

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

JEFERSON GHISI COSTA

**TRANSPORTE AEROMÉDICO NO ATENDIMENTO A VÍTIMAS DE ACIDENTES -
DESAFIOS E ESTUDO DE CASO**

CURITIBA

2023

JEFERSON GHISI COSTA

**TRANSPORTE AEROMÉDICO NO ATENDIMENTO A VÍTIMAS DE ACIDENTES -
DESAFIOS E ESTUDO DE CASO**

**Aeromedical transport in the service to victims of accidents - challenges and
case study**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Computação Aplicada, do Departamento de Informática da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Prof. Dra. Nádia Puchalski Kozievitch

CURITIBA

2023



[4.0 INTERNACIONAL](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença



JEFERSON GHISI COSTA

TRANSPORTE AEROMÉDICO NO ATENDIMENTO A VÍTIMAS DE ACIDENTES - DESAFIOS E ESTUDO DE CASO

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Computação Aplicada da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Engenharia De Sistemas Computacionais,

Data de aprovação: 28 de Fevereiro de 2023

Dra. Nadia Puchalski Kozievitch, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Humberto Cerezer Ibanez, Doutorado - Faculdades Pequeno Príncipe (Fpp)

Dra. Juliana De Santi, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Ricardo Dutra Da Silva, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 28/02/2023.

Dedico este trabalho à minha família,
pela compreensão sobre os momentos
de minha ausência e pelo apoio
incondicional nesta caminhada. E
também ao meu pai, Seu Henoque (in
memorian), que me ensinou o verdadeiro
sentido do amor.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço ao Senhor Deus, pela proteção e por todas as oportunidades que Ele permitiu ao longo da minha vida.

Também gostaria de agradecer a todos os meus professores do Departamento de Informática da UTFPR, pelos conhecimentos transmitidos e pela honestidade e compreensão quando foi preciso corrigir o meu rumo.

Meus agradecimentos à Professora Dra. Juliana de Santi e à Professora Dra. Keiko Verônica Ono Fonseca, que me auxiliaram nas correções, considerações e sugestões pertinentes para a melhoria do trabalho.

Aos meus amigos estudantes que compartilharam comigo suas experiências, expectativas e amizade durante o curso.

Agradeço à Prefeitura de Curitiba e ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) por compartilhar parte dos dados utilizados neste trabalho.

E, igualmente, agradeço à Polícia Militar do Paraná (Subcomando-Geral do Batalhão de Polícia Militar de Operações Aéreas - Seção de Ensino e Instrução), unidade que colaborou de forma proativa com os testes e levantamento de informações para o desenvolvimento e aperfeiçoamento deste trabalho.

E, de forma especial, agradeço à minha orientadora Professora Dra. Nádya Puchalski Kozievitch, pela paciência incansável, perseverança e motivação para fazer sempre o melhor e elevada sabedoria para me conduzir nesta trajetória.

Também agradeço à minha família, que confiou em mim e me fez acreditar que era possível alcançar este objetivo.

“O voo do homem através da vida é sustentado pela força de seus conhecimentos.” (Alberto Santos Dumont)

RESUMO

O atendimento de emergência às vítimas de acidentes rodoviários é um problema desafiador para a sociedade. As estradas geralmente são fechadas durante os acidentes e o tempo de atendimento é um fator crucial para a sobrevivência de uma pessoa gravemente ferida. Diante dessa urgência, o transporte aeromédico torna-se a modalidade mais segura e favorável para o resgate médico. Para solucionar este problema, realizamos uma análise de requisitos junto aos profissionais que operam o setor de transporte aeromédico, a fim de entender os detalhes deste serviço e suas necessidades em termos de ferramentas computacionais para a escolha dos melhores meios de atendimento, incluindo a localização das bases de apoio aéreo e dos hospitais, além do auxílio na confecção dos planos de voo. Diante dessa perspectiva, este trabalho aplica o algoritmo de seleção *kNN* para encontrar a melhor ambulância, o hospital mais adequado e o melhor plano de voo para atender as ocorrências com vítimas graves. Este trabalho também apresenta a sugestão das principais bases de apoio às equipes aeromédicas e áreas prioritárias de atendimento para otimizar a alocação de recursos. Os experimentos utilizaram PostGIS e dados abertos de aeródromos, helipontos, hospitais e acidentes em rodovias do estado do Paraná para validar o modelo e o serviço de planejamento de rotas aéreas.

Palavras-chave: Acidentes rodoviários. SIG. Transporte aeromédico. Controle do espaço aéreo.

