, estabelecem-se paralelos entre o pipeline clássico do RAG e as adaptações realizadas para atender ao contexto específico desta solução.

4.2.3 Estratégia de FAQs como base do PMV (h)

Existem diversas estratégias de implementação da arquitetura de RAG e a escolha da mais adequada depende de fatores como tipo e volume dos dados, forma de armazenamento e nível de precisão desejado (Oche *et al.*, 2025).

Entre as propostas recentes, destacam-se a abordagem QuOTE – *Question-Oriented Text Embeddings*, que sugere enriquecer *embeddings* com perguntas que cada trecho poderia responder (Neeser *et al.*, 2025), e a estratégia *Self-Retrieval*, que propõe unificar em uma única LLM as etapas de indexação, recuperação e reranqueamento (Tang *et al.*, 2024).

No PMV desenvolvido neste trabalho, optou-se pela estratégia de FAQs, incorporando o conceito de *persona*¹, uma vez que os dados disponíveis são textuais, em volume limitado e o objetivo é garantir maior precisão.

FAQ é a sigla em inglês para *Frequently Asked Questions* (perguntas frequentes) e corresponde a uma forma de organizar informações em pares de perguntas e respostas. Cada questão representa uma dúvida ou necessidade típica de um usuário, enquanto a resposta fornece uma solução direta e objetiva. Esta prática, amplamente utilizada em ambientes digitais, facilita o acesso rápido a informações recorrentes, reduz ambiguidades e melhora a experiência do usuário (Wikipédia, s.d.).

No caso deste PMV, em vez de enriquecer *embeddings* com perguntas hipotéticas, como no QuOTE, foram gerados pares explícitos de “declaração de necessidade – resposta objetiva”, ajustados ao contexto de desastres climáticos.

Esta escolha buscou equilibrar simplicidade e efetividade, criando uma base de conhecimento derivada (Elasticsearch), mais próxima da realidade das demandas sociais, observadas em campo. A base de conhecimento derivada é o repositório secundário desta solução, contendo dados já processados, para consultas rápidas.

Assim, a estratégia de FAQs foi implementada por meio de um processo estruturado de geração de pares, construídos a partir de informações armazenadas e organizadas na base de conhecimento primária (Oracle Autonomous Database), repositório oficial de dados originais e estruturados da solução.

Para a geração de pares foram considerados os seguintes atributos:

- recursos oferecidos;
- público-alvo;
- pré-requisitos;
- dados de contato;
- informações adicionais.

Com o uso da LLM da OpenAI (modelo GPT-4o), foram gerados 20 pares para cada instituição. Estes pares foram criados a partir de um *prompt* desenvolvido com base na *persona*, previamente definida e contextualizada ao cenário de desastre climático.

Neste *prompt*, além de orientar a LLM a variar o vocabulário e o estilo de escrita (do mais informal ao mais formal), também foram explicitadas as demandas mais recorrentes em situações desse tipo, como: necessidade de roupas, mantimentos, refeições, itens de higiene pessoal e limpeza, cobertores, abrigos temporários, água potável, apoio psicológico, apoio para a busca de novo emprego, crédito com juros reduzido para as vítimas, apoio na limpeza da casa após a enchente, apoio na reconstrução da casa, retirada de entulhos e árvores da rua, resgate de pessoas e animais e instruções para lidar com situações de perda de documentos, roubos e furtos.

Deste modo, a geração das “declarações de necessidade” buscou simular de forma realista como pessoas afetadas, realmente expressariam suas necessidades em contextos de crise. Este processo resultou em um conjunto rico de perguntas sintéticas, com informações expressas de diferentes formas, que permitiu enriquecer a base de conhecimento derivada (Elasticsearch).

Enquanto pipelines clássicos de RAG dependem do *chunking* para segmentar documentos extensos em trechos menores, neste PMV essa etapa não foi necessária, pois a estratégia de FAQs cumpriu esse papel: cada par “declaração de necessidade – resposta” funciona como uma unidade mínima de conhecimento, curta e focada.

Para que essas declarações de necessidades, geradas sinteticamente, possam ser comparadas semanticamente às consultas dos usuários finais e vinculadas às respostas correspondentes, é necessário convertê-las em vetores numéricos — processo conhecido como vetorização de textos, que será detalhado no tópico referente à terceira camada do assistente virtual.¹

Na construção da funcionalidade “Apoio à população”, foi utilizada:

Arquitetura RAG, com estratégia de geração de FAQs, utilizando o conceito de *persona*.

4.3 3ª Camada (dados e serviços)

A terceira camada do assistente virtual é a camada de dados e serviços, que no escopo deste PMV incorpora a base de conhecimento primária (Oracle Autonomous Database), os processos de transformação de textos em vetores numéricos, indexação de dados, busca semântica e a base de conhecimento derivada (Elasticsearch).

Além de armazenar e organizar os dados, esta camada realiza a pré-seleção das

¹ No Laboratório de Inteligência Computacional das USP (LABIC), ainda estão em andamento experimentos e a elaboração de um artigo científico com a definição e avaliação teórica da abordagem adotada neste PMV, que refere-se ao uso de uma LLM para geração de FAQs e vetorização das perguntas geradas, utilizando o conceito de *persona*.

informações mais relevantes, utilizando também metadados como a localização geográfica informada pelo usuário, no momento da consulta. Com isso, o universo de busca é reduzido e forma-se um conjunto de candidatos que segue para a LLM, responsável pela pós-filtragem e geração da resposta final. Nesse processo, o Elasticsearch atua como um pré-filtro semântico, diminuindo a quantidade de dados enviados a LLM, o que resulta em economia de tokens e maior qualidade nas respostas.

Adicionalmente, esta camada inclui as APIs externas, utilizadas tanto para o acesso à LLM quanto para a obtenção de informações complementares que enriquecem os dados apresentados no *front-end*.

4.3.1 Base de dados relacional e *script SQL* (g)

Uma base de dados relacional é um modelo de armazenamento estruturado, no qual os dados são organizados em tabelas interconectadas por relações. Essa abordagem permite maior eficiência na consulta, consistência e integridade dos dados e é capaz de armazenar e gerenciar grandes volumes de informações.

No contexto deste trabalho, foi utilizado o banco de dados relacional Oracle Autonomous, para armazenar informações originais sobre os recursos disponíveis para vítimas de enchentes na cidade de Curitiba, por isso foi chamado de base de dados primária. Esse modelo garante segurança, escalabilidade e confiabilidade, permitindo consultas eficientes (Date, 2003).

Para operacionalizar esse modelo relacional (criar suas tabelas, chaves, índices) e inserir os dados iniciais nesta base de dados, foram utilizados *scripts SQL*.

Um *script SQL* é um arquivo de texto que reúne uma ou mais instruções SQL para execução sequencial e reproduzível pelo banco de dados, contemplando comandos de DDL (exemplos: `CREATE TABLE`, `ALTER TABLE`), DML (exemplos: `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE`) e TCL (exemplo: `COMMIT`), garantindo padronização, auditabilidade e repetibilidade, em todas as etapas da criação e manutenção da base de dados (Oracle, s.d.).

4.3.2 Processo de vetorização e indexação de dados (d)

Para que a solução seja capaz de interpretar a declaração de necessidade, informada pelo usuário, no momento da consulta e possa buscar rapidamente uma resposta adequada na base de conhecimento derivada (Elasticsearch), se faz necessário transformar estes textos em vetores numéricos. E posteriormente indexá-los, juntamente com outras informações complementares, na referida base de conhecimento derivada. Estes processos chamam-se respectivamente vetorização de textos e indexação de dados.

A vetorização de textos corresponde à fase de *embedding* em um pipeline clássico de RAG. Nesta etapa, palavras, frases ou documentos são convertidos em vetores numéricos

de alta dimensão, dentro de um espaço multidimensional, capazes de capturar o significado semântico do conteúdo textual. Quando esses vetores incorporam um contexto semântico, passam a ser chamados de *embeddings*. Diferem-se, portanto, de vetores genéricos, pois representam relações de significado e permitem identificar similaridades contextuais entre diferentes textos, mesmo na ausência de correspondência literal de termos (Oche *et al.*, 2025).

Exemplo aplicado: Durante uma enchente, um cidadão acessa a plataforma e informa a seguinte declaração de necessidade:

- **Consulta do usuário:** “*Minha família não tem onde dormir hoje, precisamos de um teto urgente.*”
- **Na base de conhecimento derivado (Elasticsearch)**, já estão armazenadas declarações de necessidade *sintéticas*, previamente geradas pela LLM. Entre elas:
 - **Declaração sintética 1:** “*Preciso de abrigo temporário após a enchente.*”
 - **Declaração sintética 2:** “*Minha casa foi alagada e necessito de um lugar seguro para passar a noite.*”

Embora a consulta do usuário e as declarações sintéticas utilizem palavras diferentes, todas expressam a mesma necessidade central: abrigo temporário. A vetorização (*embedding*) torna possível representá-las como pontos próximos em um espaço multidimensional, que neste contexto é denominado espaço vetorial de *embedding*, permitindo que o sistema identifique sua similaridade semântica.

No caso desta solução, optou-se por vetorizar apenas as declarações de necessidade geradas sinteticamente, que servem de base para a busca semântica, e não as respostas. Essa vetorização foi realizada utilizando o modelo text-embedding-3-large da OpenAI (OpenAI, 2025).

As respostas não foram vetorizadas porque a interação do usuário com a solução ocorre por meio de declarações de necessidades, o que permite a solução comparar estas declarações informadas pelo usuário, que são vetorizadas no momento da consulta, com as declarações de necessidade vetorizadas previamente, diretamente no espaço vetorial de *embedding*.

Deste modo, as declarações de necessidade geradas sinteticamente e vetorizadas passaram a funcionar como uma chave semântica, enquanto as respectivas respostas, contendo informações práticas sobre o recurso, permaneceram vinculadas ao par, sem necessidade de vetorização. Esta decisão garante:

- maior eficiência computacional;

- reduz ruído semântico, oriundo de dados menos relevantes;
- aumentar a precisão da busca semântica, já que a comparação ocorre diretamente no espaço vetorial de *embedding*, entre a declaração de necessidade do usuário e as declarações de necessidades geradas sinteticamente;
- simplificar o processo de indexação em um contexto de PMV.

A indexação é o processo de estruturar e organizar documentos e seus termos (por exemplo, estruturas vetoriais) para permitir recuperação eficiente em grandes coleções (Manning; Raghavan; Schütze, 2008).

Todos os vetores numéricos gerados a partir da criação das declarações de necessidades sintéticas, foram armazenados e indexados no Elasticsearch, de forma que ele pudesse atuar como motor de busca semântica vetorial. O Elasticsearch será detalhado no tópico a seguir.

É importante destacar que cada declaração de necessidade, gerada sinteticamente e vetorizada, está vinculada não apenas à respectiva resposta também sintetizada, mas também a seus metadados (informações detalhadas sobre o recurso e a instituição associada). Isto permite que o sistema associe a consulta do usuário com o recurso mais adequado, entregando ao cidadão todos os detalhes necessários para que ele consiga utilizar esse recurso.

O processo utilizado para identificar e ranquear as respostas mais relevantes para a demanda do usuário é denominado busca semântica vetorial, uma técnica que compara as representações numéricas com contexto (*embeddings*) da consulta do usuário com os *embeddings* previamente armazenados, retornando os resultados com maior similaridade. Esta abordagem será detalhada no tópico 4.3.4 Busca semântica (i)”.

4.3.3 Elasticsearch (c)

O Elasticsearch é um mecanismo distribuído de busca e análise, baseado no Apache Lucene, que armazena dados em documentos JSON e permite consultas quase em tempo real. Nesta solução, foi utilizado o Elasticsearch na versão 8.17.3, que funciona como a base de conhecimento derivada e como motor de busca semântica vetorial.

Para isto, suporta campos do tipo `dense_vector` e consultas de similaridade (como a similaridade do cosseno), possibilitando recuperar e ranquear de forma eficiente as declarações de necessidade geradas sinteticamente, mais próximas à consulta do usuário, em um espaço vetorial de *embeddings*. Dessa maneira, concentra em um único sistema tanto a indexação quanto a recuperação de textos e metadados (Elastic, 2025a).

O tipo de campo `dense_vector`, utilizado no Elasticsearch, armazena vetores densos de valores numéricos em ponto flutuante que, ao contrário dos vetores esparsos, conseguem capturar melhor o contexto e o significado semântico dos textos.

Estes vetores são amplamente empregados em buscas semânticas baseadas em proximidade, pois permitem comparar *embeddings* e identificar, no espaço vetorial de *embedding*, os documentos mais semelhantes a uma consulta. Trata-se, portanto, de um recurso fundamental para a implementação de soluções baseadas em RAG, como o PMV desenvolvido neste trabalho (Elastic, s.d.).

Para o PMV, cada registro no Elasticsearch foi estruturado como um documento, contendo:

- a declaração de necessidade, gerada sinteticamente e vetorizada em campos do tipo `dense_vector`;
- a declaração original de necessidade, gerada sinteticamente;
- a resposta vinculada, gerada sinteticamente;
- seus metadados (informações sobre o recurso e sobre a instituição que o provê).

Na construção da funcionalidade “Apoio à população”, foram utilizados:

Modelo de Vetorização: **text-embedding-3-large (OpenAI)**

Armazenamento e indexação: **Elasticsearch v.8.17.3, como mecanismo de busca semântica vetorial**

4.3.4 Busca semântica (i)

Uma vez que os processos de vetorização e a indexação foram detalhados anteriormente, esta seção descreve o mecanismo de busca semântica. Este mecanismo do Elasticsearch recupera os registros mais relevantes para cada consulta do usuário, realizando uma pré-seleção das informações, antes de encaminhá-las à LLM, que faz uma pós-filtragem e gera a resposta final.

No pipeline clássico de RAG, a busca semântica corresponde à fase de ranking, em que os candidatos inicialmente recuperados são ordenados de acordo com a relevância, geralmente por métricas de similaridade vetorial, combinadas a filtros contextuais. E a referida pós-filtragem, realizada pela LLM nesta solução, corresponde a uma fase de *reranking*.

O processo da busca semântica neste PMV, ocorre em quatro etapas:

- i) vetorização da declaração de necessidade, partilhada pelo usuário;
- ii) pré-seleção de candidatos, no índice vetorial;
- iii) ranqueamento por similaridade do cosseno;
- iv) retorno do conjunto top-k, com seus metadados para composição da resposta.

Essa abordagem supera os limites de métodos puramente lexicais e está alinhada às boas práticas em RAG para tarefas intensivas em conhecimento (Oche *et al.*, 2025; Lewis *et al.*, 2020).

i) **vetorização da declaração de necessidade, partilhada pelo usuário:** A consulta do usuário na aplicação é vetorizada no momento em que é partilhada, utilizando o modelo text-embedding-3-large da OpenAI, o mesmo modelo utilizado na vetorização das declarações de necessidades, geradas sinteticamente.

ii) **pré-seleção de candidatos, no índice vetorial:** No Elasticsearch, após a vetorização da consulta, aplica-se filtro por metadados (país, estado e município, indicados pelo usuário no momento da consulta), para reduzir o universo de busca. E, em seguida, consulta-se o índice vetorial para obter um conjunto inicial de candidatos (declarações de necessidade com *embeddings* já armazenados) compatíveis com os filtros. Essa pré-seleção evita comparar a consulta realizada pelo usuário com toda a coleção e prepara o conjunto de dados que será ranqueado pela similaridade do cosseno, na última etapa da busca semântica.

iii) **ranqueamento por similaridade do cosseno:** A métrica de similaridade utilizada nesta solução é a similaridade do cosseno, que avalia o ângulo entre dois vetores no espaço vetorial de *embedding* (vetor 1: consulta do usuário; vetor 2: uma declaração de necessidade gerada sinteticamente e vetorizada). Esta avaliação retorna valores próximos de 1 quando há forte semelhança semântica e próximos de 0, quando não existe relação relevante. Como considera apenas a orientação e não a magnitude dos vetores, essa métrica é especialmente adequada para *embeddings* de texto (Manning; Raghavan; Schütze, 2008).

iv) **retorno do conjunto top-k, com seus metadados para composição da resposta:** Além das métricas de similaridade, um elemento central no processo de recuperação é o operador de recuperação. Ele é o mecanismo que, dada a consulta vetorizada, localiza e retorna os top-k itens mais relevantes no espaço vetorial de *embeddings*, ordenando-os segundo a métrica adotada (neste caso, métrica de cosseno). Em outras palavras, ele operacionaliza a busca dos K itens mais relevantes e permite a aplicação de filtros e pesos de domínio, na fase de ranqueamento (Manning; Raghavan; Schütze, 2008).

O *K-Nearest Neighbors* (KNN) é o operador de recuperação frequentemente adotado pela simplicidade e eficácia em tarefas de proximidade, ranqueando itens conforme a distância ou similaridade no espaço vetorial de *embedding* (Sabry, 2023). Entretanto, nesta

solução, optou-se pelo *script_score* do Elasticsearch, em substituição ao KNN nativo, com $K = 100$ e similaridade do cosseno,

Em relação ao *script_score*, ele foi adotado nesta solução por permitir a criação de funções personalizadas de ranqueamento, oferecendo controle fino sobre filtros e pesos, por exemplo, como a relevância dos resultados é calculada (Elastic, 2025b). Embora o PMV não faça uso dessas funções personalizadas, essa escolha garante que a solução esteja melhor preparada para evoluções futuras, pois traz vantagens importantes, como:

- compatibilidade com qualquer campo do tipo *dense_vector*, sem necessidade de configurações adicionais;
- estabilidade em todas as versões da série 8.x do Elasticsearch, sem exigência de licenças comerciais ou *plugins*;
- maior controle sobre ranqueamento e filtragem, com ajuste dinâmico de pesos e critérios (por exemplo, priorizando localização de um recurso ou o tipo de recurso);
- simplicidade de manutenção e adaptabilidade técnica, ideais para um PMV (Elastic, 2025b).

Em relação ao valor de K , trata-se de um parâmetro sensível ao contexto e aos dados disponíveis. Valores muito altos tendem a incluir itens menos relevantes, diluindo a precisão dos resultados. Por outro lado, valores muito baixos podem excluir informações pertinentes, reduzindo a cobertura. Portanto, a escolha de K deve buscar um equilíbrio entre abrangência e relevância, considerando as características específicas da base de conhecimento e do domínio de aplicação (Sabry, 2023).

Para o PMV, definiu-se $K = 100$ para recuperar as 100 declarações de necessidade geradas sinteticamente mais semelhantes à declaração de necessidade do usuário, partilhada no momento da consulta.

Em seguida, foi aplicado um filtro para exibir apenas as 10 instituições distintas, cujos recursos associados estão vinculados às declarações que obtiveram os maiores escores de similaridade dentro do conjunto analisado.

Esses valores foram definidos com base no *dataset* criado para esta aplicação e nas necessidades dos usuários, mapeadas nas referidas entrevista, realizadas com uma das vítimas das enchentes no Rio Grande do Sul em 2024.

Considerando que, nas bases de dados atuais da aplicação, nenhuma das demandas previstas possui mais de dez instituições associadas, esses números foram adotados como parâmetros adequados.

A Figura 8, de forma meramente ilustrativa e sem rigor matemático, exemplifica como um espaço vetorial de *embeddings*, simplificado em duas dimensões, pode representar a declaração de necessidade do usuário e as informações que já existem na base de conhecimento.

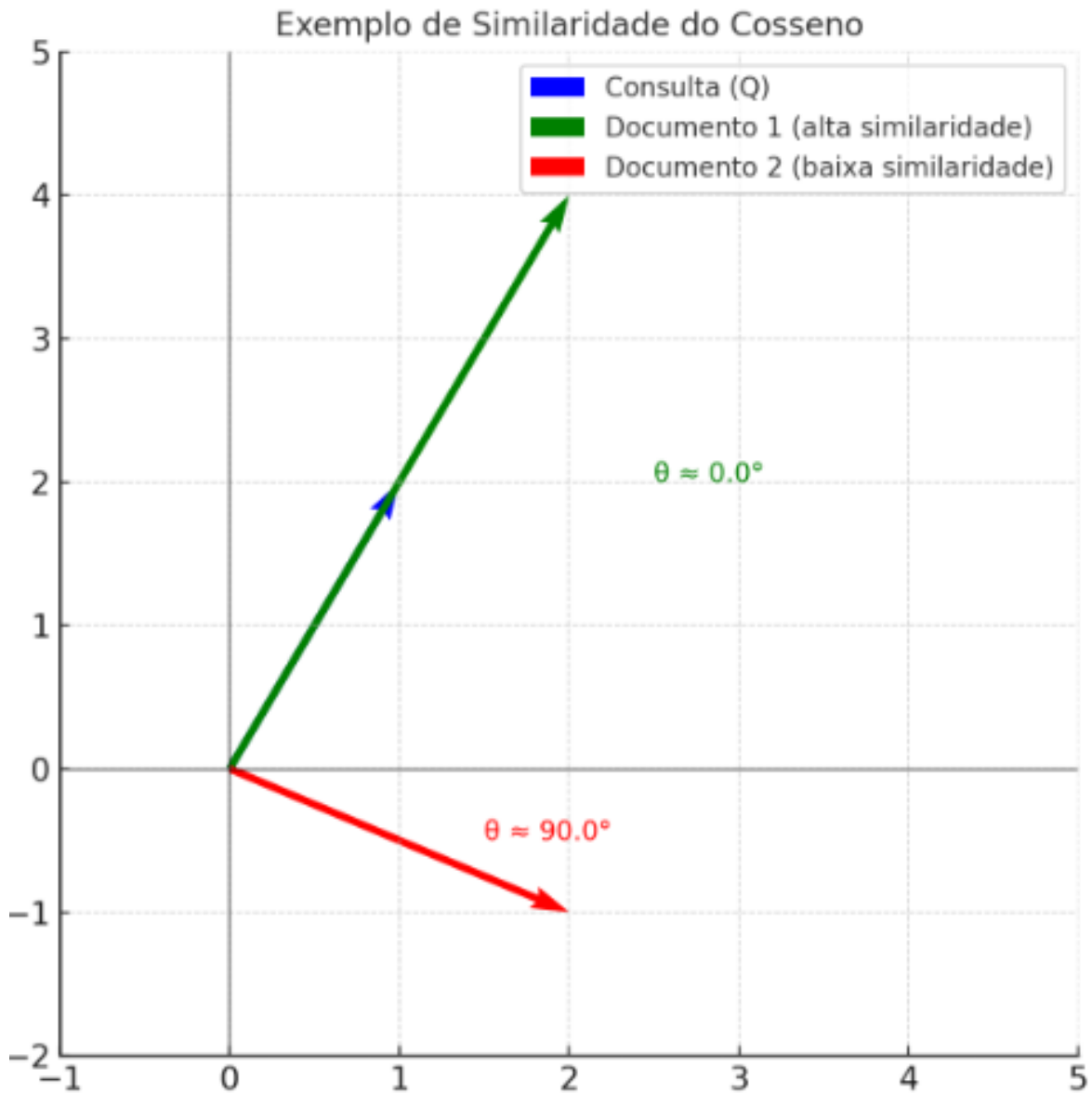


Figura 8 – Exemplo de similaridade do cosseno

Onde:

- **Q (em azul)**: declaração de necessidade do usuário. Exemplo: “Sou um homem adulto e busco abrigo temporário”
- **Documento 1 (em verde)**: informações de um abrigo que acolhe pessoas de qualquer gênero e pets.

- **Documento 2 (em vermelho)**: informações de um abrigo que somente acolhe mulheres.

Como pode ser observado na Figura 8, o vetor azul está praticamente na mesma direção que o vetor verde, o que resulta em um ângulo próximo de 0° . Isso significa que o $\cos(\theta) \approx 1$, indicando alta similaridade entre a declaração do usuário e as informações do Documento 1.

Já o vetor vermelho forma um ângulo maior em relação ao vetor azul ($\theta = 90^\circ$), o que reduz o valor do $\cos(\theta)$, caracterizando baixa similaridade entre a declaração do usuário e o Documento 2.

Na construção da funcionalidade “Apoio à população”, foram utilizados:

Métrica de Similaridade: similaridade do cosseno
Operador de Recuperação: *script_score*
K = 100

4.3.5 *Application Programming Interface* (API) (j)

A sigla API refere-se a um conjunto de regras e protocolos que permitem a comunicação entre diferentes sistemas, aplicações ou serviços.

As APIs atuam como pontes de integração, possibilitando que funcionalidades de um sistema sejam acessadas e utilizadas por outro, sem expor a lógica interna da aplicação original.

O uso de APIs oferece diversas vantagens, como:

- padronização de acesso;
- segurança na troca de informações;
- possibilidade de reuso de funcionalidades.

Esses benefícios tornam as APIs uma prática consolidada no desenvolvimento moderno de software distribuído e baseado em microsserviços (IBM, 2024).

No pipeline clássico do RAG, esta seção corresponde à fase de *Generation*, na qual a LLM gera a resposta final a partir do material recuperado e ranqueado. No contexto deste PMV, esta etapa é operacionalizada por meio da API da OpenAI, que permite enviar solicitações textuais (*prompts*) contextualizadas e receber respostas geradas dinamicamente.

Além da integração com modelos de IA, as APIs também desempenham papel importante na conexão com dados externos, dando a solução acesso a informações comple-

mentares, como serviços meteorológicos ou o nível do rio na região indicada pelo usuário, antes de iniciar sua pesquisa.

Outro aspecto relevante das APIs é a flexibilidade e escalabilidade. As APIs tornam o sistema expansível, facilitando a incorporação de novas fontes de dados no futuro.

Na construção da funcionalidade “Apoio à população”, foram utilizadas:

API da OpenAI — acessada via biblioteca oficial em Python
API de dados meteorológicos (HG Brasil) — acessada via *api.hgbrasil.com*

4.4 Limitações do PMV e trabalhos futuros

Apesar dos resultados promissores obtidos nos testes realizados, a solução desenvolvida ainda apresenta limitações que precisam ser endereçadas em etapas futuras de evolução. Entre os principais pontos identificados, destacam-se:

A **entrada extensa do usuário**, quando o usuário insere textos muito longos, a relevância da necessidade central pode diluir-se, dificultando a recuperação precisa das informações mais relevantes.

A **infraestrutura de armazenamento e busca**, porque atualmente o Elasticsearch encontra-se em ambiente local, o que limita sua disponibilidade para demonstrações externas. Para viabilizar o uso real da solução, será necessário migrá-lo para a nuvem.

A **segurança e privacidade**, uma vez que a solução ainda carece de configurações robustas de segurança, que são essenciais para proteger os dados sensíveis coletados e garantir conformidade com boas práticas de governança da informação.

A **escalabilidade**, pois o sistema ainda não foi testado em cenários de alta demanda simultânea. Será necessário dimensionar a arquitetura para suportar múltiplos usuários acessando a plataforma ao mesmo tempo, sem comprometer desempenho ou confiabilidade.

Os **testes**, pois até o momento, foram realizados testes em um conjunto restrito de 33 cenários simulados. Para validar a robustez da solução, será necessário ampliar este conjunto, contemplando diferentes contextos, variações de linguagem, maior número de usuários simultâneos e volume ampliado de dados nas bases de conhecimento e nas buscas semânticas. Além disso, outros tipos de avaliação deverão ser conduzidos, de modo a garantir a estabilidade técnica e a adequada aceitação pelos usuários finais.

A **revisão da escolha da LLM** (proprietárias e de código aberto), de forma a otimizar a operação, mas mantendo como prioridade as taxas de precisão e completude das respostas.

A **construção dos módulos restantes**, visto que o PMV contempla apenas

parte das funcionalidades previstas na solução completa. Etapas futuras deverão incluir a finalização das demais funcionalidades previstas para esta solução.

A **evolução para agente interativo**, pois atualmente o assistente atua como buscador semântico orientado a consultas. Em versões futuras, poderá evoluir para um agente interativo, capaz de conduzir diálogos mais dinâmicos e solicitar informações adicionais ao usuário, quando necessário.

Em síntese, as limitações identificadas não devem ser interpretadas como falhas, mas sim como características inerentes ao estágio de Produto Mínimo Viável (PMV).

O objetivo desta fase do projeto é justamente validar a viabilidade técnica e conceitual da solução em condições controladas, permitindo identificar lacunas e orientar os próximos ciclos de desenvolvimento. Assim, os pontos levantados constituem insumos valiosos para a evolução da plataforma, rumo a uma versão mais completa, segura, escalável e capaz de atender de forma efetiva as necessidades dos cidadãos em cenários de desastre climático e das instituições clientes.

5 PANORAMA DE MERCADO, INVESTIMENTOS E RESULTADOS ESPERADOS

Como já discutido, a intensificação dos desastres climáticos em escala global tem impulsionado a busca por soluções tecnológicas capazes de apoiar tanto a população diretamente afetada, quanto os gestores públicos responsáveis pela coordenação de respostas. Esse movimento abriu espaço para um mercado global crescente, de soluções digitais voltadas à modernização da gestão pública e ao fortalecimento da inovação social.

Neste contexto, a solução proposta neste trabalho busca reduzir a fragmentação no acesso à informação em cenários emergenciais, reunindo dados de órgãos governamentais e não governamentais, possibilitando que cidadãos registrem suas necessidades e recebam respostas claras, atualizadas e contextualizadas. Além de atuar como canal de atendimento direto à população, a solução funciona também como um instrumento estratégico de coleta e análise de dados, registrando de forma estruturada:

- necessidades declaradas pelos cidadãos em situações de crise;
- respostas fornecidas, pelos cidadãos, às perguntas previamente formuladas por instituições clientes, com base em demandas específicas de gestão;
- informações complementares solicitadas por estas instituições, como dados contextuais ou indicadores adicionais.

Assim, a solução agrega valor em duas frentes: ao oferecer respostas imediatas à população afetada e ao fornecer inteligência estratégica para as instituições públicas, privadas e da sociedade civil.

Além disso, o modelo de negócio adotado baseia-se na lógica *white-label*, definida como produtos ou serviços desenvolvidos por uma organização provedora, mas disponibilizados ao usuário final, sob a marca e gestão de outra instituição (Van Cann; Brinkkemper, 2011). Este modelo combina padronização tecnológica e customização de identidade, criando escalabilidade sem perder a aderência às especificidades de cada cliente institucional.

Na prática, este modelo permite que governos, organizações da sociedade civil e instituições do setor público e privado possam oferecer o serviço diretamente à população, com sua própria identidade institucional, o que amplia a legitimidade e a confiança social. Ao mesmo tempo, a organização provedora da solução mantém uma infraestrutura centralizada para coleta, curadoria e segurança dos dados, além de suporte especializado e provisionamento de análises estratégicas. Este arranjo garante escalabilidade e replicabilidade, permitindo que a solução seja aplicada em múltiplas cidades e contextos, sem a necessidade de reconstrução tecnológica, em cada implementação.

Para estruturar a análise deste potencial de mercado e avaliar a viabilidade da proposta, foram utilizadas ferramentas de apoio amplamente reconhecidas na literatura de gestão da inovação e do empreendedorismo, tais como:

- ***Business Model Canvas***, para detalhar a proposta de valor, clientes (incluindo a estratégia de captação e retenção), parcerias, canais de distribuição, fontes de receita, estrutura operacional e de custos (Osterwalder; Pigneur, 2010);
- ***Benchmarking***, para comparar a solução proposta neste trabalho com referências globais, como a Pesquisa Google com seus alertas de SOS, o Facebook Community Help e o Dubai Now (Camp, 1989);
- **Análise SWOT**, para identificar as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças da proposta no contexto brasileiro e internacional (Kotler; Keller, 2012).

Adicionalmente, foram apresentadas as necessidades de investimentos em dados, pessoas, infraestrutura tecnológica, consultorias especializadas e métodos de avaliação e validação contínuos, destacando como estes investimentos impactam a maturidade e a escalabilidade da solução.

5.1 Proposta de valor

A plataforma gera impacto em duas frentes: população e instituições clientes.

Para a população, a plataforma oferece acesso simplificado a informações sobre recursos públicos, privados e comunitários, em cenários de crise, com dados estruturados e confiáveis, ampliando a capacidade de resposta individual e coletiva. O acesso da população à plataforma será provido pelas instituições clientes, no modelo *white-label*, detalhado anteriormente.

Para clientes institucionais, o valor materializa-se na disponibilização de *dashboards*, relatórios estratégicos, análises personalizadas e dados anonimizados, que fortalecem a tomada de decisão baseada em dados. Este valor assume diferentes formas conforme o segmento: órgãos públicos aprimoram políticas e a coordenação de respostas; organizações da sociedade civil direcionam melhor recursos e voluntários; universidades e centros de pesquisa exploram dados anonimizados em estudos acadêmicos; empresas com estratégias ESG mensuram de forma objetiva os impactos de suas iniciativas; concessionárias e operadoras de telecomunicações identificam melhor áreas críticas e realizam o planejamento da continuidade de seus serviços baseados em dados atualizados; e seguradoras e resseguradoras utilizam informações para análises de risco e modelagem de resseguros. Além dos ganhos operacionais, a solução contribui para a melhoria da imagem pública das instituições que a adotam, ao demonstrar transparência, eficiência e compromisso social perante a população atendida.

A sigla ESG refere-se a Ambiental, Social e Governança, e é um conceito que avalia a sustentabilidade e a responsabilidade social das empresas.

A seguir a Figura 9 e Figura 10 ilustram como o modelo *white-label* será percebido pela população e utilizado pelas instituições clientes.

A Figura 9 apresenta um cenário hipotético em que a instituição cliente é o Governo do Estado do Paraná, no qual a população se encontra na fase de resposta ao desastre e o público-alvo são os cidadãos da cidade de Curitiba. Neste contexto, o cliente busca informações sobre a situação das residências da população afetada e sobre a necessidade de abrigo.

E a Figura 10 apresenta um cenário hipotético onde a instituição cliente é o Governo do Estado do Rio Grande do Sul, no qual a população se encontra na fase de recuperação do desastre e o público-alvo são os cidadãos da cidade de São Leopoldo. Neste contexto, este cliente busca informações sobre a necessidade de demolição das residências afetadas pelas enchentes e o conhecimento da população a respeito da forma adequada de limpar a sua residência, depois da enchente.



Links Úteis Plano de evacuação da cidade Acompanhamento do nível do rio Recursos de emergência Centros de voluntariado	Pais <input type="text"/> Estado <input type="text"/> Cidade <input type="text"/> Bairro <input type="text"/> Sua casa foi afetada pela enchente? <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não Você busca abrigo temporário? <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não Indique sua necessidade <input type="text"/> Resposta <input type="text"/>
---	---

Figura 9 – Instituição cliente: Governo do Estado do Paraná

The image shows a web interface for the Government of Rio Grande do Sul. At the top, there is a logo of the state and the text "GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL". Below this, the interface is divided into several sections:

- Links Úteis:** A list of useful links including "Plano de evacuação da cidade", "Acompanhamento do nível do rio", "Recursos de emergência", and "Centros de voluntariado".
- Guia de Limpeza de Casas Após Enchentes (UFRGS):** A link to a guide from the Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS) on cleaning homes after flooding.
- São Leopoldo - RS:** A weather widget for São Leopoldo, showing a temperature of 22°C, cloudy conditions, and wind speed of 7 km/h with 77% humidity.
- Formulário de Pesquisa:** A survey form with dropdown menus for "País", "Estado", "Cidade", and "Bairro". It includes two mandatory questions with radio button options: "A sua residência precisa ser demolida?" and "Você já conhece o guia da UFRGS sobre como limpar a casa após enchentes?". Below these are text input fields for "Indique sua necessidade" and "Resposta".

Figura 10 – Instituição cliente: Governo do Estado do Rio Grande do Sul

A Figura 10 apresenta, de cima para baixo: a identidade visual do Governo do Estado do Rio Grande do Sul; a seção “Links úteis”, que direciona a população às informações específicas de São Leopoldo, além do link adicional para o guia oficial de limpeza de residências após enchente, elaborado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); as perguntas obrigatórias, que refletem a demanda informacional da instituição; e, por fim, os dados meteorológicos referentes ao município gaúcho.