ABSTRACT

Emergency care for victims of road accidents is a challenging problem for society. Roads are often closed during accidents and the time taken to respond is a crucial factor in the survival of a seriously injured person. Faced with this urgency, air medical transport becomes the safest and most favorable modality for medical rescue. To solve this problem, we carried out a requirements analysis with the professionals who operate the aeromedical transport sector, in order to understand the details of this service and their needs in terms of computational tools for choosing the best means of assistance, including the location of the air support bases and hospitals, in addition to assistance in preparing flight plans. Given this perspective, this work applies the kNN selection algorithm to find the best ambulance, the most suitable hospital and the best flight plan to handle the occurrences with serious victims. This work also presents the suggestion of the main support bases for aeromedical teams and priority service areas to optimize the allocation of resources. The experiments used PostGIS and open data from aerodromes, helipads, hospitals and accidents on highways in the State of Paraná to validate the model and the air route planning service.

Keywords: Highway accidents. GIS. Aeromedical transport. Airspace control.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 - Grandes Áreas da Proposta	15
Figura 2 - Dados do ROTAER (Aeroporto de Congonhas - São Paulo, SP) ...	24
Figura 3 - METAR dos Aeródromos de Curitiba e Bacacheri, PR	25
Figura 4 - Etapas da metodologia proposta	28
Figura 5 - Diagrama de Casos de Uso	32
Figura 6 - Visão geral da arquitetura do sist. (adapt. de Zheng <i>et al.</i> 2014).....	34
Figura 7 - Instrução SQL Select para o passo SelectAmbulancia	36
Figura 8 - Integração dos dados abertos	39
Figura 9 - Pontos de acidentes nas Rodovias Federais (PR)	42
Figura 10 - Ocorrência atendida pelo Heliponto da PF no KM 124 da BR-476.	45
Figura 11 - Visualização de aeródromos, helipontos e hospitais do Paraná ..	46
Figura 12 - Região 1 - Entre Curitiba e Tijucas do Sul.....	49
Figura 13 - Região 2 - Entre Maringá e Jandaia do Sul.....	49
Figura 14 - Região 3 - Entre Foz do Iguaçu e Cascavel.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Sumário das respostas do questionário	30
Tabela 2 - Situação atual dos hospitais no PR com helipontos operacionais.	40
Tabela 3 - Situação atual dos hospitais no PR com helipontos operacionais.	42
Tabela 4 - Classificação dos 10 locais com mais acidentes no Paraná	43
Tabela 5 - Locais Prioritários de atendimento	47
Tabela 6 - Recursos por Região	50

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

LISTA DE SIGLAS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
BPMOA	Batalhão de Polícia Militar de Operações Aéreas
CNT	Confederação Nacional do Transporte
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
ERBD	Escola Regional de Banco de Dados
GIS	<i>Geographic Information System</i>
IA	Inteligência Artificial
ICA	Instrução do Comando da Aeronáutica
ICAO	<i>International Civil Aviation Organization</i>
<i>k-NN</i>	<i>K-Nearest Neighbors</i>
METAR	<i>METEorological Aerodrome Report</i>
NOTAM	<i>Notice to Airman</i>
PF	Polícia Federal
OACI	Organização da Aviação Civil Internacional
OKF	<i>Open Knowledge Foundation</i>
SIATE	Serviço Integrado de Atendimento ao Trauma em Emergência
SIG	Sistema de Informações Geográficas
TI	Tecnologia da Informação
UC	<i>Use Case</i>
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivo geral	16
1.1.1 Objetivos específicos.....	16
1.2 Publicações	16
1.3 Organização	16
2 TRABALHOS RELACIONADOS	17
2.1 Controle do espaço aéreo	17
2.2 Banco de dados	18
2.2.1 Algoritmo <i>kNN</i>	19
2.3 Cidades inteligentes	21
2.3.1 Transporte público	22
2.3.2 Transporte aéreo	23
2.4 Desafios	27
3 MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1 Metodologia	28
3.2 Análise de requisitos	29
3.3 Casos de uso	31
3.4 Arquitetura do sistema	33
3.4.1 Aquisição de dados/gerenciamento de dados	34
3.4.2 Análise de dados.....	37
3.5 Entrega de serviços	38
4 ANÁLISE EXPLORATÓRIA E DISCUSSÕES	41
4.1 Análise exploratória	41
4.2 Recomendações	48
5 CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS	54
APÊNDICE A - Questionário de pesquisa	58
APÊNDICE B - Respostas ao questionário aeromédico	61
APÊNDICE C - Especificações completas dos quatro principais casos de uso (cenários), com seus respectivos parâmetros	68
APÊNDICE D - Instruções SQL de criação das tabelas	71
ANEXO A - Formulário de plano de voo simplificado	76
ANEXO B - Dados de plano de voo	78

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, todos os dias nas estradas federais, ocorre uma série de acidentes automobilísticos, vários deles com vítimas. De acordo com um estudo realizado em 2018 pela Confederação Nacional do Transporte (CNT)¹, os principais dados foram:

- 69.206 acidentes foram registrados em 2018 nas rodovias federais que cortam o Brasil, sendo 53.963 com vítimas (mortos ou feridos);
- No período acumulado de 2007 a 2018, foram 1.721.609 acidentes, sendo 756.732 com vítimas; e
- Ocorreram, em média, 82 acidentes com vítimas a cada 100 km de rodovia em 2018.

Ainda neste estudo, as regiões Sudeste e Sul concentram a maior média de acidentes por 100 km das rodovias federais do país, com 131 e 136 acidentes, respectivamente. Dentre as cinco rodovias federais com mais acidentes em 2018, três delas atravessam o estado do Paraná: em primeiro, a BR-101, com 8.896 acidentes; em segundo lugar, a BR-116, com 7.524 acidentes; e, em quinto lugar, a BR-153, com 2.176 acidentes. Dentre as cinco que mais registraram óbitos em 2018, as três primeiras também estão no estado do Paraná: a BR-116, com 649 óbitos; a BR-101 com 615; e a BR-153 com 257 óbitos.

Ainda segundo o estudo, 7.934 acidentes foram registrados em 2018 nas rodovias federais que cortam o Paraná, sendo 6.132 com vítimas (mortos ou feridos). No estado, ocorreram, em média, 155 acidentes com vítimas a cada 100 km de rodovia em 2018. O custo anual estimado dos acidentes ocorridos em rodovias federais no Paraná chegou a R\$ 1,04 bilhões em 2018.

Segundo a Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), o movimento do tráfego aéreo civil tem crescido de forma considerável nas últimas décadas, com tendência a aumentar exponencialmente e, no futuro, poderá resultar em congestionamentos significativos, atrasos de voos e elevada poluição atmosférica (ICAO, 2021). Para manter as aeronaves voando com fluidez, eficiência e, principalmente, com segurança, novas tecnologias, técnicas de controle e métodos

¹ <https://cdn.cnt.org.br/diretorioVirtualPrd/dda5eac4-361e-445e-b1b4-e8711eb0c7af.pdf>

otimizados para gerenciar as informações destes sistemas críticos deverão ser empregados.

Embora o uso do controle do espaço aéreo para resolver problemas (como assistência às vítimas de acidentes, planos efetivos para transporte de órgãos para transplante, distribuição de vacinas e planejamento para o controle de drones) esteja bem consolidado em diversos países ao redor do mundo e também no Brasil, a literatura científica nacional em relação ao assunto ainda é muito rara.

O contexto atual, portanto, tem exigido a necessidade de novas formas de captar, tratar e analisar as informações sobre o controle e o gerenciamento do espaço aéreo, como maior agilidade e precisão, através de novas tecnologias, softwares, leis e sistemas de informação capazes de tratar adequadamente as informações, e desta forma, contribuir para a otimização e segurança operacional do transporte aéreo mundial (DECEA, 2020).

O uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), de tratamento e visualização de dados, de supervisão centralizada, além de outras especificidades provenientes da expertise existente no controle do espaço aéreo, aliado aos bancos de dados abertos confiáveis, poderia auxiliar na análise de serviços e na integração desses dados dentro de uma cidade e em outras atividades voltadas à população.

Em relação ao transporte aeromédico, por exemplo, os cenários de resgate de acidentes podem ser diversos, dependendo do local, da gravidade, da situação da vítima, do tipo de acesso ao local e dos recursos disponíveis.

No caso de vítimas gravemente feridas, quanto mais rápido for o resgate, maiores serão as chances de sobrevivência e da melhor qualidade de vida após o atendimento. Nesta situação, o transporte aeromédico ou eventual combinação com diferentes meios de transporte de resgate médico torna-se a modalidade mais favorável para o resgate médico.

A partir da análise das respostas ao questionário, levantadas junto aos principais prestadores de serviços do setor de transporte aeromédico do Paraná, para entender as demandas e as especificidades desta área, este trabalho aplica o algoritmo *K-Nearest Neighbors (kNN-Select)* para tratar as ocorrências com vítimas graves.

Especificamente, apresentamos uma abordagem *kNN-Select* (em consultas como encontrar k-hospitais e k-aeródromos mais próximos do local do acidente) que

calcula o melhor meio e trajetória para o resgate (plano de voo) e remoção de feridos graves para o destino mais adequado para atendimento.

A abordagem proposta também traz uma sugestão das principais estações base aeromédicas e das três áreas de atendimento prioritárias para o Transporte Aeromédico do Paraná, de forma a otimizar a alocação adequada de recursos para melhor atendimento às vítimas.