Ao comparar com a Figura 9, que representa a instância do Governo do Estado do Paraná, observam-se diferenças na identidade visual, no conjunto de perguntas obrigatórias, nos dados meteorológicos apresentados e na seção “Links úteis” que direciona para conteúdos voltados para a população de Curitiba, como por exemplo o plano de evacuação específico desta cidade.

5.2 Clientes

Na seção anterior, foi apresentada a proposta de valor da plataforma, em 2 diferentes dimensões (população e clientes institucionais). Nesta seção, são detalhadas como essas dimensões se desdobram em segmentos específicos de clientes: a população, os órgãos públicos, organizações da sociedade civil, instituições de pesquisa e universidades, empresas com estratégias ESG e empresas com grande capilaridade e interesse em dados coletados.

A seguir, os referidos seguimentos.

A **população**, que pode acessar a plataforma gratuitamente, para encontrar apoio rápido e contextualizado.

Os **órgãos públicos**, como prefeituras, secretarias e defesas civis, que podem melhorar sua atuação e imagem perante a população.

As **organizações da sociedade civil**, como ONGs, fundações e associações comunitárias, que podem direcionar melhor seus recursos e voluntários.

As **instituições de pesquisa e universidades**, interessadas em dados anonimizados, para estudos acadêmicos.

As **empresas com estratégias ESG**, que podem adotar a solução em suas iniciativas de impacto social e utilizar os dados analíticos disponibilizados pela plataforma para mensurar resultados.

As **empresas com grande capilaridade e interesse em dados** coletados durante e após crises, como concessionárias de serviços essenciais (energia, saneamento e transportes), operadoras de telecomunicações e seguradoras e resseguradoras.

As concessionárias de serviços essenciais e operadoras de telecomunicações possuem acesso direto a uma parcela significativa da população, por meio de canais de atendimento e comunicação em massa e enfrentam impactos imediatos em contextos de desastres (ex.: interrupções no fornecimento de energia e danos em redes de água e esgoto).

Quanto às seguradoras e resseguradoras, elas possuem interesse nos dados capazes de apoiar suas análises preditivas e relatórios de risco, cálculo de prêmios, a modelagem de resseguro e a redução de perdas em eventos extremos.

5.3 Parcerias e canais de distribuição

As parcerias estratégicas foram pensadas para incluir atores capazes de trazer dados, validar metodologias, apoiar a credibilidade da solução, fornecer insumos tecnológicos e acadêmicos e facilitar sua inserção no mercado. Entre as principais parcerias estão: órgãos governamentais, organizações da sociedade civil, universidades e centros de pesquisa, institutos de pesquisa aplicada e tecnologia, *hubs* de inovação e aceleradoras, consultorias

em gestão pública e transformação digital e provedores de infraestrutura em nuvem.

Os **órgãos governamentais**, como parceiros e canais de distribuição, podem colaborar disponibilizando dados oficiais, garantindo a legitimidade institucional da solução e se tornando canais diretos, para distribuição da plataforma em modelo *white-label*.

As **organizações da sociedade civil**, podem atuar como parceiras e canais de distribuição, disponibilizando dados locais e ampliando a capilaridade da plataforma, especialmente em regiões com menor presença do poder público. Quando aplicável, também podem atuar como canais de distribuição, operando no modelo *white-label*.

As **universidades e centros de pesquisa**, como parceiros, podem contribuir com a validação metodológica e científica da solução e na introdução de inovações acadêmicas e tecnológicas relevantes ao aprimoramento da plataforma. Exemplo: o Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da USP (USP-ICMC), que promove programas de cooperação com o setor público e privado, ofertando expertise técnica e metodológica (USP-ICMC, s.d.).

Os **institutos de pesquisa aplicada e tecnologia**, como parceiros, podem aportar credibilidade científica, experiência em projetos de inovação e acesso a editais de fomento. Também mantêm relações consolidadas com órgãos governamentais, facilitando a inserção da solução em novos mercados e reforçando sua legitimidade técnica. Exemplo: Lactec (LACTEC, s.d.).

Os **hubs de inovação e aceleradoras**, como parceiros, podem oferecer suporte estratégico por meio de mentorias, conexões com investidores, acesso a editais e programas de aceleração, além de maior visibilidade e inserção em redes de impacto social e tecnológico. Exemplo: Hotmilk/PUCPR (PUCPR, s.d.).

As **consultorias em gestão pública e transformação digital**, como parceiras, podem contribuir com a solução aumentando sua credibilidade e permitindo sua inserção em projetos existentes. Exemplo: Instituto das Cidades Inteligentes (ICI), organização social sediada em Curitiba que opera sistemas de governo digital, como a Central 156 e atua na transformação digital de serviços públicos municipais (Instituto das Cidades Inteligentes, s.d.).

E por fim, os **provedores de infraestrutura em nuvem**, como parceiros, podem proporcionar a participação em programas de incentivo que podem reduzir barreiras financeiras, acelerar a maturidade tecnológica da solução e fortalecer sua credibilidade no ecossistema de inovação com foco social. Exemplos: a Oracle, com seu programa Oracle for Startups, que oferece créditos em infraestrutura, suporte técnico e conexões de mercado para startups de impacto social (Oracle, 2025); e a AWS, com a iniciativa Compute for Climate Fellowship, que concede créditos em nuvem, mentoria e apoio técnico a projetos de *ClimateTech* (Amazon Web Services, 2025).

O termo *ClimateTech* refere-se a tecnologias voltadas para reduzir emissões de gases de efeito estufa ou enfrentar os impactos do aquecimento global, abrangendo desde soluções de mitigação e remoção de emissões, até iniciativas que promovem adaptação (exemplos: gestão de riscos, e resiliência da população) e melhor compreensão das mudanças climáticas (PricewaterhouseCoopers, 2021). Neste contexto, ‘adaptação’ também designa tecnologias que auxiliam a sociedade a lidar com os efeitos já em curso das mudanças climáticas e desta forma, a solução proposta neste trabalho enquadra-se no conjunto de iniciativas voltadas à adaptação.

Os canais de distribuição refletem a estratégia do modelo *white-label*, mas não exclusivamente. Entre os principais canais estão:

- **Canal institucional (modelo *white-label*):** cada cliente adota a solução, customizada com sua identidade visual e a divulga junto à sua comunidade e seu público-alvo (usuário final);
- **Publicações técnicas e relatórios especializados:** materiais como *white papers* e estudos de caso permitem demonstrar o impacto da solução e reforçar a credibilidade técnica da solução, junto a gestores e pesquisadores;
- **Eventos e conferências setoriais:** participação em fóruns de inovação social voltados à adaptação climática, bem como conferências acadêmicas, que atuam como canais estratégicos de promoção da solução, para novos clientes institucionais.

5.4 Fontes de receita

A fonte de receitas da solução será híbrida, combinando serviços de implantação com assinaturas recorrentes e entregas de relatórios e *dashboards*, complementados pela disponibilização de relatórios e análises sob-demanda e o fornecimento de dados anonimizados. A seguir, são descritas as modalidades de receita que se espera obter.

5.4.1 Serviço de implementação

O serviço de implementação, em modelo *white-label*, incluirá a customização da solução, o suporte especializado à plataforma, a curadoria de dados e a segurança da informação. Neste formato, cada instituição cliente terá sua própria instância, com identidade visual própria, público-alvo definido, questões obrigatórias, indicadores complementares específicos e base de recursos dedicada, cabendo ao cliente a divulgação da plataforma à população.

Os dados coletados e estruturados serão disponibilizados em relatórios, *dashboards* e análises personalizadas, acessíveis também mediante assinaturas recorrentes.

Neste serviço as receitas serão provenientes de:

- **Consultoria inicial:** taxa de implantação para customização e integração da solução;
- **Assinatura recorrente:** mensalidades que garantem acesso a relatórios, *dashboards* e dados continuamente atualizados, além de suporte especializado.

5.4.2 Relatórios e análises sob-demanda

Além dos relatórios e *dashboards* disponibilizados de forma contínua no serviço de assinatura, a solução também prevê a oferta de relatórios e análises sob-demanda, desenvolvidos de acordo com necessidades específicas de cada instituição cliente.

Estes serviços adicionais permitem, por exemplo, aprofundar a compreensão sobre padrões de vulnerabilidade em determinadas regiões, avaliar o impacto de políticas públicas, mensurar resultados de iniciativas ESG ou apoiar seguradoras e resseguradoras em estudos de risco e modelagem de perdas.

Desta forma, os relatórios sob-demanda ampliam a flexibilidade da plataforma, oferecendo entregas personalizadas, que podem variar desde análises estatísticas mais detalhadas até painéis temáticos ou estudos comparativos, sempre baseados nos dados estruturados e anonimizados coletados pela solução.

As receitas desta modalidade decorrerão da contratação pontual desses estudos ou pacotes customizados de análises, reforçando a sustentabilidade financeira do modelo.

5.4.3 Fornecimento de dados anonimizados

Outra fonte de receita é a oferta de bases de dados anonimizadas, submetidas a processo rigoroso que assegura conformidade com a LGPD e preserva a privacidade dos usuários. Nos termos da Lei nº 13.709/2018, um dado deixa de ser considerado pessoal quando a anonimização é irreversível por meios técnicos razoáveis (art. 5º, XI; art. 12, caput). Nessas condições, o compartilhamento é permitido, desde que se mantenha a impossibilidade de reidentificação dos titulares (Brasil, 2018).

A utilização desses dados possibilitará a realização de pesquisas aplicadas sobre vulnerabilidades populacionais, padrões de demanda em contextos de desastre, efetividade de políticas públicas ou impactos sociais de iniciativas privadas, sempre baseados nos dados coletados pela solução.

As receitas dessa modalidade decorrerão da contratação pontual de bases temáticas, da aquisição de pacotes de dados ou de acordos de cooperação, com instituições acadêmicas e organizações interessadas no uso estratégico dessas informações.

5.5 Estrutura operacional

A solução será administrada por uma equipe interna multidisciplinar, formada por analistas e engenheiros de dados, administradores de banco de dados, cientistas de dados, engenheiros de software e especialistas em relacionamento institucional.

Estes profissionais atuarão de forma integrada para assegurar a qualidade, a relevância e a atualização contínua tanto da base de informações quanto da própria plataforma, bem como executar as atividades relacionadas às fontes de receita.

Complementarmente, serão contratados consultores externos, com expertise em cibersegurança, infraestrutura em nuvem, gestão de desastres e políticas públicas. O objetivo é fortalecer a credibilidade e garantir maior segurança, escalabilidade e aderência prática da solução. Além disso, gestores de projetos atuarão para assegurar o êxito das implementações e a efetiva adoção da plataforma pelos clientes.

A infraestrutura tecnológica será hospedada em provedores de nuvem, o que assegura escalabilidade, alta disponibilidade e recursos avançados de segurança da informação. Esta opção também permite reduzir custos de manutenção física, acelerar processos de implantação e facilitar a replicabilidade em diferentes contextos geográficos.

Os referidos profissionais, juntamente com a infraestrutura tecnológica em nuvem, compõem os **recursos-chave** da solução.

A partir deles, desenvolvem-se as **atividades-chave**, que abrangem:

- coleta e curadoria contínua de dados;
- personalização da solução;
- anonimização de dados;
- análises e provisionamento de dados, relatórios e *dashboards*;
- atuação dos especialistas em relacionamento institucional;
- pesquisa e desenvolvimento (P&D);
- suporte funcional e técnico à plataforma e às instituições clientes;
- gestão de segurança e *compliance*.

A **coleta e curadoria contínua de dados** consiste na integração de informações de órgãos públicos, organizações da sociedade civil e parceiros privados, obtidas tanto por parcerias institucionais, quanto por técnicas de *web scraping*, aplicadas a sites oficiais. Este processo assegura a atualização constante, padronização e abrangência, enquanto a

curadoria humana garante a validação e qualidade dos dados, antes de sua disponibilização na plataforma.

A **personalização da solução**, em modelo *white-label*, inclui a adequação da plataforma à identidade visual, requisitos específicos e público-alvo de cada cliente institucional;

A **anonimização de dados** abrange as atividades necessárias para a aplicação de processos técnicos destinados a eliminar a possibilidade de identificação direta ou indireta dos usuários finais, de forma a assegurar a privacidade individual e garantir plena conformidade com a LGPD.

A **análises e provisionamento de dados, relatórios e *dashboards***, refere-se às atividades de tratamento das informações e geração de indicadores, alinhados tanto às entregas regulares da assinatura mensal quanto aos relatórios e bases de dados anonimizados solicitados sob demanda.

A **atuação dos especialistas em relacionamento institucional**, compreende as atividades de construção e manutenção de vínculos com clientes e parceiros, assegurando o alinhamento da solução às demandas das instituições clientes e dos potenciais clientes. Estes especialistas terão o objetivo de buscar legitimar a solução, facilitar parcerias estratégicas, apoiar a expansão para novos mercados, além de captar e reter clientes.

A **pesquisa e desenvolvimento (P&D)** engloba todas as atividades que têm como objetivo a evolução constante da plataforma, por meio da adoção de novas técnicas de inteligência artificial, metodologias de busca semântica e aprimoramentos de usabilidade;

O **suporte funcional e técnico**, em modelo de segunda linha, abrange as atividades de acompanhamento das implantações junto aos clientes institucionais e a realização de capacitações, de modo a preparar as equipes dessas instituições para conduzirem o atendimento de primeira linha.

A equipe da empresa provedora da solução permanecerá responsável pelo suporte de segunda linha, voltado ao tratamento de incidentes críticos e à manutenção da infraestrutura. Todo o suporte funcional e técnico será viabilizado por um canal exclusivo, que permitirá o registro e o acompanhamento de todas as demandas reportadas por clientes e usuários, além de assegurar a preservação das informações históricas.

A **gestão de segurança e *compliance*** compreende as ações de monitoramento e aplicação de boas práticas de governança de dados, garantindo anonimização e proteção da privacidade, em conformidade com legislações como a LGPD, bem como o monitoramento contínuo do cumprimento das demais normas e padrões setoriais aplicáveis aos mercados de atuação da plataforma.

Essa estrutura operacional, articulando recursos-chave e atividades-chave, assegura

que a plataforma mantenha confiabilidade técnica, eficiência na coleta e análise de dados e capacidade de inovação contínua, sustentando diretamente as diferentes fontes de receita e fortalecendo a proposta como uma solução escalável e sustentável, para diferentes cidades e contextos de desastres climáticos.

5.6 Estrutura de custos

A sustentabilidade financeira da solução depende de uma estrutura de custos compatível com o modelo de negócio proposto, que combina consultoria inicial, assinaturas recorrentes, bem como o provisionamento de relatórios e dados sob demanda.

Os principais custos estão organizados em sete pilares fundamentais, diretamente associados às atividades-chave e à estrutura operacional:

- **Equipe técnica especializada** (analista de dados, engenheiros de software, engenheiros de dados, administradores de banco de dados, cientistas de dados, gestores de projetos e consultores externos): contempla salários, capacitação contínua e ferramentas necessárias para o desenvolvimento, manutenção e evolução da plataforma e dos dados, bem como para a coordenação das etapas de implantação junto aos clientes institucionais;
- **Equipe de relacionamentos institucionais**: inclui salários, capacitação contínua e recursos necessários para a construção de vínculos estratégicos com clientes e parceiros, além da captação e retenção de clientes;
- **Equipe administrativa**: contempla salários, capacitação e ferramentas necessárias para a administração geral da empresa, abrangendo gestão de contratos e demais aspectos jurídicos, o marketing institucional, os recursos humanos, além da gestão financeira e contábil;
- **Infraestrutura em nuvem**: custos relacionados à hospedagem da solução em provedores de nuvem, incluindo recursos de escalabilidade, alta disponibilidade e sistemas de monitoramento;
- **Segurança da informação**: custos relacionados às ações e ferramentas de *compliance* e proteção de dados, em conformidade com a LGPD e demais normas e padrões setoriais aplicáveis aos mercados de atuação da plataforma;
- **Consumo de APIs de LLMs**: despesas variáveis relacionadas ao uso de modelos de linguagem natural, incluindo custos por volume de *tokens* processados e testes de otimização de *prompts*, que são indispensáveis para manter a precisão e a relevância das respostas da plataforma;

- **Custos administrativos fixos e variáveis:** despesas necessárias à operação do negócio, como impostos, aquisição e manutenção de equipamentos, gestão do fluxo de caixa e serviços de contabilidade e assessoria jurídica, além de custos relacionados ao espaço físico do escritório. Incluem também investimentos em marketing institucional, participação em eventos estratégicos e taxas de publicação de relatórios técnicos ou artigos.

5.7 Estratégia de captação e retenção de clientes

A estratégia de captação de clientes será inicialmente realizada pelos especialistas em relacionamento institucional, responsáveis por construir parcerias com instituições públicas, privadas e da sociedade civil, tendo como objetivo inicial a atração de clientes-âncora, cuja adesão viabiliza os primeiros casos de uso em escala, fortalece a legitimidade da solução e estimula o engajamento da população, como por exemplo as prefeituras de Curitiba(PR) e de São Leopoldo(RS).

Em paralelo, a participação em eventos setoriais, como a Climate Week São Paulo ou encontros promovidos pelo Pinhão Hub em Curitiba, a divulgação por meio da publicação de relatórios técnicos e o aproveitamento de redes de parceiros acadêmicos e institucionais funcionarão como canais de visibilidade e prospecção, ampliando gradualmente a base de clientes.

Adicionalmente a estratégia de captação, será também implementada uma estratégia de retenção de clientes, que será orientada pela entrega contínua de valor e pela consolidação de vínculos duradouros com as instituições usuárias da solução. Para tanto, será instituído um canal estruturado de retorno, voltado tanto para clientes quanto para os usuários finais, que possibilitará o encaminhamento de sugestões e a identificação de melhorias.