A proposta envolve três grandes áreas e seus desafios, a saber: Controle do Espaço Aéreo: principais serviços, legislações e os dados de planos de voo que envolvem o Transporte Aeromédico; Banco de Dados: com ênfase em *softwares* livres para banco de dados, GIS e o algoritmo kNN; e Cidades Inteligentes: destacando o transporte público e a mobilidade urbana, como ilustra a Figura 1.

Figura 1 - Grandes Áreas da Proposta



Fonte: Autoria Própria (2022).

1.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo apresentar um sistema que, com base em uma análise de requisitos levantados previamente por questionário aplicado aos principais prestadores de serviços do setor de transporte aeromédico, apresente um algoritmo de seleção de *k-Nearest Neighbors (kNN)*, a fim de encontrar a melhor ambulância aérea, o hospital mais adequado e o melhor plano de voo para lidar com as ocorrências com vítimas graves.

1.1.1 Objetivos específicos

Foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Realizar uma revisão do conteúdo das principais áreas de pesquisa envolvidas (Figura 1), além dos dados abertos sobre os acidentes;
- Propor um algoritmo que utilize o *kNN Select*, para a escolha das melhores opções em termos de ambulância aérea, hospital disponível e plano de voo (rotas mais adequadas), a fim de aperfeiçoar o atendimento às vítimas; e
- Apresentar uma sugestão das principais bases de apoio e a definição de três áreas prioritárias de atendimento ao Transporte Aeromédico no Paraná, a fim de otimizar a alocação de recursos utilizados no setor.

1.2 Publicações

Dentre as publicações, podemos citar COSTA e KOZIEVITCH, 2021 e COSTA e KOZIEVITCH, 2022.

1.3 Organização

Este trabalho está organizado da seguinte forma: o Capítulo 2 apresenta os trabalhos relacionados, o Capítulo 3 descreve os materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento deste projeto. O Capítulo 4 apresenta a análise exploratória e discussões, seguido pela conclusão no Capítulo 5.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

O escopo deste trabalho envolve três grandes áreas de pesquisa ilustradas na Figura 1: Controle do Espaço Aéreo, Banco de Dados e Cidades Inteligentes.

2.1 Controle do espaço aéreo

O Controle do Espaço Aéreo conecta organizações, instalações, aeronaves e pessoas por meio de procedimentos que têm como objetivo proporcionar regularidade, segurança e eficiência ao fluxo de tráfego nos aeroportos e no espaço aéreo (DECEA, 2022). Os Serviços de Tráfego Aéreo no Brasil são prestados pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA)², que é a organização responsável pelo controle do espaço aéreo brasileiro, provendo serviços de navegação aérea que viabilizam os voos e a ordenação dos fluxos de tráfego aéreo no país. A definição de cada serviço é padronizada internacionalmente pela Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), incluindo cinco grandes categorias: Comunicação, Navegação e Vigilância; Serviços Meteorológicos; Serviços de Informação Aeronáutica; Serviços de Busca e Resgate; e Gestão de Tráfego Aéreo³.

Em termos de legislações pertinentes ao Controle do Espaço Aéreo, uma das principais normas é a Instrução do Comando da Aeronáutica ICA 100-12, Instrução sobre as “Regras do Ar” (DECEA, 2016). Ela tem por finalidade regulamentar, no Brasil, as regras do ar (presentes no Anexo B) na Convenção de Aviação Civil Internacional. A relação destas legislações com o presente trabalho tem o objetivo de alertar os operadores do transporte aeromédico sobre a necessidade de que sejam seguidos rigorosamente todos os procedimentos previstos para os voos em questão, tendo em vista a ocupação simultânea com segurança do espaço aéreo por aeronaves de asa fixa (aviões), de asas rotativas (helicópteros) e drones.

² <https://www.decea.mil.br/>

³ https://www.icao.int/safety/airnavigation/nationalitymarks/annexes_booklet_en.pdf

Em relação aos drones, por exemplo, o piloto remoto em comando é peça fundamental para a segurança das operações dos Sistemas de Aeronaves Não Tripuladas, em inglês, *Unmanned Aircraft Systems (UAS)*, possuindo as mesmas responsabilidades referentes a um piloto de uma aeronave tripulada, de acordo com as regras do ar, leis, regulamentações e procedimentos publicados. Como referência, tem-se a norma ICA 100-40 Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro, que regulamenta os procedimentos e responsabilidades necessários para o acesso seguro ao Espaço Aéreo Brasileiro por aeronaves não tripuladas⁴.