Todos os clientes contarão com acompanhamento consultivo permanente, realizado por especialistas responsáveis por apoiar a aplicação prática dos resultados da solução, auxiliando na interpretação dos dados e na integração com processos institucionais já existentes. Essa atuação reforça a proposta de valor da solução e eleva as barreiras à entrada de concorrentes.

No caso dos clientes-âncora, cuja adesão viabiliza os primeiros casos de uso em escala, será assegurada participação direta no plano de evolução da solução, permitindo que influenciem a priorização de funcionalidades e acompanhem a inovação de maneira ativa. Além disso, sempre que possível, suas marcas serão divulgadas em eventos, congressos e publicações técnicas, reforçando sua reputação institucional e reconhecendo o seu papel no apoio à inovação social.

Por fim, a inovação constante, materializada na incorporação progressiva de novas técnicas de inteligência artificial, no desenvolvimento de funcionalidades preditivas e na

criação de módulos específicos para diferentes tipos de desastres ou públicos, constituirá um diferencial competitivo essencial, garantindo que a solução se mantenha atualizada, relevante e indispensável ao longo do tempo.

5.8 Panorama de mercado

A seguir é apresentada a análise do panorama de mercado, em quatro perspectivas: panorama municipal (Curitiba), estadual (Paraná), federal(Brasil) e internacional. E contemplará a análise de recursos e instituições envolvidos nas fases de resposta e recuperação de eventos climáticos extremos (Lei *et al.*, 2025).

Também será examinada a existência, ou ausência, de ferramentas capazes de desempenhar o papel que a solução proposta neste trabalho se propõe a realizar, por meio de um exercício de benchmarking com iniciativas já consolidadas, como a Pesquisa Google e seus Alertas de SOS, o Facebook Community Help e o Dubai Now.

5.8.1 Panorama municipal (Curitiba)

A cidade de Curitiba dispõe atualmente de alguns recursos institucionais e comunitários para apoiar a população em um cenário de enchente. Estes recursos abrangem tanto iniciativas governamentais quanto não governamentais, mas ainda apresentam limitações significativas.

A seguir, os principais recursos institucionais da cidade de Curitiba, para apoiar a população em um cenário de enchente:

O **Canal 156**, principal ponto de contato do cidadão com a Prefeitura, está disponível por telefone, aplicativo e portal web. Permite solicitar informações e registrar ocorrências, incluindo problemas relacionados a enchentes, alagamentos e infraestrutura urbana (Prefeitura de Curitiba, s.d.b). Embora seja uma ferramenta relevante, não é específica para desastres climáticos, o que limita sua efetividade como canal estruturado de coleta de necessidades em situações de crise. Exemplo: se o cidadão ligar para o 156 e indicar que necessita de apoio para demolir sua casa afetada pela enchente, o atendente se limitará a indicar que não é um serviço ofertado pela prefeitura.

A **Defesa Civil Municipal** é a responsável pelo atendimento às emergências, sejam elas desastres naturais ou não. Pode ser acionada pelos telefones 199 ou 153 e atua no registro, resposta e coordenação de situações críticas, como enchentes, alagamentos, deslizamentos e outros eventos adversos, prestando suporte direto à população afetada e articulando ações preventivas e de mitigação. Parte da coleta de informações é realizada diretamente em campo por suas equipes, de forma manual e limitada pela capacidade operacional (Prefeitura de Curitiba, s.d.c; Prefeitura de Curitiba, s.d.).

E a **Guarda Municipal**, que é responsável pela proteção de bens, serviços e

instalações públicas do município, em situações de emergência, como enchentes e outros desastres. Além disso, atua de forma complementar à Defesa Civil, realizando o isolamento de áreas de risco, apoio logístico a abrigos temporários, orientação à população e preservação da ordem pública. A Guarda Municipal também pode ser acionada pelo telefone 153, funcionando como canal de atendimento emergencial à comunidade (Brasil, 2014).

Além dos recursos institucionais, Curitiba conta com os recursos comunitários para apoiar a população em um cenário de enchente. A seguir os principais:

Os **movimentos comunitários e as igrejas locais**, que atuam como pontos de coleta e distribuição de doações e na organização de redes de apoio em situações de crise. Em Curitiba, já foram registradas campanhas de arrecadação promovidas por igrejas e ONGs em resposta a enchentes (Band News FM Curitiba, 2018), assim como parcerias institucionais entre a Fundação de Ação Social (FAS) e instituições religiosas, para atendimento a pessoas em situação de vulnerabilidade (Prefeitura de Curitiba, 2025).

E as **ONGs e as redes voluntárias**, organizações como o Teto Brasil já atuaram em Curitiba e região, oferecendo soluções emergenciais como construção de moradias temporárias (Teto Brasil, 2024).

5.8.2 Lacunas no cenário municipal

Embora Curitiba disponha de recursos institucionais e comunitários para apoio em enchentes, esse suporte ainda se mostra fragmentado, pontual e pouco integrado, o que reduz a eficiência e a rapidez na chegada da ajuda à população.

Atualmente, não existe nenhuma plataforma que reúna, de forma centralizada, informações governamentais, serviços emergenciais, doações comunitárias e dados fornecidos por cidadãos ou organizações locais. Cada instituição, governamental ou não, atua de forma isolada ou estabelece parcerias pontuais, o que cria barreiras de acesso à população em situações de crise, justamente quando a informação rápida e confiável é mais necessária.

Além disso, os canais existentes, como o 156 e a atuação da Defesa Civil, cumprem papéis importantes, mas não permitem a coleta estruturada, padronizada e em larga escala das necessidades da população em tempo real.

Essa lacuna evidencia a oportunidade para soluções inovadoras, capazes de conectar os diferentes atores e, ao mesmo tempo, incorporar a voz direta da população por meio de um processo estruturado de coleta de dados, promovendo integração, agilidade e maior impacto social.

5.8.3 Panorama estadual (Paraná)

O Estado do Paraná dispõe de diversos instrumentos institucionais para apoiar a população em situações de desastre. A seguir, destacam-se os principais.

O **Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (SIMEPAR)** é o órgão estadual responsável pelo monitoramento meteorológico e hidrológico. Fornece previsões para todos os 399 municípios, imagens de radar e dados meteorológicos em tempo real, sendo a principal referência técnica para prevenção e mitigação de riscos climáticos no estado (SIMEPAR, 2025).

O **Instituto Água e Terra (IAT)** é uma instituição que mantém uma rede de estações hidrométricas e telemétricas que monitoram níveis de rios, vazões e índices de chuva. Os dados são disponibilizados em painéis públicos, como o Hidroinfo Paraná, que permite ao cidadão acompanhar em tempo real a situação dos rios e áreas de risco de enchentes (Instituto Água e Terra, s.d.).

O **Centro Estadual de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CEGERD)** é a estrutura central da Defesa Civil do Paraná responsável pelo monitoramento contínuo de riscos e pela coordenação estadual em situações de crise. Integra informações de órgãos técnicos, como SIMEPAR, IAT e o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas (abordado em mais detalhes no tópico relacionado aos recursos e instrumentos federais), e acompanha, em tempo real, as ocorrências em todos os municípios do estado. Sua atuação visa garantir uma tomada de decisão ágil, baseada em evidências e articulada entre diferentes instituições (CEGERD, s.d.).

Dentro da atuação do CEGERD, destacam-se os alertas à população, a coordenação de resposta em situações de emergência, a gestão de voluntários da Defesa Civil e o apoio social e logístico em situações de calamidade pública e emergências.

Os **alertas à população**, são disponibilizados gratuitamente e enviados por SMS, WhatsApp, Telegram e também veiculadas na TV por assinatura, abrangendo notificações de chuvas intensas, enchentes e deslizamentos (Defesa Civil do Paraná, s.d.a; Governo Federal, s.d.).

A **coordenação de resposta em situações de emergência**, atua em articulação com o Corpo de Bombeiros do Paraná, utilizando informações técnicas do SIMEPAR e do IAT para subsidiar a tomada de decisão. Conta ainda com o apoio direto da Rede Estadual de Emergência de Radioamadores (REER), que garante comunicações alternativas em cenários de falha das redes convencionais (Defesa Civil do Paraná, s.d.c; Paraná (Estado). Agência Estadual de Notícias, 2025).

A **gestão de voluntários da Defesa Civil** consiste na manutenção, por meio de um sistema de cadastramento online, de voluntários, tanto pessoas físicas quanto jurídicas, além de promover capacitações pela Escola de Defesa Civil (Defesa Civil do Paraná, s.d.b).

O **apoio social e logístico** organiza o serviço de proteção em situações de calamidade pública e emergências, com acolhimento emergencial em abrigos temporários, distribuição de suprimentos básicos, apoio psicossocial e articulação com programas de

transferência de renda e benefícios eventuais (Paraná. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Social e Família, s.d.; Paraná. Coordenadoria Estadual da Defesa Civil, 2025).

No âmbito estadual, observa-se que o CEGERD e a Defesa Civil do Paraná desempenham papel relevante na emissão de alertas e na organização do voluntariado, porém não dispõem de um sistema capaz de coletar em tempo real as necessidades declaradas pela população afetada, como pedidos de abrigo, alimentos, água ou medicamentos, nem de redistribuir essas informações de forma integrada entre órgãos públicos, organizações da sociedade civil e parceiros privados.

Paralelamente, instituições como o SIMEPAR e o IAT disponibilizam dados técnicos essenciais, relacionados ao clima, rios e chuvas, mas com foco exclusivo no monitoramento ambiental, sem contemplar diretamente as demandas sociais.

5.8.4 Lacunas no cenário estadual

Embora o Paraná disponha de instituições que monitoram riscos, emitem alertas e coordenam ações emergenciais, esse suporte ainda é fragmentado. Não existe uma plataforma única e acessível ao cidadão que integre informações como níveis de rios, alertas de risco, disponibilidade de abrigos temporários e iniciativas comunitárias. Cada órgão mantém seus próprios canais de comunicação, o que gera dispersão de dados e dificulta o acesso rápido e confiável.

Nesse contexto, evidencia-se a oportunidade para a solução aqui proposta, que busca centralizar e integrar dados de diferentes fontes em uma plataforma única e, sobretudo, transformar a voz da população em insumo estruturado para apoiar a gestão de crises.

5.8.5 Panorama nacional

O Brasil dispõe de importantes instrumentos institucionais para apoiar a população em situações de desastre. Esses instrumentos podem ser divididos entre os que estão diretamente acessíveis à população e aqueles de caráter técnico e administrativo, voltados a gestores públicos.

As principais ferramentas e estruturas nacionais de apoio, acessíveis à população são:

Os **materiais educativos da Defesa Civil Nacional**, cartilhas impressas e digitais com orientações práticas de prevenção e autoproteção.

Os **abrigos emergenciais** em parceria com municípios, acionados em situações críticas com apoio de recursos federais.

E o **Centro Nacional de Monitoramento e Alertas (Cemaden)** que, embora voltado ao monitoramento técnico, fornece dados que subsidiam campanhas e alertas direcionados ao cidadão (CEMADEN, 2023).

No que se refere aos instrumentos de caráter técnico e administrativo voltados a gestores públicos, destacam-se:

O **Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD)** que centraliza registros, decretos de emergência e pedidos de recursos federais (Brasil. Ministério do Desenvolvimento Regional, s.d.).

O **Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (Cenad)**, que coordena articulações entre órgãos nacionais e estaduais (Brasil. Ministério do Desenvolvimento Regional, 2025).

O **Projeto de Resposta Integrada a Desastres (RESPAD)**, que atua como força de resposta integrada, com bombeiros e forças de segurança (Brasil. Ministério da Justiça e Segurança Pública, 2025).

O **Serviço Geológico do Brasil (SGB)**, que elabora mapas de risco e painéis técnicos utilizados por órgãos gestores (Brasil. Serviço Geológico do Brasil, s.d.).

E o **Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDC 2024–2034)**, que é a principal referência normativa e operacional do país (Brasil. Ministério do Desenvolvimento Regional, 2024).

O PNPDC 2024–2034 define diretrizes e responsabilidades de caráter normativo, para articular as ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação frente a desastres em todo o território nacional.

Lançado em outubro de 2024, após processo colaborativo que envolveu órgãos governamentais, universidades e a sociedade civil (Brasil. Ministério do Desenvolvimento Regional, 2024), o plano operacionaliza a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei nº 12.608/2012), que instituiu o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) e definiu as competências de União, Estados e Municípios (República, 2012).

O PNPDC 2024–2034 está organizado em 11 produtos estratégicos, formulados com base em diagnósticos técnicos e oficinas participativas. São eles:

- Produto 1 – Plano de Trabalho Operacional para a Elaboração do PN-PDC;
- Produto 2 – Identificação dos Riscos de Desastres – Cenários de Curto, Médio e Longo Prazo;
- Produto 3 – Princípios e Diretrizes Estratégicas de Atuação em Proteção e Defesa Civil;
- Produto 4 – Versão Sintética da Atuação em Proteção e Defesa Civil;
- Produto 5 – Atuação em Prevenção (Brasil. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2024a);

- Produto 6 – Atuação em Mitigação (Brasil. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2024b);
- Produto 7 – Atuação em Preparação (Brasil. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2024c);
- Produto 8 – Atuação em Resposta (Brasil. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2024d);
- Produto 9 – Atuação em Recuperação (Brasil. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2024e);
- Produto 10 – Plano Consolidado do PN-PDC (versão final integrada);
- Produto 11 – Mecanismos de Capacitação e Difusão do PN-PDC.

Os produtos 5, 6, 7, 8 e 9 traduzem, na prática, os princípios do Marco de Sendai (2015–2030), reforçando que a gestão de desastres deve integrar ações preventivas e de mitigação, com a capacidade de resposta e reconstrução sustentável (United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2015).

A Lei nº 12.608/2012 também atribui responsabilidades específicas aos entes federativos, como: instituir e manter sistemas de informação e monitoramento, fornecer dados ao sistema nacional, promover estudos sobre causas e impactos de desastres, estimular núcleos de pesquisa e incentivar a participação de ONGs e voluntários (República, 2012).

5.8.6 Lacunas do cenário nacional

Apesar da abrangência do PNPDC e da diversidade de instrumentos federais, o acesso direto da população permanece restrito a iniciativas pontuais (alertas de risco, campanhas educativas e abrigos emergenciais). Os sistemas estruturantes — S2iD, Cemaden e o próprio PNPDC — são voltados sobretudo a gestores públicos, operando como ferramentas de monitoramento e coordenação, não como canais de apoio imediato ao cidadão.

Inexiste, em âmbito nacional, um mecanismo que colete de forma estruturada e, quando possível, em tempo real, as necessidades declaradas pela população durante desastres. As soluções atuais priorizam a difusão de alertas e o registro administrativo, mas não transformam essas demandas em dados acionáveis para gestores públicos, organizações da sociedade civil e parceiros privados.

Como consequência, o país carece de uma plataforma integrada, de uso direto pela população, que concentre informações e serviços governamentais e não governamentais e, ao mesmo tempo, permita a coleta estruturada dessas necessidades.

Essa lacuna compromete a comunicação e o atendimento às comunidades afetadas, reduz a eficiência das ações em campo e reforça a pertinência de soluções inovadoras — como a proposta neste trabalho — capazes de aproximar diretrizes legais da prática.

5.8.7 Panorama internacional

Em termos de mercado internacional, observa-se a implementação de diversas iniciativas voltadas ao apoio da população nas fases de resposta e recuperação diante de crises, abrangendo desde a oferta de informações em tempo real até a mobilização comunitária e a integração com serviços públicos e privados. Essas soluções são, em geral, de base digital e demonstram a importância da tecnologia como facilitadora de acesso rápido e confiável, em momentos de crise.

A seguir, são apresentadas três iniciativas cujos propósitos são correlato ao da solução proposta neste trabalho.

A identificação das iniciativas ocorreu por meio de pesquisas realizadas na internet, entre 1º e 30 de julho de 2025, e a análise comparativa foi conduzida com base em oito critérios de avaliação definidos neste trabalho, que orientaram o processo e fundamentaram tanto a análise final das iniciativas quanto sua comparação com a solução proposta.

Cada iniciativa é descrita de forma sintética, incluindo sua área de abrangência, principais pontos fortes e fracos, bem como o público-alvo. Além disso, está classificada de acordo com os critérios de avaliação estabelecidos, apresentados na Tabela 2 e acompanhados de seus respectivos níveis de classificação.

Tabela 2 – Critérios de avaliação utilizados no *benchmarking*

Critério	Descrição	Níveis de Classificação
1. Centralização e atualização dos dados	Avalia a existência de fontes confiáveis e a atualização contínua das informações.	Baixa: funcionalidade inexistente. Média: funcionalidade existente, mas com limitações relevantes. Alta: funcionalidade existente e informações atualizadas continuamente.
2. Mecanismo de busca inteligente e acessível	Verifica se há mecanismos de busca inteligente, com entendimento do contexto do usuário.	Baixa: inexistente. Média: existente, mas com limitações relevantes. Alta: existente e com características avançadas.

Critério	Descrição	Níveis de Classificação
3. Capacidade de coleta de informações dos usuários	Capacidade da solução em capturar dados relevantes para decisões e análises futuras.	Baixa: inexistente. Média: existente, mas com limitações relevantes. Alta: existente e com capacidade de coletar informações relevantes.
4. Flexibilidade na coleta de dados, conforme a demanda	Indica se a coleta de dados dos usuários ou complementares se adapta à demanda do momento ou ao tipo de evento.	Baixa: inexistente. Média: existente, mas com limitações relevantes. Alta: existente e com características avançadas.
5. Adaptabilidade contextual	Possibilidade de replicação da solução em diferentes territórios, línguas ou contextos.	Baixa: sem possibilidade de replicação. Média: replicável, mas com limitações relevantes. Alta: replicável e com características avançadas.
6. Modelo de sustentabilidade/monetização	Verifica se a solução possui viabilidade econômica ou estrutura de financiamento durável.	Baixa: não sustentável. Média: sustentável, mas dependente de outra área de negócio da empresa. Alta: auto-sustentável.
7. Escalabilidade operacional	Mede a capacidade de crescimento da solução, sem aumentos proporcionais de custos ou recursos.	Baixa: não escalável. Média: escalável, mas com limitações relevantes. Alta: altamente escalável.
8. Impacto social	Avalia o potencial transformador da solução na vida das pessoas, especialmente populações em situação de vulnerabilidade.	Baixa: sem impacto social expressivo. Média: impacto social expressivo, mas de baixo alcance. Alta: impacto social expressivo e de grande alcance.