Um outro exemplo é a questão do plano de voo e da prioridade estabelecida para cada caso. Sempre que uma aeronave solicitar uma autorização que implique prioridade, as razões da prioridade devem ser expostas ao órgão de Controle de Tráfego Aéreo responsável. Já existem legislações utilizadas neste âmbito, com destaque para a definição de prioridade à aeronave transportando ou destinada a transportar enfermo ou lesionado em estado grave, que necessite de assistência médica urgente, ou órgão vital destinado a transplante em corpo humano, conforme descrito na ICA 100 - 37 SERVIÇOS DE TRÁFEGO AÉREO⁵.

2.2 Banco de dados

Um banco de dados é um conjunto de dados integrados que tem por objetivo atender a uma comunidade de usuários (HEUSER, 2009). Segundo (SILBERSCHATZ, KORTH e SUDARSHAN, 2020), um banco de dados “é uma coleção de dados inter-relacionados, representando informações sobre um domínio específico”, ou seja, sempre que for possível agrupar informações que se relacionam e tratam de um mesmo assunto, pode-se afirmar que se tem um banco de dados.

Como exemplos de dados utilizados no Controle do Espaço Aéreo no Brasil, podemos citar os produtos e serviços meteorológicos voltados à aviação civil e militar⁶ e os dados climatológicos⁷ disponibilizados para fins acadêmicos, obtidos através de observações meteorológicas realizadas nas Estações Meteorológicas de

⁴ <https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/ica-100-40>

⁵ <https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/ica-100-37>

⁶ <https://www.redemet.aer.mil.br/>

⁷ <http://clima.icea.decea.mil.br/clima/>

superfície e de altitude, operadas no âmbito do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro.

Em relação aos *softwares* livres para banco de dados, vemos atualmente, que já existem diversos exemplos de aplicações abertas para os ambientes aeronáutico e espacial. O Centro Aeroespacial Alemão, por exemplo, construiu um diretório baseado no *Software Open Source Allura*⁸, que é o software básico que conduz a plataforma de hospedagem *Open Source SourceForge.net*⁹. O resultado é um portal de *softwares* disponíveis para a comunidade de pesquisa aeroespacial, que permite registrar e categorizar o *software*, sendo destinado a ser usado tanto para código aberto quanto para *software* proprietário (SCHREIBER, 2014).

Um Sistema de Informação Geográfica (SIG), acrônimo inglês de *Geographic Information System (GIS)*, é um sistema de *hardware*, *software*, informação espacial, procedimentos computacionais e recursos humanos que permite e facilita a análise, gestão ou representação do espaço e dos fenômenos que nele ocorrem (BURROUGH, MCDONNELL e LLOYD, 1998).

2.2.1 Algoritmo *kNN*

Em termos de algoritmo, podemos citar o K-vizinhos mais próximos, *k-Nearest Neighbors (kNN)*, que é usado em aplicativos SIG e CAD/CAM, para encontrar os *k* objetos espaciais mais próximos de um determinado ponto de consulta. A execução rápida de *kNN* em aplicativos de banco de dados espacial requer uma estrutura de índice informativa e eficiente que pode efetivamente reduzir o espaço de pesquisa (BHIMA *et al.*, 2012).

Uma dessas análises é descobrir quais recursos estão mais próximos de um determinado meio ou classe. Um dos predicados espaciais utilizados pelo SIG que pode ser citado é o *kNN-Select* (usado em consultas como por exemplo, encontre os *k*-hospitais mais próximos da minha localização).

Apenas como um exemplo prático do *kNN*, ele foi utilizado em um projeto que realizou a identificação e a classificação de drones, sendo que a entrada consistia dos *k* exemplos de treinamento mais próximos no espaço de atributos

⁸ <https://allura.apache.org/>

⁹ <https://sourceforge.net/>

(comprimento, altura, largura e curvatura do drone), onde as imagens de vários tipos de drones eram armazenadas em um sistema de arquivo de imagem (RAO *et al.*, 2020).

Outro predicado espacial importante é o *kNN join* (usado, por exemplo, para encontrar os k-bombeiros mais próximos para cada posto de gasolina), que também pode ser útil quando vários predicados *kNN-Select* são executados no mesmo conjunto de dados (ALY *et al.*, 2015).

Existem outras variantes de algoritmos correlatos, usados para consultas por similaridade, escopo ou abrangência, *Similarity Range Query - (Rq)*, ou por k-Vizinhos mais próximos reversos, *Reverse k-Nearest Neighbors (RkNN)*, onde todos os pontos que possuem o ponto de consulta como um de seus k pontos mais próximos devem ser encontrados (CHEEMA *et al.*, 2011).

Um exemplo de aplicação do *kNN* é mostrado no estudo de caso sobre serviços médicos por meio de ambulâncias em Seul, avaliando a cobertura de k-minutos em diversos cenários de trânsito. Eles introduziram o índice de Variabilidade do Tempo de Resposta (RTV) para avaliar tal vulnerabilidade. Para derivar o RTV, as velocidades que variam no tempo são definidas para cada segmento de rua dentro de uma rede de ruas com base nos dados históricos de velocidade de tráfego. Isso também reflete na necessidade de utilizar a assistência aérea como complemento às ambulâncias terrestres (YUHONG *et al.*, 2015).

O *kNN* também já foi utilizado para detectar e corrigir os desvios (fora dos pontos da curva), tanto para trajetórias de grupo quanto para trajetórias individuais, encontrados no domínio do transporte inteligente, onde os analistas de dados enfrentam inúmeras trajetórias derivadas da mobilidade de pessoas, carros, ônibus e táxis (DJENOURI *et al.*, 2021).

O algoritmo *kNN* também pode ser utilizado como instrumento auxiliar para considerar trajetórias atípicas, caracterizadas como o problema de detecção de *outliers* para dados espaciais envolvendo trajetórias. Isso inclui, por exemplo, dados de posicionamento de veículos, dados de rastreamento de furacões e dados de movimentação de animais, cujo objetivo é identificar trajetórias que não estejam de acordo com as demais (BELHADI *et al.*, 2021).

2.3 Cidades inteligentes

Cidades inteligentes são aquelas que monitoram e integram as condições de operação de todas as infraestruturas críticas da cidade, atuando de forma preventiva para a continuidade de suas atividades fundamentais (HALL *et al.*, 2000). O conceito de cidades inteligentes geralmente envolve alguns fatores essenciais, tais como: dados abertos, legislação e transportes. Em relação aos transportes, com finalidades diversas, carros, caminhões, ônibus, navios, trens, veículos aéreos não tripulados (VANT), aviões e helicópteros necessitam transportar pessoas e materiais de um lugar a outro, dentro e fora das cidades.

A logística por trás desses veículos e dos serviços que eles constituem é parte passível de otimização e fundamental para a melhoria da eficiência da cidade. Percebe-se, por exemplo, nos grandes centros, a necessidade de nova geração de serviços de controle e gerenciamento do espaço aéreo, através da alocação de rotas especiais, níveis de voo e códigos transponder reservados (que identificam individualmente as aeronaves) e telas de controle aéreo específicas para categorias e tipos de voos especiais (drones, helicópteros, transporte aeromédico, dentre outros). Isso permitirá que os drones realizem, por exemplo, voos em baixa altitude em cidades densamente povoadas, voando no meio de espaços públicos para entregar informações, mercadorias, medicamentos, testes e vacinas, evitando o contato humano e sendo controladas com segurança através de sensores ou rede de celulares, prevenindo colisões e sem invadir o espaço dos aviões e helicópteros (FOINA *et al.*, 2015).

Em relação aos dados abertos, a *Open Knowledge Foundation*, organização sem fins lucrativos que promove o conhecimento livre, apresenta a definição de que dados abertos podem ser usados livremente, reutilizados e redistribuídos por qualquer pessoa - sujeitos no máximo à obrigação de atribuir e compartilhar a propriedade (OKF, 2020).

Em relação à legislação voltada para cidades inteligentes, os principais aspectos relacionados ao controle do tráfego aéreo a serem consolidados no Brasil dizem respeito ao registro e homologação prévia das aeronaves envolvidas no transporte aeromédico, ao cadastro dos drones autorizados a sobrevoar áreas povoadas, à licença e à habilitação de pessoal para a operação, à responsabilidade

do operador, à autorização e ao planejamento do voo e ao contato com os órgãos de tráfego aéreo, dentre outros (ANAC, 2021).

Como referência e fator motivador para a necessidade de atualizar a legislação, tem-se o recente aumento significativo do uso comercial do Sistema de Aeronaves Não Tripuladas, o qual deu início ao conhecido mercado dos drones. De acordo com a *Association for Unmanned Vehicle Systems International* (AUVSI), esse setor movimentará, somente nos Estados Unidos, cerca de US\$ 82 bilhões, gerando, até 2025, 100 mil novos postos de trabalho no mercado norte-americano¹⁰.

2.3.1 Transporte público

No âmbito terrestre (KOZIEVITCH *et al.*, 2016), o transporte público é considerado uma das áreas mais críticas das cidades inteligentes, pois proporciona mobilidade às massas e ajuda a mitigar o trânsito e a poluição. Os acidentes de trânsito são uma das principais causas de morte no Brasil e, segundo dados da Confederação Nacional de Transportes¹¹, somente entre 2007 e 2017, foram registrados mais de 1,6 milhão de acidentes e mais de 83 mil mortes. Em particular, os dados de acidentes possuem não apenas componentes geográficos e temporais, mas também dinâmicas incluindo: trecho da rodovia, classificação diferenciada de acidentes, veículos e passageiros envolvidos em diferentes agregações (país, estado, cidade).