A análise da avaliação de cada iniciativa, bem como sua comparação com outras iniciativas internacionais, será aprofundado no tópico 5.8.7.4 Comparação da solução proposta x cenário internacional, no qual a tabela é retomada de forma integrada às demais análises.

A seguir são apresentadas as referidas iniciativas internacionais.

5.8.7.1 Pesquisa Google e alertas de SOS

A Pesquisa Google, principal motor de busca da Google, incorpora em seu ecossistema o recurso chamado de Alertas de SOS, desenvolvido pela Google.org para apoiar a população em situações de crise.

Essa funcionalidade é ativada automaticamente, quando ocorre um desastre natural ou uma emergência significativa, exibindo na Pesquisa Google e no Google Maps cartões informativos que reúnem dados oficiais de autoridades competentes.

Esses cartões incluem atualizações em tempo real, mapas de áreas afetadas, números de emergência, links para sites institucionais, notícias verificadas, traduções de frases úteis e, em alguns casos, oportunidades de doação, garantindo assim que a população tenha acesso rápido e centralizado a informações confiáveis.

A Pesquisa Google, de forma geral, já utiliza mecanismos de busca semântica avançados, para interpretar a intenção do usuário e apresentar resultados relevantes. Contudo, fora dos cartões oficiais do Alertas de SOS, os resultados exibidos podem incluir informações não verificadas, desatualizadas ou conflitantes, pois não há curadoria dedicada ao contexto da crise.

Desta forma, embora os alertas de SOS funcionem como uma camada de informação oficial dentro do motor de busca, sua atuação permanece restrita à exibição de conteúdos padronizados, iguais para todos os usuários de uma mesma região. Isso significa que a ferramenta cumpre papel de grande alcance global, mas não oferece personalização nem garante que todas as informações acessadas pelo cidadão estejam organizadas, atualizadas e validadas para apoiar decisões em cenários críticos.

Em relação à solução proposta neste trabalho, a Pesquisa Google, com o recurso Alertas de SOS, apresenta pontos fortes e fracos e é direcionada para um público-alvo específico.

Os **pontos fortes** incluem a confiabilidade das fontes oficiais e o alcance massivo dos Alertas de SOS, integrados diretamente ao ecossistema Google; a disponibilização de informações oficiais pelo Alertas de SOS, verificadas e atualizadas em tempo real, por autoridades competentes; e o uso de mecanismos de busca semântica avançados na Pesquisa Google, que facilitam a recuperação de informações em consultas gerais.

Por outro lado, os **pontos fracos** referem-se à ausência de curadoria dedicada ao contexto dos desastres, fora dos cartões de SOS, o que pode resultar na disponibilização de informações desatualizadas ou não verificadas; à baixa personalização para contextos locais, uma vez que o modelo segue um padrão global; e à falta de interatividade, já que não há coleta ativa de dados da população afetada.

Quanto ao **público-alvo** destas soluções da Google, ele é formado pela população em áreas de risco imediato, composta por usuários da Pesquisa Google e Google Maps, em busca de informações durante uma crise.

A Tabela 3, apresentada a seguir, detalha a avaliação desta iniciativa (Google, s.d.; TechCrunch, 2017).

Tabela 3 – Avaliação da Pesquisa Google com o recurso
Alertas de SOS

Critério de Avaliação	Classificação
1. Centralização e atualização dos dados	Média – os cartões do Alertas de SOS exibem informações oficiais, verificadas e atualizadas em tempo real, por autoridades competentes. Contudo, fora dessa camada, os resultados de busca podem incluir dados desatualizados ou não verificados.
2. Mecanismo de busca inteligente e acessível	Alta – Pesquisa Google utiliza mecanismos de busca semântica avançados, interpretando a intenção do usuário e exibindo resultados relevantes.
3. Capacidade de coleta de informações dos usuários	Média – somente são coletados dados das pesquisas.
4. Flexibilidade na coleta de dados, conforme a demanda	Baixa – não há coleta ativa de dados da população.
5. Adaptabilidade contextual	Média – disponível em diferentes países, idiomas e contextos, mas depende da existência de fontes locais autorizadas,
6. Modelo de sustentabilidade/ monetização	Média – Enquanto a Pesquisa Google é monetizada, a funcionalidade Alertas de SOS é uma iniciativa do Google.org, sem monetização direta, sustentada por recursos filantrópicos e pelo ecossistema Google.
7. Escalabilidade operacional	Alta – escalável globalmente por estarem embutidos em uma plataforma amplamente utilizadas
8. Impacto social	Alta – garante visibilidade massiva e acesso rápido a informações oficiais em crises, mas com impacto limitado no nível comunitário, pela ausência de personalização e curadoria além dos alertas.

Esta análise evidencia tanto os pontos fortes, como a confiabilidade das fontes oficiais e o alcance global, quanto às limitações, relacionadas à ausência de curadoria dedicada e à baixa personalização em contextos locais.

5.8.7.2 Facebook Community Help

Trata-se de um recurso integrado à plataforma da Meta, disponível exclusivamente no Facebook, criado para facilitar a ajuda entre usuários durante crises e emergências, como desastres naturais, conflitos, pandemias ou eventos locais.

A funcionalidade permite que as pessoas solicitem ou ofereçam assistência diretamente na rede social, com possibilidades como compartilhamento de abrigo, doações de alimentos, itens de higiene, transporte e ajuda emocional.

A ferramenta é ativada conforme eventos específicos e seu funcionamento é adaptado ao tipo de crise e à região afetada, com base em localização e interações dos usuários (META, s.d.).

Em relação à solução proposta neste trabalho, o Facebook Community Help apresenta pontos fortes e fracos e é direcionada para um público-alvo específico.

Os **pontos fortes** são a mobilização em massa por meio de redes sociais já consolidadas, o que gera alcance imediato e engajamento comunitário, além da flexibilidade na coleta de dados, conforme a natureza do evento, permitindo captar necessidades e ofertas diversas, de forma ágil.

Já os **pontos fracos** incluem a dependência exclusiva da plataforma Facebook, o que pode excluir públicos que não utilizam esta rede social e a ausência de mecanismos de busca inteligente ou semântica, dificultando o acesso a informações específicas em grande escala.

Quanto ao **público-alvo** desta solução, ele é formado pelos usuários do Facebook afetados por crises ou interessados em ajudar (META, s.d.).

A Tabela 4, apresentada a seguir, detalha a avaliação desta iniciativa.

Tabela 4 – Avaliação da iniciativa Facebook Community Help

Critério de Avaliação	Classificação
1. Centralização e atualização dos dados	Média – depende do engajamento dos usuários e é restrito a cada evento.
2. Mecanismo de busca inteligente e acessível	Média - possui mecanismo de busca por palavras-chave, mas sem interpretação semântica avançada ou contextualização sofisticada.
3. Capacidade de coleta de informações dos usuários	Alta – coleta localização, tipo de ajuda solicitada ou oferecida.

Critério de Avaliação	Classificação
4. Flexibilidade na coleta de dados, conforme a demanda	Média – limitada às ofertas e buscas de ajuda.
5. Adaptabilidade contextual	Alta – disponível em diferentes países, línguas e tipos de emergência .
6. Modelo de sustentabilidade/ monetização	Média – embutido no ecossistema da Meta, sustentado por publicidade; sem monetização direta do recurso.
7. Escalabilidade operacional	Alta – escala global, já integrado a uma rede social presente em quase todos os países.
8. Impacto social	Alta – possibilita apoio comunitário direto durante crises, inclusive em locais com baixa presença governamental ou de ONGs.

Essa análise evidencia os pontos fortes da iniciativa, como a capacidade de mobilização em massa, a adaptabilidade em diferentes países e contextos e o impacto social decorrente do apoio comunitário direto. Também aponta limitações, como a dependência exclusiva da plataforma Facebook, a falta de mecanismos de busca semântica e a ausência de integração com dados institucionais, o que acarreta dependência do usuário para a atualização das informações..

5.8.7.3 Dubai Now

Dubai Now é uma plataforma digital desenvolvida pelo governo de Dubai, que centraliza diversos serviços públicos e alguns privados em um único aplicativo, incluindo informações e alertas relacionados à segurança e emergências. A solução exemplifica como a integração governamental e do setor privado pode proporcionar ao cidadão acesso simplificado a múltiplos serviços, inclusive em situações críticas (Smart Dubai, s.d.).

Em relação à solução proposta neste trabalho, o Dubai Now apresenta pontos fortes e fracos e é direcionada para um público-alvo específico.

Os **pontos fortes** são a elevada centralização de serviços em uma única interface e a integração tecnológica, com diversas bases de dados institucionais.

Já os **pontos fracos** incluem a limitada flexibilidade quanto à coleta de informações dos cidadãos, em geral orientada por formulários fixos, além da baixa replicabilidade do modelo em regiões menos digitalizadas ou com realidades socioeconômicas distintas.

Quanto ao **público-alvo** desta solução, ele é formado pelos cidadãos, residentes e visitantes de Dubai (Smart Dubai, s.d.).

A Tabela 5, apresentada a seguir, detalha a avaliação desta iniciativa

Tabela 5 – Avaliação da iniciativa Dubai Now

Critério de Avaliação	Classificação
1. Centralização e atualização dos dados	Alta - centraliza elevado número de serviços governamentais e não governamentais.
2. Mecanismo de busca inteligente e acessível	Média - existe busca por serviços e categorias dentro do aplicativo, mas sem interpretação semântica avançada ou contextualização dinâmica.
3. Capacidade de coleta de informações dos usuários	Média – limitada às interações com os serviços ofertados.
4. Flexibilidade na coleta de dados, conforme a demanda	Baixa - limitada às interações com os serviços ofertados.
5. Adaptabilidade contextual	Média – somente aplicável a cidades com alta maturidade digital.
6. Modelo de sustentabilidade/ monetização	Alta – iniciativa oficial do governo de Dubai, financiada com recursos públicos e é parte de uma política estatal de transformação digital.
7. Escalabilidade operacional	Média – limitada ao território de Dubai. Reproduzi-la em outros países exigiria acordos políticos e jurídicos.
8. Impacto social	Média – impacto relevante, mas restrito à população de Dubai. Facilita a vida dos cidadãos ao centralizar serviços, inclusive em emergências.

Essa análise evidencia tanto os pontos fortes, como a elevada centralização de serviços em uma única interface e a integração tecnológica de múltiplas bases de dados, quanto as suas limitações. Entre estas, destacam-se à baixa flexibilidade de coleta de informações da população e a limitada replicabilidade do modelo, em contextos menos digitalizados.

5.8.7.4 Comparação da solução proposta x cenário internacional

A análise conjunta da Pesquisa Google e dos Alertas de SOS, do Facebook Community Help e do Dubai Now permite observar diferentes modelos de atuação em contextos de crise. Cada um deles apresenta virtudes relevantes, mas também limitações que reforçam a necessidade da solução proposta neste trabalho.

A **Pesquisa Google, integrada ao recurso Alertas de SOS**, destaca-se pela escala global e pela confiabilidade das fontes oficiais, ao integrar notificações de desastres e emergências não só na Pesquisa Google, mas também no Google Maps. Embora utilize mecanismos de busca semântica avançados, fora dos cartões oficiais dos alertas de SOS

os resultados podem incluir informações desatualizadas, não verificadas ou conflitantes, pois não há curadoria específica para o contexto da crise. Dessa forma, o recurso garante alcance e imediatismo, mas sua atuação permanece padronizada, sem personalização ou integração comunitária.

O **Facebook Community Help**, por sua vez, atua como um espaço de ajuda entre pares (*peer-to-peer*), no qual cidadãos podem oferecer ou solicitar auxílio durante emergências. Embora fomente a solidariedade comunitária e tenha potencial de impacto social relevante, sobretudo em locais com baixa presença governamental ou de ONGs, carece de validação oficial, uma vez que as informações publicadas não passam por curadoria institucional nem são chanceladas por órgãos reconhecidos.

Esse aspecto o diferencia da solução da Google, em que os Alertas de SOS são emitidos a partir de fontes oficiais, como governos e organismos internacionais, e do Dubai Now, cujos serviços e notificações derivam diretamente de bases governamentais integradas. Além disso, o Facebook Community Help depende fortemente do engajamento espontâneo dos usuários, o que torna a atualização e a confiabilidade das informações variáveis, e não oferece padronização nem integração com dados institucionais. Soma-se a isso a limitação de seus mecanismos de busca, restritos a palavras-chave, sem interpretação semântica avançada ou contextualização dinâmica.

Ainda que sua escalabilidade seja elevada, por estar embutido em uma rede social de alcance global, seu uso permanece condicionado à presença exclusiva na plataforma Facebook, o que pode excluir públicos que não a utilizam.

Já o **Dubai Now** exemplifica um modelo de plataforma governamental centralizada, que reúne em um único aplicativo mais de uma centena de serviços digitais públicos e privados, incluindo informações e notificações relacionadas à segurança e à emergências. Seu principal ponto forte está na alta integração tecnológica e na centralização de serviços, mas apresenta limitações quanto à flexibilidade de coleta de informações da população e à replicabilidade do modelo em contextos socioeconômicos menos digitalizados, como é o caso de diversas cidades brasileiras. Além disso, não é voltado especificamente ao enfrentamento de desastres climáticos, diferentemente das outras duas iniciativas, o que reduz sua capacidade de apoiar, de forma efetiva, a população nas fases de resposta e recuperação de um desastre.

A **solução proposta neste trabalho** busca conciliar as virtudes dessas iniciativas e superar suas limitações no atendimento às demandas das fases de resposta e recuperação, frente a desastres climáticos. Diferencia-se ao oferecer:

Governança, centralização e curadoria de informações multissetoriais, abrangendo informações de órgãos governamentais, instituições privadas e da sociedade civil, garantindo que os dados apresentados sejam úteis, tanto para cidadãos quanto para instituições clientes.

Capacidade de resposta em linguagem natural, traduzindo as necessidades do cidadão em orientações práticas, mesmo quando expressas de forma gramaticalmente incorreta, incompleta ou com uso de vocabulário regional.

Replicabilidade regional, permitindo que cada cidade ou região tenha sua própria instância da solução, adaptada e configurada de acordo com seu idioma, expressões locais, público-alvo, suas vulnerabilidades específicas e recursos disponíveis.

Geração de indicadores personalizáveis, possibilitando que cada instituição cliente defina as informações a serem coletadas e os indicadores considerados estratégicos. Dessa forma, a solução disponibiliza instrumentos sob demanda que atendem a diferentes perfis de usuários: desde cidadãos em busca de apoio imediato, até instituições públicas, privadas e da sociedade civil, que utilizam os dados e análises, conforme suas estratégias e necessidades específicas.

Assim, enquanto as soluções da Google privilegiam a escala e a confiabilidade institucional, o Facebook Community Help promove a mobilização social espontânea e o Dubai Now exemplifica um modelo de governo digital centralizado, a proposta aqui desenvolvida se posiciona como uma alternativa complementar, ao conjugar centralização e curadoria contínua de dados multissetoriais, adaptabilidade regional e inteligência semântica. Esta combinação garante não apenas a resposta imediata em cenários críticos, mas também a construção de uma infraestrutura digital capaz de fortalecer a resiliência comunitária e fornecer às instituições clientes indicadores estratégicos para a tomada de decisão, baseada em evidências.

Para sintetizar essa análise, elaborou-se a Tabela 6, que apresenta a avaliação comparativa das três iniciativas internacionais com a solução proposta neste trabalho, à luz dos oito critérios de avaliação definidos.

Tabela 6 – Análise comparativa das iniciativas

Características	Solução proposta	Soluções Google	Facebook Community Help	Dubai Now
1. Centralização e atualização dos dados	●	◐	◐	●
2. Mecanismo de busca inteligente e acessível	●	●	◐	◐
3. Capacidade de coleta de informações dos usuários	●	◐	●	◐
4. Flexibilidade na coleta de dados, conforme a demanda	●	○	◐	○

Características	Solução proposta	Soluções Google	Facebook Community Help	Dubai Now
5. Adaptabilidade contextual	●	◐	●	◐
6. Modelo de sustentabilidade/monetização	◐	◐	◐	●
7. Escalabilidade operacional	◐	●	●	◐
8. Impacto social	●	●	●	◐

Em suma, a análise das iniciativas internacionais evidencia que, embora cada uma apresente contribuições relevantes, nenhuma delas contempla de forma integrada a curadoria contínua de dados multissetoriais, a adaptabilidade regional e a geração de indicadores personalizáveis, que caracterizam a solução aqui proposta. Esse diferencial posiciona a plataforma proposta não apenas como uma ferramenta de resposta imediata a desastres, mas como um instrumento estratégico de fortalecimento da resiliência comunitária e de apoio à tomada de decisão, em diferentes esferas da sociedade.

5.9 Análise estratégica (SWOT)

A análise SWOT permite avaliar os fatores internos e externos que influenciam o posicionamento estratégico da solução proposta. A partir dela, é possível identificar as forças que sustentam sua vantagem competitiva, as fraquezas que representam desafios internos, as oportunidades que ampliam seu campo de atuação e as ameaças que podem comprometer sua sustentabilidade (Kotler; Keller, 2012).

A Figura 11, apresentada a seguir, sintetiza a análise SWOT deste modelo de negócio, cujos detalhes serão descritos depois da imagem.

FORÇAS	FRAQUEZAS
Modelo híbrido de receita	Dependência de clientes-âncora
Capacidade tecnológica diferenciada	Necessidade de massa crítica de dados
Integração multissetorial	Complexidade técnica da solução e das integrações
Geração de valor imediato	Demanda de equipe altamente especializada
Alinhamento c/ agendas de impacto social e ESG	Capacidade inicial restrita de marketing e vendas
OPORTUNIDADES	AMEAÇAS
Crescente demanda por soluções de resiliência climática	Riscos políticos e institucionais
Expansão para diferentes tipos de desastres e diferentes regiões	Processos de contratação complexos
Integração com dados privados e setoriais	Concorrência indireta de grandes players
Formação de parcerias com organismos internacionais	Dependência de fornecedores tecnológicos externos
Possibilidade de internacionalização	

Figura 11 – Análise SWOT

Forças identificadas durante a análise SWOT:

O **modelo híbrido de receita**, que combina os serviços de consultoria, customização, assinaturas e o fornecimento de relatórios estratégicos e dados anonimizados, proporcionando flexibilidade de monetização e adaptabilidade a diferentes perfis de clientes.

A **capacidade tecnológica diferenciada**, baseada em técnicas de recuperação semântica (RAG com Elasticsearch e *embeddings*) e compressão contextual, garantindo respostas precisas e contextualizadas em cenários críticos.

A **integração multissetorial**, ampliando a abrangência e relevância da plataforma.

A **geração de valor imediato para instituições clientes**, por meio de informações estruturadas, verificáveis e contextualizadas, que subsidiam decisões estratégicas e operacionais.

O **alinhamento com agendas de impacto social e ESG**, funcionando como mecanismo para que empresas invistam em responsabilidade socioambiental e fortaleçam sua reputação junto à sociedade.

Fraquezas identificadas durante a análise SWOT:

A **dependência de clientes-âncora** (prefeituras, secretarias, concessionárias de serviços essenciais, operadoras de telecomunicações, seguradoras) para gerar os primeiros casos de uso em escala e validar a solução no mercado.

A **necessidade de massa crítica de dados**, pois enquanto a plataforma estiver baseada em registros limitados, pode enfrentar questionamentos sobre sua robustez e credibilidade.

A **demanda por uma equipe altamente especializada**, para desenvolver, manter e evoluir a plataforma, devido à complexidade técnica da solução.

A **capacidade inicial restrita de marketing e vendas**, o que pode atrasar a expansão para novos clientes e reduzir a velocidade de tração no mercado privado.

Oportunidades identificadas durante a análise SWOT:

A **crecente demanda por soluções de resiliência climática**, impulsionada pelo aumento dos eventos extremos e pela urgência de fortalecer a proteção da população.

A **expansão para diferentes tipos de desastres**, para diferentes regiões do Brasil e do mundo, aproveitando a mesma base tecnológica e ampliando a escalabilidade da solução, desde que aplicadas em contextos com infraestrutura tecnológica e institucional que permitam a viabilidade de implementação de soluções digitais.

A **integração com dados privados e setoriais**, agregando novas camadas de valor à solução.

A **formação de parcerias com organismos internacionais**, que podem ampliar o alcance e a credibilidade da plataforma.

A **possibilidade de internacionalização**, sobretudo em países latino-americanos com desafios semelhantes de resposta a desastres.

Ameaças identificadas durante a análise SWOT:

Os **riscos políticos e institucionais**, podem comprometer a priorização de investimentos em inovação e na modernização da gestão pública, ao deslocar recursos, atrasar processos e limitar a execução dos projetos.

Os **processos de contratação complexos**, tanto em governos (licitações demoradas e burocráticas) quanto em grandes corporações (negociações longas e exigências regulatórias).

A **concorrência indireta de grandes *players*** (como Google, Meta ou iniciativas governamentais locais), que podem desenvolver soluções similares e disputar espaço no

ecossistema.

A **dependência de fornecedores tecnológicos externos** (APIs da OpenAI, Oracle, Elastic), sujeitos a mudanças de preço, restrições de uso ou alterações de política que impactem a sustentabilidade do modelo.

5.10 Necessidades de investimento e resultados esperados

O avanço da solução proposta demanda investimentos estratégicos em cinco áreas: (i) dados, (ii) pessoas, (iii) infraestrutura tecnológica, (iv) consultorias especializadas e (v) métodos de avaliação e validação contínuas da solução. Cada uma delas é determinante para transformar o Produto Mínimo Viável (PMV) em uma plataforma robusta e escalável, impactando diretamente na credibilidade, na sustentabilidade e na capacidade de adoção da solução por diferentes instituições.

5.10.1 Dados

O principal investimento está na construção de processos automatizados de coleta de informação, por meio de técnicas de *web scraping* em sites oficiais, bem como na integração de novas APIs para dados complementares (por exemplo, meteorológicos, de saúde pública e de assistência social).

Esses mecanismos precisam ser acompanhados por uma metodologia de revisão humana, que assegure a qualidade e confiabilidade das informações extraídas antes de sua disponibilização na plataforma.

O objetivo é permitir atualização contínua, padronização e abrangência geográfica dos dados, garantindo que a solução mantenha relevância prática e credibilidade junto a diferentes públicos institucionais.

Esse investimento irá assegurar que as informações utilizadas sejam confiáveis e atualizadas, condição essencial para que a plataforma se torne referência em contextos de crise.

5.10.2 Pessoas

Em linha com a estrutura operacional descrita anteriormente, será necessário compor uma equipe multidisciplinar formada por:

- **analistas e engenheiros de dados**, responsáveis pela coleta, padronização e integração das fontes;
- **administradores de banco de dados e cientistas de dados**, para estruturar, analisar e extrair *insights* estratégicos;

- **engenheiros de software**, responsáveis pela evolução contínua da plataforma;
- **gestores de projetos**, responsáveis por coordenar a implementação da solução junto aos clientes, assegurando o cumprimento de prazos, a adequação às especificidades locais e, juntamente com a equipe técnica, garantir a adequada preparação das equipes do cliente para serem capazes de usufruírem dos benefícios da plataforma e de oferecerem suporte aos usuários finais;
- **consultores externos**, com expertise em cibersegurança, infraestrutura em nuvem, gestão de desastres e políticas públicas, contratados para fortalecer a credibilidade e assegurar segurança, escalabilidade e maior aderência prática da solução;
- **especialistas em relacionamento institucional**, para garantir a aderência da solução às demandas das instituições públicas, privadas e da sociedade civil, captar e manter clientes e estabelecer parcerias;
- **equipe administrativa**: responsáveis pela administração geral da empresa.

Esse investimento em capital humano será fundamental para consolidar a transição do PMV para uma plataforma confiável e segura, estabelecendo a base de competências necessária para sustentar sua evolução, mitigar riscos operacionais e reforçar sua legitimidade junto aos clientes institucionais.

5.10.3 Infraestrutura tecnológica

Os principais investimentos em infraestrutura tecnológica estão relacionados às atividades de desenvolvimento, configurações e a hospedagem da solução em provedores de nuvem.

No **desenvolvimento**, incluem-se a criação e a implementação das funcionalidades ainda não contempladas no PMV, bem como aprimoramentos de usabilidade.

As **configurações** que demandarão investimento referem-se a mecanismos de backup e recuperação de desastres, além de ferramentas de monitoramento da utilização e do desempenho da solução.

Prevê-se ainda a **hospedagem** integral da aplicação em um provedor de nuvem, a adoção de recursos de escalabilidade, garantindo desempenho estável mesmo em cenários de alta demanda e a implementação de mecanismos avançados de segurança da informação.

Este conjunto de investimentos ampliará a maturidade da solução, assegurará sua continuidade em situações críticas e viabilizará sua replicabilidade em diferentes contextos geográficos.

5.10.4 Consultorias especializadas

A implementação em escala exigirá apoio de consultorias em áreas críticas:

- **cibersegurança**, para garantir a proteção de dados sensíveis;
- **infraestrutura em nuvem**, para definir arquiteturas resilientes e escaláveis;
- **políticas públicas e gestão de desastres**, para alinhar a solução às normas vigentes e facilitar sua adoção pelos clientes.

Esse investimento reduzirá os riscos regulatórios e técnicos, acelerará a maturidade da solução e ampliará as chances de adesão por órgãos públicos e parceiros estratégicos.

5.10.5 Avaliação e validação

Além dos investimentos descritos, a consolidação da plataforma exige também a definição de métodos de avaliação contínua, fundamentais para aferir qualidade, confiabilidade e relevância prática da solução. Neste contexto, algumas abordagens complementares poderão ser incorporadas:

Os **Testes A/B com usuários**. Mecanismos de avaliação direta com cidadãos e instituições usuárias, permitindo que votem, curtam ou classifiquem respostas do sistema. Essa forma de avaliação participativa possibilita comparar módulos ou estratégias distintas, assegurando que a evolução do produto seja guiada por evidências empíricas de satisfação e utilidade (Thomas; Chandler, 2017).

As LLMs as Judge. Técnica de utilização de modelos de linguagem para avaliar a qualidade das respostas geradas. Embora existam críticas quanto a possíveis vieses, essa forma de avaliação complementar é especialmente útil para identificar aspectos como alucinações e consistência textual, fortalecendo a confiabilidade das interações do sistema (Li *et al.*, 2024).

Esses mecanismos de avaliação reduzirão os riscos relacionados à qualidade e confiabilidade das respostas, acelerarão a evolução da solução e ampliarão sua legitimidade perante cidadãos e instituições.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho partiu da constatação de que, em cenários de desastres climáticos, a fragmentação da informação compromete a resposta da população e a atuação dos gestores públicos, pois dificulta a integração entre setores públicos, privados e da sociedade civil.

A solução proposta neste trabalho tem os objetivos de centralizar o acesso da população a informações úteis e confiáveis em cenários de desastre, permitir que cada cidadão declare sua necessidade e receba orientações atualizadas e adequadas, e coletar, de forma dinâmica e estruturada, dados que subsidiem a tomada de decisão.

A solução proposta mostrou-se inovadora ao integrar técnicas avançadas de inteligência artificial (RAG, busca semântica escalável e geração de FAQs sintéticas, orientada pelo conceito de *persona*). Essas técnicas e a arquitetura modular da plataforma tornaram-na altamente adaptável e portátil a múltiplos contextos críticos, no Brasil e no exterior.

O Produto Mínimo Viável (PMV), desenvolvido no âmbito deste trabalho, validou a viabilidade técnica da solução, alcançando 89,27% de precisão e 87,16% de completude nos testes realizados. Esses testes simularam o uso da solução por cidadãos, recebendo e processando demandas recorrentes de uma população em um cenário de enchente. Assim, o PMV evidenciou o valor da proposta como um ecossistema de resiliência informacional, capaz de orientar cidadãos em situações de crise.

Sob a ótica empresarial, o modelo de negócio apresentou múltiplas fontes de receita, de forma a ampliar sua sustentabilidade financeira e revelou oportunidades de expansão no Brasil e no exterior, seja pela escalabilidade e adaptabilidade arquitetural da solução, seja pela possibilidade de integração com dados de setores estratégicos. Os principais desafios identificados neste modelo de negócio foram conquistar os primeiros clientes-âncora, para viabilizar a obtenção de massa crítica de dados e a formar uma equipe altamente especializada para desenvolver e manter a plataforma.

A análise de *benchmarking* evidenciou a pertinência da solução ao compará-la com iniciativas internacionais, como a Pesquisa Google e os Alertas de SOS da Google, o Facebook Community Help e o Dubai Now. Embora relevantes, essas experiências mostraram lacunas na integração multissetorial, na adaptação local e na capacidade e flexibilidade na coleta de informações da população, pontos em que a proposta aqui apresentada se diferencia.

Em síntese, este trabalho demonstrou que os avanços em inteligência artificial podem ser transformados em uma solução de alto impacto social, que reduz vulnerabilidades e fortalece a gestão de crises. A solução proposta é um modelo estratégico, escalável e de potencial investimento.

Os próximos passos são o desenvolvimento das demais funcionalidades da plataforma e a realização de um projeto-piloto, para validar a solução em campo e iniciar um ciclo contínuo de inovação.

REFERÊNCIAS

Amazon Web Services. **Compute for Climate Fellowship**. 2025. Disponível em: <https://aws.amazon.com/startups/learn/compute-for-climate-fellowship>.

ASIMOV Academy. **Streamlit: guia completo**. 2023. Disponível em: <https://hub.asimov.academy/blog/streamlit-guia-completo/>.

ATKINSON, P. São leopoldo: a cidade gaúcha onde quase todos perderam o lar. **Agência Pública**, maio 2024. Disponível em: <https://apublica.org/2024/05/sao-leopoldo-a-cidade-gaucha-onde-quase-todos-perderam-o-lar/>.

Autoridade Nacional de Proteção de Dados. **Estudo técnico sobre anonimização de dados na LGPD: uma visão de processo baseado em risco e técnicas computacionais**. Brasília, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/anpd/pt-br/centrais-de-conteudo/documentos-tecnicos-orientativos/estudo_tecnico_sobre_anonizacao_de_dados_na_lgpd_uma_visao_de_processo_baseado_em_risco_e_tecnicas_computacionais.pdf.

Band News FM Curitiba. **ONGs e igrejas arrecadam doações para famílias atingidas pelas enchentes**. Curitiba: [S.l.: s.n.], 2018. Disponível em: <https://bandnewsfmcuritiba.com/ongs-e-igrejas-arrecadam-doacoes-para-familias-atingidas-pela-enchente>.

Bem Paraná. **Chuva intensa adia eventos e provoca estragos na Grande Curitiba**. 2024. Disponível em: <https://www.bemparana.com.br/noticias/parana/chuva-intensa-adia-eventose-provoca-estragos-na-grande-curitiba>.

BRASIL. **Lei nº 13.022, de 8 de agosto de 2014. Estatuto Geral da Guarda Municipal**. 2014. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 08 ago. 2014. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/113022.htm.

BRASIL. **Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Dispõe sobre a proteção de dados pessoais e altera a Lei nº 12.965, de 23 de abril de 2014 (Marco Civil da Internet)**. 2018. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 15 ago. 2018. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/113709.htm.

Brasil. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. **Produto 5 – Fortalecimento da Governança e Articulação Federativa**. Brasília: PNDC, 2024. Disponível em: <https://pndc.com.br/produto-5/>.

Brasil. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. **Produto 6 – Atuação em Mitigação**. Brasília: PNDC, 2024. Disponível em: <https://pndc.com.br/produto-6/>.

Brasil. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. **Produto 7 – Atuação em Preparação**. Brasília: PNDC, 2024. Disponível em: <https://pndc.com.br/produto-7/>.

Brasil. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. **Produto 8 – Atuação em Resposta**. Brasília: PNDC, 2024. Disponível em: <https://pndc.com.br/produto-8/>.

Brasil. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. **Produto 9 – Atuação em Recuperação**. Brasília: PNDC, 2024. Disponível em: <https://pndc.com.br/produto-9/>.

Brasil. Ministério da Justiça e Segurança Pública. **Projeto Resposta em Ações Integradas para Atuação em Situações de Desastres (RESPAD)**. 2025. Portaria SENASP/MJSP n.º 612, de 12 fev. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-seguranca/seguranca-publica/operacoes-integradas/respad-1>.

Brasil. Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome. **Cadastro Nacional de Entidades de Assistência Social – CNEAS**. s.d. Disponível em: <https://www.gov.br/mds/pt-br/acoes-e-programas/suas/entidades-de-assistencia-social/cadastro-nacional-de-entidades-de-assistencia-social-2013-cneas>.

Brasil. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Saiba tudo sobre o Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil 2024–2034**. Brasília: MDR, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/saiba-tudo-sobre-o-plano-nacional-de-protecao-e-defesa-civil>.

Brasil. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD): coordenação entre órgãos gestores nacionais e estaduais**. 2025. Publicado em: 13 jun. 2023; atualizado em: 06 ago. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/informacoes-uteis/centro-nacional-de-gerenciamento-de-riscos-e-desastres-cenad/videocenad>.

Brasil. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD): cadastro de ocorrências, decretos e pedidos de recursos federais**. s.d. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/sistema-integrado-de-informacoes-sobre-desastres>.

Brasil. Serviço Geológico do Brasil. **Cartografia de risco geológico: elaboração de mapas de risco utilizados por gestores públicos**. s.d. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/cartografia-de-riscos-geologicos>.

CAMP, R. C. **Benchmarking: The Search for Industry Best Practices that Lead to Superior Performance**. Milwaukee: ASQC Quality Press, 1989.

CEGERD. **Centro Estadual de Gerenciamento de Riscos e Desastres – CEGERD | Coordenadoria Estadual da Defesa Civil**. s.d. Disponível em: <https://www.defesacivil.pr.gov.br/Pagina/Centro-Estadual-de-Gerenciamento-de-Riscos-e-Desastres-CEGERD>.

CEMADEN. **Sobre o CEMADEN**. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/cemaden/pt-br>.

COOPER, A.; REIMANN, R.; CRONIN, D. **About Face 3: The Essentials of Interaction Design**. Indianapolis: Wiley Publishing, 2007.

CRUZ, L. T.; ALENCAR, A. J.; SCHMITZ, E. A. **Assistentes virtuais inteligentes e chatbots**. Rio de Janeiro: Brasport, 2019.

DATE, C. J. **Introdução a sistemas de bancos de dados**. 8. ed.. ed. Boston: Addison-Wesley, 2003.

Defesa Civil do Paraná. **Alertas da Defesa Civil**. Curitiba: CEDEC/PR, s.d. Disponível em: <https://www.defesacivil.pr.gov.br/Pagina/Alertas-da-Defesa-Civil>.

Defesa Civil do Paraná. **Cadastrar-se como voluntário da Defesa Civil**. Curitiba: CEDEC/PR, s.d. Disponível em: <https://www.defesacivil.pr.gov.br/servicos/Seguranca/Voluntariado/Cadastrar-se-como-voluntario-da-Defesa-Civil-pAoPlYoz>.

Defesa Civil do Paraná. **Programa Rede Estadual de Emergência de Radioamadores (REER)**. Curitiba: CEDEC/PR, s.d. Disponível em: <https://www.defesacivil.pr.gov.br/Pagina/Programa-Rede-Estadual-de-Emergencia-de-Radioamadores-REER>.

Defesa Civil do Paraná. **Sistema Informatizado de Defesa Civil – SISDC: ferramenta de apoio aos municípios na gestão local de riscos e de desastres**. s.d. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/boas-praticas/006_boas_praticas_eixo_monitoramento_e_alerta/004_boaspraticas_monitoramentoalerta_sistema_informatizado_defesa_civil_sisdc_parana_pr.pdf.