Uma interface, por exemplo, foi proposta anteriormente (MATTOS *et al.*, 2019), utilizando dados de acidentes da Polícia Rodoviária Federal, de janeiro de 2007 a junho de 2018, com o objetivo de suprir o problema de sobreposição de acidentes em áreas e identificação de padrões.

Os acidentes nas rodovias brasileiras também foram analisados por outras abordagens (KAGEYAMA, KOZIEVITCH e BERARDI, 2019), explorando os números de acidentes de trânsito e suas características (como localização, mortalidade, tipo de via, entre outros). Outros sistemas, como acesso do usuário em emergência e atendimento sob pressão (SOUZA-JÚNIOR *et al.*, 2019) e aplicações para operadores de transporte aeromédico (ARAGÃO *et al.*, 2020) podem ser citados.

¹⁰ Association for Unmanned Vehicle Systems International (AUVSI)

¹¹ <https://cnt.org.br/agencia-cnt/cnt-apresenta-estudo-sobre-acidentes-rodoviaros-congresso-medicina-trafego>

Do ponto de vista da Sociedade Brasileira de Computação, os desafios da mobilidade urbana podem ser abordados usando descoberta de padrões, análise estatística, integração de dados e dados abertos e conectados (KOZIEVITCH *et al.*, 2016).

2.3.2 Transporte aéreo

Na Aeronáutica, existem diversos dados abertos que podem auxiliar na integração com as cidades inteligentes, pois fazem parte do planejamento estratégico de novas rotas, espaços reservados, dados de relevo, dados meteorológicos e procedimentos especiais para helicópteros, drones, dentre outros. Exemplos destes dados são as cartas de navegação, os NOTAM (Avisos aos Navegantes)¹², as Circulares de Informações Aeronáuticas¹³ e o ROTAER (diretório de Aeródromos)¹⁴, ilustrado na Figura 2.

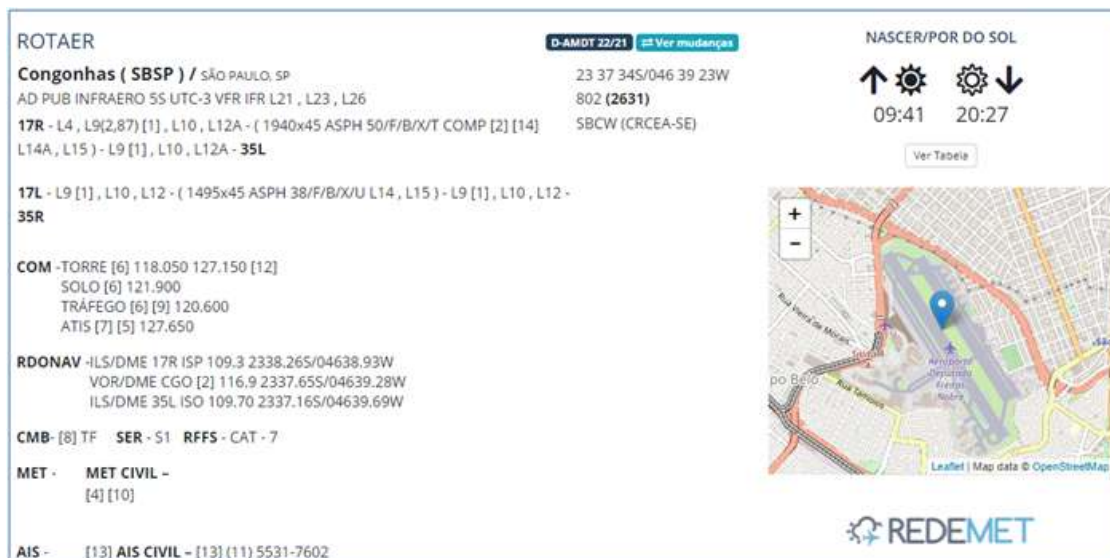
O ROTAER Digital é disponibilizado pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo e possibilita a consulta das informações características de aeródromos civis e militares, tais como: altitude, comprimento e largura da pista, luzes, equipamentos de navegação, serviços aeronáuticos disponíveis, dentre outros. Tem como finalidade auxiliar os aeronavegantes no planejamento e realização dos voos no espaço aéreo brasileiro.

¹² <https://ajuda.decea.mil.br/base-de-conhecimento/o-que-e-notam/>

¹³ <https://aisweb.decea.mil.br/?i=publicacoes&p=aic>

¹⁴ <https://aisweb.decea.mil.br/?i=aerodromos&p=rotaer>

Figura 2 - Dados do ROTAER (Aeroporto de Congonhas - São Paulo, SP)



Fonte: DECEA (2022).