ELASTIC. **Elasticsearch Reference**. 2025. Disponível em: <https://www.elastic.co/guide/en/elasticsearch/reference/current/index.html>.

ELASTIC. **Script score query**. 2025. Elastic Documentation. Disponível em: <https://www.elastic.co/guide/en/elasticsearch/reference/current/query-dsl-script-score-query.html>.

ELASTIC. **Dense vector field type**. s.d. Elastic Docs. Disponível em: <https://www.elastic.co/docs/reference/elasticsearch/mapping-reference/dense-vector>.

GOOGLE. **SOS Alerts – Central de Ajuda**. s.d. Disponível em: <https://support.google.com/sosalerts/?hl=pt-BR#7200960>.

Governo Federal. **Solicitar cadastro para recebimento de avisos e alertas de desastres**. Brasília: Gov.br, s.d. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/servicos/solicitar-cadastro-para-recebimento-de-avisos-e-alertas-de-desastres>.

IBM. **What Are Large Language Models (LLMs)?** 2023. Disponível em: <https://www.ibm.com/think/topics/large-language-models>.

IBM. **O que é uma API (interface de programação de aplicativos)?** 2024. IBM THINK. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/api>.

Instituto das Cidades Inteligentes. **Sobre / Institucional**. Curitiba: ICI, s.d. Disponível em: <https://ici.tec.br/Sobre/Institucional>.

Instituto Água e Terra. **Monitoramento Hidrométrico**. Curitiba: IAT, s.d. Monitoramento de Eventos Hidrológicos Críticos | Instituto Água e Terra.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Mapa das Organizações da Sociedade Civil (MOSAICO)**. Brasília: [S.l.: s.n.], 2025. Disponível em: <https://mapaosci.ipea.gov.br/>.

IPCC. **Sixth Assessment Report**. Cambridge: Cambridge University Press, 2023. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**. s.d. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/>.

KOTLER, P.; KELLER, K. L. **Marketing Management**. 14. ed.. ed. Upper Saddle River: Pearson Education, 2012.

LACTEC. **Lactec – Centro de Pesquisa, Tecnologia e Inovação**. Curitiba: LACTEC, s.d. Disponível em: <https://lactec.com.br/>.

LEI, Z. *et al.* **Harnessing Large Language Models for Disaster Management: A Survey**. 2025. ArXiv preprint arXiv:2501.06932. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2501.06932>.

LEVINSON, S. C. **Pragmatics**. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

LEWIS, P. *et al.* **Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks**. 2020. ArXiv preprint arXiv:2005.11401 [cs.CL]. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2005.11401>.

LI, H. *et al.* **LLMs-as-Judges: a comprehensive survey on LLM-based evaluation methods**. 2024. ArXiv preprint arXiv:2412.05579. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2412.05579>.

MANNING, C. D.; RAGHAVAN, P.; SCHÜTZE, H. **Introduction to Information Retrieval**. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. Disponível em: <https://nlp.stanford.edu/IR-book/>.

META. **Facebook Community Help**. s.d. Disponível em: <https://www.facebook.com/about/crisisresponse>.

NASA. **Extreme Weather and Climate Change**. 2024. Science. NASA. Acesso em: 6 set. 2025. Disponível em: <https://science.nasa.gov/climate-change/extreme-weather/>.

NEESER, A. *et al.* **QuOTE: Question-Oriented Text Embeddings**. 2025. ArXiv preprint arXiv:2502.10976. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2502.10976>.

OCHE, A. J. *et al.* **A Systematic Review of Key Retrieval-Augmented Generation**. 2025. Disponível em: <https://arxiv.org/html/2507.18910v1>.

OPENAI. **OpenAI embeddings documentation**. 2025. Disponível em: <https://platform.openai.com/docs/guides/embeddings>.

OPENIA. **ChatGPT Capabilities Overview**. 2025. Disponível em: <https://help.openai.com/en/articles/9260256-chatgpt-capabilities-overview>.

OPENIA. **OpenAI API Reference – Introduction**. 2025. Disponível em: <https://platform.openai.com/docs/api-reference/introduction>.

ORACLE. **Oracle for Startups**. 2025. Disponível em: <https://www.oracle.com/cloud/oracle-for-startups/>.

ORACLE. **Oracle Database SQL Language Reference**. s.d. Version 23c. Disponível em: <https://docs.oracle.com/en/database/oracle/oracle-database/23/sqlrf/>.

OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y. **Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2010.

Paraná (Estado). Agência Estadual de Notícias. **Final de semana será de chuva e ventos fortes em parte do Paraná, prevê Simepar**. Curitiba: Governo do Estado do Paraná, 2025. Disponível em: <https://www.parana.pr.gov.br/aen/Noticia/Final-de-semana-sera-de-chuva-e-ventos-fortes-em-parte-do-Parana-preve-Simepar>.

Paraná. Coordenadoria Estadual da Defesa Civil. **Após chuvas, Defesa Civil estadual envia material para apoio a Morretes e Antonina**. Curitiba: Governo do Estado do Paraná, 2025. Disponível em: <https://www.defesacivil.pr.gov.br/Noticia/Apos-chuvas-Defesa-Civil-estadual-envia-material-para-apoio-Morretes-e-Antonina>.

Paraná. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Social e Família. **Serviço de Proteção em Situações de Calamidades Públicas e de Emergências – Famílias e Indivíduos**. Curitiba: Governo do Estado do Paraná, s.d. Disponível em: <https://www.desenvolvimentosocial.pr.gov.br/Pagina/Servico-de-Protecao-em-Situacoes-de-Calamidades-Publicas-e-de-Emergencias-Familias-e>.

Prefeitura de Curitiba. **Defesa Civil Emergências: 199 ou 153**. Curitiba: Prefeitura Municipal de Curitiba, s.d. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/servicos/defesa-civil-emergencias-199-ou-153/679>.

Prefeitura de Curitiba. **FAS e instituições religiosas unem esforços no atendimento a 2.850 pessoas em vulnerabilidade social**. Curitiba: Prefeitura Municipal de Curitiba, 2025. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/fas-e-instituicoes-religiosas-unem-esforcos-no-atendimento-a-2850-pessoas-em-vulnerabilidade-social/76977>.

Prefeitura de Curitiba. **Carta de Serviços da Prefeitura de Curitiba**. s.d. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/servicos>.

Prefeitura de Curitiba. **Central de Atendimento 156**. s.d. Disponível em: <https://156.curitiba.pr.gov.br/Servico/veja-todos-servicos-para-atender-cidadao-da-central-156-prefeitura-curitiba>.

Prefeitura de Curitiba. **Defesa Civil atende desastres naturais ou não**. Curitiba: Prefeitura Municipal de Curitiba, s.d. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/servicos/defesa-civil-atende-desastres-naturais-ou-nao/841>.

PricewaterhouseCoopers. **The State of Climate Tech 2021: The Investment Perspective**. Londres: PwC, 2021. Disponível em: <https://www.pwc.com/gx/en/services/sustainability/publications/state-of-climate-tech.html>.

PUCPR. **Hotmilk: Ecosistema de Inovação e Tecnologia da PUCPR**. Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná, s.d. Disponível em: <https://hotmilk.pucpr.br/>.

REPÚBLICA, B. P. da. **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil**. 2012. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 11 abr. 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm.

SABRY, F. **K Nearest Neighbor Algorithm: fundamentals and applications**. S.l.: One Billion Knowledgeable, 2023.

SAHOO, P. *et al.* **A systematic survey of prompt engineering in large language models: techniques and applications**. 2024. ArXiv preprint arXiv:2402.07927. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2402.07927>.

SIMEPAR. **Página institucional**. Curitiba: Simepar, 2025. Disponível em: <https://www.simepar.br/>.

Smart Dubai. **DubaiNow: The unified services app**. s.d. Disponível em: <https://www.smartdubai.ae>.

SPERBER, D.; WILSON, D. **Relevance: Communication and Cognition**. 2. ed.. ed. Oxford: Blackwell, 1995.

STREAMLIT. **Streamlit**. 2024. Disponível em: <https://streamlit.io/>.

TANG, Q. *et al.* Self-retrieval: End-to-end information retrieval with one large language model. *In: Advances in Neural Information Processing Systems – NeurIPS 2024*. [S.l.: s.n.], 2024. ArXiv preprint arXiv:2403.00801. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2403.00801>.

TECHCRUNCH. **Google launches SOS Alerts in Search and Maps to help its users during a crisis**. 2017. Disponível em: <https://techcrunch.com/2017/07/25/google-launches-sos-alerts-in-search-and-maps-to-help-its-users-during-a-crisis>.

Teto Brasil. **Onde Estamos**. TETO Brasil, 2024. Disponível em: <https://br.techo.org/onde-estamos/>.

THOMAS, A. C.; CHANDLER, C. **A/B testing: the most powerful way to turn clicks into customers**. Hoboken: Wiley, 2017.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction. **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030**. Geneva: UNDRR, 2015.

USP-ICMC. **Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – USP**. São Carlos: Universidade de São Paulo, s.d. Disponível em: <https://icmc.usp.br/pesquisa>.

Van Cann, R.; BRINKKEMPER, S. White-labeling software products. *In: INTERNATIONAL BUSINESS INFORMATION MANAGEMENT ASSOCIATION (IBIMA), 14., 2011, Istanbul. Proceedings*. Istanbul: IBIMA, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/290179884_White-labeling_software_products.

Wikipédia. **FAQ**. s.d. Wikipédia, a enciclopédia livre. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/FAQ>.

World Bank. **Climate Risk Country Profile: Brazil**. Washington, DC, 2021. Disponível em: https://climateknowledgeportal.worldbank.org/sites/default/files/2021-07/15915-WB_Brazil%20Country%20Profile-WEB.pdf.

APÊNDICES

APÊNDICE A – CENÁRIOS E RESULTADOS DOS TESTES

A seguir, são apresentados os 33 cenários de testes executados. Primeiramente os cenários de teste com $RT > 0$, na "Tabela de cenários de testes (resumo)" e, em seguida, os cenários de teste onde $RT = 0$, na "Tabela de casos nulos".

Onde:

RT = Total de itens relevantes existentes.

R = Total de itens trazidos.

RR = Total de itens relevantes trazidos.

FP = Falso positivo - total de itens trazidos e não relevantes ($FP = R - RR$).

FN = Falso negativo - total de itens relevantes não trazidos ($FN = RT - RR$).

✓ – A solução trouxe o resultado esperado.

! - A solução não trouxe o resultado esperado.

X - A solução exibiu uma instituição que não deveria.

Tabela de cenários de testes (resumo)											
#	Objetivos	Pergunta	Resultado esperado	Resultado obtido	RT	R	RR	FP	FN	Precisão (RR/R)	Completude (RR/RT)
1	Validar público-alvo: adulto, do sexo masculino; Validar demanda: apoio psicológico Verificar filtro de status institucional (ativo/inativo);	"Sou um homem, vítima de uma enchente e estou em busca de suporte psicológico."	1) Não pode retornar: ID Recurso: 6 - ABASC. 2) Retornar: ID Recurso: 71 - Lar Fabiano de Cristo ID Recurso: 57 - Acolhida São José ID Recurso: 27 - APROSES	1) Não pode retornar: ✓ ID Recurso: 06 - ABASC 2) Retornar: ✓ ID Recurso: 71 - Lar Fabiano de Cristo ✓ ID Recurso: 57 - Acolhida São José ✓ ID Recurso: 27 - APROSES	3	3	3	0	0	100.00%	100.00%
2	Validar público-alvo: adulto, do sexo feminino Validar demanda: Busca de emprego Validar demanda a partir de texto longo.	"sou uma mulher migrante, vivendo em Curitiba e perdi meu emprego por causa da enchente. preciso de ajuda para conseguir novo emprego"	1) Retornar: ID Recurso: 65 - CEPAT ID Recurso: 14 - Instituição: AMAS ID Recurso: 58 - Caritas ID Recurso: 113 - ONG minha vida mudou ID Recurso: 122 - Rep. Feminina Paula ID Recurso: 88 - Gerar	1) Retornar: ! ID Recurso: 65 - CEPAT ✓ ID Recurso: 14 - Instituição: AMAS ! ID Recurso: 58 - Caritas ! ID Recurso: 113 - ONG minha vida mudou ✓ ID Recurso: 122 - Rep. Feminina Paula ✓ ID Recurso: 88 - Gerar X ID Recurso: 149 - Fundação de Ação Social (FAS)	6	4	3	1	3	75.00%	50.00%
3	Validar público-alvo: crianças (5 anos) Validar entendimento de faixa etária	"Preciso de um lugar para deixar minha filha de 5 anos depois da escola para que eu possa trabalhar."	1) Retornar: ID Recurso: 62 - CENTRO DE AÇÃO SOCIAL S. FRANCISCO DE ASSIS ID Recurso: 114 - Passos da Criança ID Recurso: 26 - APJC ID Recurso: 3 - Lar Fabiano de Cristo	1) Retornar: ! ID Recurso: 62 - CENTRO DE AÇÃO SOCIAL S. FRANCISCO DE ASSIS ! ID Recurso: 114 - Passos da Criança ! ID Recurso: 26 - APJC ! ID Recurso: 3 - Lar Fabiano de Cristo	4	0	0	0	4	0.00%	0.00%

Figura 12 – Cenários de testes 1 - 3

#	Objetivos	Pergunta	Resultado esperado	Resultado obtido	RT	R	RR	FP	FN	Precisão (RR/R)	Completude (RR/RT)
4	Validar demanda: roupas	"Meus filhos adolescentes estão sem roupa. Preciso de roupas de inverno para eles"	1) Retornar: ID Recurso: 27 - APROSES ID Recurso: 149 - Fundação de Ação Social (FAS)	1) Retornar: ✓ ID Recurso: 27 - APROSES ✓ ID Recurso: 149 - Fundação de Ação Social (FAS)	2	2	2	0	0	100.00%	100.00%
5	Validar demanda: roupas Validar o retorno das mesmas instituições, a partir de uma demanda descrita de forma diferente	"Minha família está sem roupas."	1) Retornar: ID Recurso: 27 - APROSES ID Recurso: 149 - Fundação de Ação Social (FAS)	1) Retornar: ✓ ID Recurso: 27 - APROSES ! ID Recurso: 149 - Fundação de Ação Social (FAS)	2	1	1	0	1	100.00%	50.00%

Figura 13 – Cenários de testes 4 - 5

#	Objetivos	Pergunta	Resultado Esperado	Resultado obtido	RT	R	RR	FP	FN	Precisão (RR/R)	Completo (RR/RT)	
6	Validar público-alvo: adulto, sexo feminino (19 anos) Validar entendimento de faixa etária	"Preciso de curso profissionalizante. Sou adulta e tenho 19 anos"	1) Não retornar: ID Recurso: 46 - Associação de Proteção à Infância Vovô Vitorino: Educação infantil 2) Retornar: ID Recurso: 113 - ONG Minha Vida Mudou ID Recurso: 35 - ASAS ID Recurso: 67 - CID ID Recurso: 50 - Assoc. Proteção à Infância Vovô Vitorino (Despertar p/ a autonomia) ID Recurso: 103 - Instituto Tibagi ID Recurso: 29 - Assistência e Promoção Social à Família - Via Torres ID Recurso: 81 - ESPRO ID Recurso: 105 - ISBET ID Recurso: 175 - IMAP ID Recurso: 121 - Rede Esperança	1) Não retornar: ✓ ID Recurso: 46 - Instituição: Associação de Proteção à Infância Vovô Vitorino: Educação infantil 2) Retornar: ✓ ID Recurso: 113 - ONG Minha Vida Mudou ✓ ID Recurso: 35 - ASAS ✓ ID Recurso: 67 - CID ✓ ID Recurso: 50 - Assoc. Proteção à Infância Vovô Vitorino (Despertar p/ a Autonomia) ✓ ID Recurso: 103 - Instituto Tibagi ✓ ID Recurso: 29 - Assistência e Promoção Social à Família - Via Torres ✓ ID Recurso: 81 - ESPRO ✓ ID Recurso: 105 - ISBET ✓ ID Recurso: 175 - IMAP ✓ ID Recurso: 121 - Rede Esperança		10	4	4	0	6	100.00%	40.00%

Figura 14 – Cenário de teste 6

#	Objetivos	Pergunta	Resultado esperado	Resultado obtido	RT	R	RR	FP	FN	Precisão (RR/R)	Completo (RR/RT)	
7	Validar público-alvo: adulto, sexo masculino (19 anos) Validar entendimento de faixa etária	"Preciso de curso profissionalizante. Sou adulto e tenho 19 anos"	1) Não pode retornar: ID Recurso: 113 - ONG Minha Vida Mudou ID Recurso: 46 - Assoc. Proteção à Infância Vovô Vitorino (educação infantil) 2) Retornar: ID Recurso: 35 - ASAS ID Recurso: 67 - CID ID Recurso: 50 - Assoc. Proteção à Infância Vovô Vitorino (Despertar p/ autonomia) ID Recurso: 103 - Instituto Tibagi ID Recurso: 29 - Assistência e Promoção Social à Família - Via Torres ID Recurso: 81 - ESPRO ID Recurso: 105 - ISBET ID Recurso: 175 - IMAP ID Recurso: 121 - Rede Esperança	1) Não pode retornar: ✓ ID Recurso: 113 - ONG Minha Vida Mudou ✓ ID Recurso: 46 - Assoc. Proteção à Infância Vovô Vitorino (educação infantil) 2) Retornar: ✓ ID Recurso: 35 - ASAS ✓ ID Recurso: 67 - CID ✓ ID Recurso: 50 - Assoc. Proteção à Infância Vovô Vitorino (Despertar p/ autonomia) ✓ ID Recurso: 103 - Instituto Tibagi ✓ ID Recurso: 29 - Assistência e Promoção Social à Família - Via Torres ✓ ID Recurso: 81 - ESPRO ✓ ID Recurso: 105 - ISBET ✓ ID Recurso: 175 - IMAP ✓ ID Recurso: 121 - Rede Esperança		9	7	7	0	2	100.00%	77.78%
8	Validar público-alvo: pessoa idosa Validar demanda: assistência médica	"Preciso de assistência médica gratuita ou mais barata para meu avô de 70 anos"	1) Retornar: ID Recurso: 8 - ABC ID Recurso: 102 - Instit. Social Vó Durvina ID Recurso: 106 - Lar dos Idosos Recanto Tarumã ID Recurso: 3 - Lar Fabiano de Cristo ID Recurso: 189 - Secretaria Municipal da Saúde	1) Retornar: ✓ ID Recurso: 8 - ABC ✓ ID Recurso: 102 - Instituto Social Vó Durvina ✓ ID Recurso: 106 - Lar dos Idosos Recanto Tarumã ✓ ID Recurso: 3 - Lar Fabiano de Cristo ✓ ID Recurso: 189 - Secretaria Municipal da Saúde		5	4	4	0	1	100.00%	80.00%
9	Validar público-alvo: não declarado Validar demanda: limpeza residencial pós-enchente Validar demanda descrita com baixa objetividade	"eu passei por uma enchente e agora a minha casa está cheia de lama e meus móveis estão destruídos. preciso de ajuda para dar um jeito nisso."	1) Retornar: ID Recurso: 1 - Casa da Mãe Joana ID Recurso: 11 - Prefeitura de Curitiba: Coleta de Móveis e Entulhos ID Recurso: 27 - APROSES	1) Retornar: ✓ ID Recurso: 1 - Casa da Mãe Joana ✓ ID Recurso: 11 - Prefeitura de Curitiba: Coleta de Móveis e Entulhos ✓ ID Recurso: 27 - APROSES		3	3	3	0	0	100.00%	100.00%

Figura 15 – Cenários de testes 7 - 9

#	Objetivos	Pergunta	Resultado esperado	Resultado obtido	RT	R	RR	FP	FN	Precisão (RR/R)	Completo (RR/RT)	
10	Validar público-alvo: família Validar demanda: abrigo temporário para famílias.	"Estou buscando abrigo temporário para minha família."	1) Não deve retornar: ID Recurso: 190 - Secretaria Municipal da Mulher (Casa da Mulher Brasileira) 2) Retornar: ID Recurso: 27 - APROSES ID Recurso: 150 - Fundação de Ação Social (FAS): Acolhimento ID Recurso: 153 - Prefeitura de Curitiba: Central de Atendimento 156 ID Recurso: 57 - Casa de Acolhida São José	1) Não deve retornar: ✓ ID Recurso: 190 - Secretaria Municipal da Mulher: Casa da Mulher Brasileira 2) Retornar: ✓ ID Recurso: 27 - APROSES ✓ ID Recurso: 150 - Fundação de Ação Social (FAS): Acolhimento ✓ ID Recurso: 153 - Prefeitura de Curitiba: Central de Atendimento 156 ✓ ID Recurso: 57 - Casa de Acolhida São José		4	3	3	0	1	100.00%	75.00%
11	Validar público-alvo: adulto do sexo masculino Validar demanda: abrigo temporário para homem.	"Busco um abrigo temporário. Sou adulto, tenho 20 anos e perdi minha casa na enchente."	1) Não deve retornar: ID Recurso: 190 - Instituição: Sec. da Mulher: Casa da Mulher Brasileira ID Recurso: 19 - Instituição: AMCA II: abrigo para crianças desabrigadas 2) Retornar: ID Recurso: 27 - APROSES ID Recurso: 150 - Fundação de Ação Social (FAS): Acolhimento ID Recurso: 153 - Prefeitura de Curitiba: Central de Atendimento 156 ID Recurso: 57 - Casa de Acolhida São José	1) Não deve retornar: ✓ ID Recurso: 190 - Sec. da Mulher: Casa da Mulher Brasileira ✓ ID Recurso: 19 - AMCA II 2) Retornar: ✓ ID Recurso: 27 - APROSES ✓ ID Recurso: 150 - Fundação de Ação Social (FAS): Acolhimento ✓ ID Recurso: 153 - Prefeitura de Curitiba: Central de Atendimento 156 ✓ ID Recurso: 57 - Casa de Acolhida São José		4	3	3	0	1	100.00%	75.00%
12	Validar público-alvo: não declarado Validar demanda: água potável Validar demanda a partir de texto longo	"A região onde moro passou recentemente por uma enchente e por isso a minha casa não tem água potável. Onde posso conseguir água potável de graça ou mais barato?"	1) Retornar: ID Recurso: 27 - APROSES ID Recurso: 131 - Sec. Segurança Alimentar: Armazém da Família	1) Retornar: ✓ ID Recurso: 27 - APROSES ✓ ID Recurso: 131 - Sec. Segurança Alimentar: Armazém da Família X ID Recurso: 153 - Prefeitura de Curitiba: Central de Atendimento 156		2	3	2	1	0	66.67%	100.00%

Figura 16 – Cenários de testes 10 - 12

#	Objetivos	Pergunta	Resultado esperado	Resultado obtido	RT	R	RR	FP	FN	Precisão (RR/R)	Completeness (RR/RT)
13	Validar público-alvo: não declarado Validar demanda: recursos para reconstrução de casa	"Preciso de ajuda para reconstruir minha casa"	1) Retornar: ID Recurso: 2 - Banco da Gente ID Recurso: 126 - Teto Brasil ID Recurso: 133 - Cohab	1) Retornar: ✓ ID Recurso: 2 - Banco da Gente ✓ ID Recurso: 126 - Teto Brasil ✓ ID Recurso: 133 - Cohab X ID Recurso: 149 - Fundação de Ação Social (FAS): CRAS	3	4	3	1	0	75.00%	100.00%
14	Validar público-alvo não declarado Validar demanda: alimento Validar demanda a partir de texto conciso.	"refeições e mantimentos gratuitos ou mais baratos"	1) Retornar: ID Recurso: 27 - APROSES ID Recurso: 75 - De Mãos Unidas ID Recurso: 13 - ADRA Sul ID Recurso: 29 - Assistência e Promoção Social à Família - Vila Torres ID Recurso: 131 - Secretaria de Segurança Alimentar: Armazém da Família ID Recurso: 4 - SOS Alimentos ID Recurso: 51 - Assoc. Proteção à Infância Vovô Vitorino Reciclar é viver ID Recurso: 116 - PIA União de Santo Antônio ID Recurso: 149 - Fundação de Ação Social (FAS): CRAS ID Recurso: 168 - Sec. Segurança Alimentar: Sacolão da Família	1) Retornar: I ID Recurso: 27 - APROSES ✓ ID Recurso: 75 - De Mãos Unidas ✓ ID Recurso: 13 - ADRA Sul ✓ ID Recurso: 29 - Assistência e Promoção Social à Família - Vila Torres ✓ ID Recurso: 131 - Sec. Segurança Alimentar e Nutricional: Armazém da Família ✓ ID Recurso: 4 - SOS Alimentos ✓ ID Recurso: 51 - Assoc. Proteção à Infância Vovô Vitorino: Reciclar é viver ✓ ID Recurso: 116 - PIA União de Santo Antônio ✓ ID Recurso: 149 - Fundação de Ação Social (FAS): CRAS I ID Recurso: 168 - Sec. Segurança Alimentar: Sacolão da Família X ID Recurso: 159 - Sec. Segurança Alimentar: Clique Economia Alimentar	10	9	8	1	2	88.89%	80.00%
15	Validar público-alvo: família Validar demanda: resgate de pessoas	"Depois da enchente eu e minha família ficamos ilhados e precisamos de resgate."	1) Retornar ID Recurso: 38 - Defesa Civil de Curitiba ID Recurso: 37 - Corpo de Bombeiros Militar do Paraná(GOST)	1) Retornar ✓ ID Recurso: 38 - Defesa Civil de Curitiba ✓ ID Recurso: 37 - Corpo de Bombeiros Militar do Paraná(GOST)	2	2	2	0	0	100.00%	100.00%

Figura 17 – Cenários de testes 13 - 15

#	Objetivos	Pergunta	Resultado esperado	Resultado obtido	RT	R	RR	FP	FN	Precisão (RR/R)	Completeness (RR/RT)
16	Validar público-alvo: pets Validar demanda: resgate de pets	"Com a enchente meu cãozinho ficou ilhado e precisamos de ajuda para o resgatar."	1) Retornar ID Recurso: 38 - Defesa Civil de Curitiba ID Recurso: 37 - Corpo de Bombeiros Militar do Paraná(GOST)	1) Retornar ✓ ID Recurso: 38 - Defesa Civil de Curitiba ✓ ID Recurso: 37 - Corpo de Bombeiros Militar do Paraná(GOST)	2	2	2	0	0	100.00%	100.00%
17	Validar público-alvo: produtores rurais Validar demanda: apoio financeiro	"Sou pecuarista e perdi todas as minhas cabeças de gado com a enchente. Preciso de crédito para reconstruir a fazenda e comprar novas cabeças de gado."	1) Retornar ID Recurso: 2 - Banco da Gente	1) Retornar ✓ ID Recurso: 2 - Banco da Gente	1	1	1	0	0	100.00%	100.00%
18	Validar público-alvo: empresários Validar demanda: apoio financeiro Validar demanda descrita com baixa objetividade	Sou empresário e perdi tudo com a enchente. Preciso reconstruir a sede da empresa e manter o pagamento de salários e impostos até retornar as atividades.	1) Retornar ID Recurso: 2 - Banco da Gente	1) Retornar ✓ ID Recurso: 2 - Banco da Gente X Mensagem de recursos não identificados para a demanda apresentada.	1	1	1	0	0	100.00%	100.00%
19	Validar público-alvo: empresários Validar demanda: apoio financeiro Validar demanda descrita com alta objetividade	"Sou empresário e perdi tudo com a enchente. Preciso de crédito para reconstruir a sede da empresa e manter o pagamento de salários e impostos até retornar as atividades."	1) Retornar ID Recurso: 2 - Banco da Gente	1) Retornar ✓ ID Recurso: 2 - Banco da Gente X Mensagem de recursos não identificados para a demanda apresentada.	1	2	1	1	0	50.00%	100.00%
21	Validar demanda: pessoa desaparecida.	"Durante a enchente meu irmão desapareceu. Preciso de ajuda para o encontrar"	1) Retornar ID Recurso: 38 - Defesa Civil de Curitiba ID Recurso: 37 - Corpo de Bombeiros Militar do Paraná(GOST)	1) Retornar ✓ ID Recurso: 38 - Defesa Civil de Curitiba ✓ ID Recurso: 37 - Corpo de Bombeiros Militar do Paraná(GOST)	2	2	2	0	0	100.00%	100.00%
24	Validar o comportamento da solução, diante da mesma demanda do cenário 23, mas indicando a cidade de Curitiba, para a qual existem instituições e recursos cadastrados para atender a demanda.	"Fomos vítimas de uma enchente na cidade de Curitiba e meu filho está desaparecida e preciso de ajuda para encontrá-lo"	1) Retornar ID Recurso: 38 - Defesa Civil de Curitiba ID Recurso: 37 - Corpo de Bombeiros Militar do Paraná(GOST)	1) Retornar ✓ ID Recurso: 38 - Defesa Civil de Curitiba ✓ ID Recurso: 37 - Corpo de Bombeiros Militar do Paraná(GOST) X Prefeitura de Curitiba: Central de Atendimento 156	2	3	2	1	0	66.67%	100.00%

Figura 18 – Cenários de testes 16 - 24

#	Objetivos	Pergunta	Resultado esperado	Resultado obtido	RT	R	RR	FP	FN	Precisão (RR/R)	Compleitude (RR/RT)
26	Validar público-alvo não declarado Validar demanda: Cesta básica Validar demanda a partir de texto conciso.	"Cesta básica"	1) Retornar: ID Recurso: 4 - SOS Alimentos ID Recurso: 27 - APROSES	1) Retornar: ✓ ID Recurso: 4 - SOS Alimentos ✓ ID Recurso: 27 - APROSES	2	2	2	0	0	100.00%	100.00%
27	Validar demanda: bueiros entupidos	"O bueiro da minha rua está entupido e isto está causando o alagamento da minha casa"	1) Retornar: ID Recurso: 56 - Prefeitura De Curitiba: Serviço de limpeza de bueiro	1) Retornar: ✓ ID Recurso: 56 - Prefeitura De Curitiba: Serviço de limpeza de bueiro	1	1	1	0	0	100.00%	100.00%
28	Validar a detecção de múltiplas demandas em uma única consulta	"Preciso que venham retirar detritos vegetais, de construção e móveis destruídos. Quem pode me ajudar?"	1) Retornar: ID Recurso: 41 - Prefeitura de Curitiba: Serviço de coleta de resíduos vegetais ID Recurso: 18 - Prefeitura De Curitiba: Coleta de Resíduos de Construção Civil ID Recurso: 11 - Prefeitura de Curitiba: Coleta de Mobiliário e Entulhos	1) Retornar: ✓ ID Recurso: 41 - Prefeitura de Curitiba: Serviço de coleta de resíduos vegetais ✓ ID Recurso: 18 - Prefeitura De Curitiba: Coleta de Resíduos de Construção Civil ✓ ID Recurso: 11 - Prefeitura de Curitiba: Coleta de Mobiliário e Entulhos	3	3	3	0	0	100.00%	100.00%
29	Validar demanda: colchões, barracas e lonas	"Preciso de colchão, barracas ou lonas"	1) Retornar: ID Recurso: 150 - Fundação de Ação Social (FAS): Acolhimento ID Recurso: 27 - APROSES	1) Retornar: ✓ ID Recurso: 150 - Fundação de Ação Social (FAS): Acolhimento ✓ ID Recurso: 27 - APROSES X ID Recurso: 149 - Fundação de Ação Social (FAS) Oferece: Centros de Referência de Assistência Social (CRAS)	2	3	2	1	0	66.67%	100.00%
30	Validar demanda: informações de como lidar com situações de perda de documentos	"a água molhou e destruiu todos os meus documentos, o que devo fazer?"	1) Retornar: ID Recurso: 9 - Polícia Civil do Paraná – Boletim de Ocorrência Online	1) Retornar: ✓ ID Recurso: 9 - Polícia Civil do Paraná – Boletim de Ocorrência Online	1	1	1	0	0	100.00%	100.00%
31	Validar demanda: informações de como lidar com situações de furtos e roubos	"estão ocorrendo muitos roubos e furtos como devo notificar?"	1) Retornar: ID Recurso: 9 - Polícia Civil do Paraná – Boletim de Ocorrência Online	1) Retornar: ✓ ID Recurso: 9 - Polícia Civil do Paraná – Boletim de Ocorrência Online	1	1	1	0	0	100.00%	100.00%

Figura 19 – Cenários de testes 26 - 31

#	Objetivos	Pergunta	Resultado esperado	Resultado obtido	RT	R	RR	FP	FN	Precisão (RR/R)	Compleitude (RR/RT)
32	Validar demanda: itens de higiene pessoal	"preciso de itens de higiene pessoal"	1) Retornar: ID Recurso: 27 - APROSES ID Recurso: 131 - Sec. Segurança Alimentar. Armazém da Família ID Recurso: 57 - Casa de Acolhida São José	1) Retornar: ✓ ID Recurso: 27 - APROSES ✓ ID Recurso: 131 - Sec. Segurança Alimentar. Armazém da Família ✓ ID Recurso: 57 - Casa de Acolhida São José	3	3	3	0	0	100.00%	100.00%
33	Validar demanda: banho	"preciso tomar banho"	1) Retornar: ID Recurso: 57 - Casa de Acolhida São José	1) Retornar: ✓ ID Recurso: 57 - Casa de Acolhida São José	1	1	1	0	0	100.00%	100.00%

Figura 20 – Cenários de testes 32 - 33

Tabela de casos nulos											
#	Objetivos	Pergunta	Resultado esperado	Resultado obtido	RT	R	RR	FP	FN	Precisão (RR/R)	Compleitude (RR/RT)
20	Validar o comportamento quando a demanda não possui recursos/instituições cadastrados	"Busco parentes desaparecidos"	1) Retornar a frase: "Infelizmente não foi identificado nenhum recurso subsidiado ou parcialmente subsidiado para atender a sua necessidade, na cidade informada."	1) Retornar a frase: ✓ "Infelizmente não foi identificado nenhum recurso subsidiado ou parcialmente subsidiado para atender a sua necessidade, na cidade informada."	0	0	0	0	0	N/A	N/A
22	Validar o comportamento da solução, quando a demanda não possui recursos/instituições cadastrados	Lugares para limpeza e restauração de eletrodomésticos.	1) Retornar a frase: "Infelizmente não foi identificado nenhum recurso subsidiado ou parcialmente subsidiado para atender a sua necessidade, na cidade informada."	1) Retornar a frase: ✓ "Infelizmente não foi identificado nenhum recurso subsidiado ou parcialmente subsidiado para atender a sua necessidade, na cidade informada."	0	0	0	0	0	N/A	N/A
23	Validar o comportamento da solução, quando a declaração do usuário demanda recursos de uma cidade diferente das instituições cadastradas.	Fomos vítimas de uma enchente na cidade de São Paulo e meu filho está desaparecida e preciso de ajuda para encontrá-la	1) Retornar a frase: "Infelizmente não foi identificado nenhum recurso subsidiado ou parcialmente subsidiado para atender a sua necessidade, na cidade informada."	1) Retornar a frase: ✓ "Infelizmente não foi identificado nenhum recurso subsidiado ou parcialmente subsidiado para atender a sua necessidade, na cidade informada."	0	0	0	0	0	N/A	N/A
25	Validar demanda: medicamentos para dengue	"Preciso de medicamentos para dengue"	1) Retornar a frase: "Infelizmente não foi identificado nenhum recurso subsidiado ou parcialmente subsidiado para atender a sua necessidade, na cidade informada."	1) Retornar a frase: ✓ "Infelizmente não foi identificado nenhum recurso subsidiado ou parcialmente subsidiado para atender a sua necessidade, na cidade informada."	0	0	0	0	0	N/A	N/A

Figura 21 – Cenários de testes com casos nulos