Outro exemplo é o *Meteorological Aerodrome Report* (METAR), que é um informe meteorológico de aeródromo, regular, com observações feitas de hora em hora (DECEA, 2022). O METAR se trata de um código de observação de aeródromo, produzido por uma Estação Meteorológica de Superfície (EMS), para fins aeronáuticos. Seu objetivo é notificar as condições completas de um certo aeródromo, de hora em hora, como visibilidade, temperatura, vento, pressão atmosférica, presença de nuvens, dentre outras, a fim de apoiar pilotos que chegam e partem do local.

Este tipo de informação está estreitamente ligado aos serviços de transporte aeromédico, pois a sua consulta prévia permitirá aos aeronavegantes verificar como a origem e o destino do voo estão operando em termos meteorológicos. A Figura 3 exemplifica dados do METAR dos aeródromos de Curitiba (SBCT) e do Bacacheri (SBBI). A decodificação dos campos pode ser acessada no site do DECEA¹⁵.

¹⁵ <https://ajuda.decea.mil.br/base-de-conhecimento/como-decodificar-o-metar-e-o-speci/>

Figura 3 - METAR dos Aeródromos de Curitiba e Bacacheri, PR

LOCALIDADE	TIPO	DATA/HORA	MENSAGEM
SBCT	METAR	16/06/2021 15:00	METAR SBCT 161500Z 05006KT 010V080 9999 BKN009 BKN040 14/09 Q1021=
SBBI	METAR	16/06/2021	METAR SBBI 161500Z 06002KT SCT015 SCT030 15/11 Q1022=

Fonte: DECEA (2022).

Um outro desafio encontrado pelos prestadores de serviços de emergência, no contexto das cidades inteligentes, é selecionar os locais adequados para os postos de ambulância. É importante focar na localização de estações de ambulância usando informações reais de tráfego, para minimizar o tempo médio de viagem para atender solicitações de emergência (YUHONG *et al.*, 2015).

Paralelamente, a literatura já afirmava que estudos de resgate aeromédico no Brasil são necessários devido aos investimentos feitos em atendimento pré-hospitalar em um país sem sistema de trauma organizado (CARDOSO *et al.*, 2014). Em termos de atendimento às vítimas, há de se considerar também a modalidade terrestre e também a híbrida, quando são combinados os meios aéreos e as ambulâncias e serviços terrestres, com destaque para o SIATE¹⁶. Considerando que poderá ser utilizada a ambulância aérea, especial atenção deve ser voltada aos dados de Planos de Voo, pois, para que todo voo seja autorizado e possa ser realizado adequadamente, é necessário o preenchimento do Formulário de Plano de Voo, segundo a norma específica para tal. Estes dados são passados do piloto ao controlador de tráfego aéreo através da fonia, também chamada de comunicação rádio.

No Brasil, a legislação sobre este assunto é estabelecida pelo Manual do Comando da Aeronáutica MCA 100-11, que estabelece os seguintes tipos de formulário: Formulário de Plano de Voo Completo; Formulário de Plano de Voo Simplificado; e Formulário de Plano de Voo Repetitivo. O voo utilizado exclusivamente quando se pretende voar sob regras de voo visual (VFR) e inteiramente dentro de uma ATZ (Zona de Tráfego de Aeródromo), CTR (Zona de Controle), TMA (Área de Controle Terminal) ou, na inexistência daqueles espaços aéreos, em um raio de até 50 Km (27 milhas náuticas) do aeródromo de partida, o

¹⁶<https://www.bombeiros.pr.gov.br/Pagina/Como-funciona-o-SIATE>

modelo a ser utilizado, neste caso, é o Plano de Voo Simplificado (ilustrado no Anexo A). Seus principais itens são: identificação e tipo da aeronave, equipamentos e capacidade de navegação, aeródromo e horário de partida, rota, velocidade e nível de cruzeiro, aeródromo de destino, duração total estimada do voo, aeródromos alternativos e piloto em comando¹⁷. Além da autorização por parte dos órgãos de controle de tráfego aéreo, os dados dos planos de voo são utilizados também para o planejamento e registro, envolvendo o tempo de voo, o combustível a ser consumido, as principais rotas e os níveis de voo utilizados.

No transporte aeromédico, exige-se uma tripulação competente e em sintonia, que cumpre determinados requisitos, e equipamentos e materiais especializados, que tornam possível que todo o transporte seja feito sem qualquer incidente, incluindo as instruções específicas sobre peso e balanceamento da ambulância aérea e sobre o pouso ou decolagem em local não cadastrado pela ANAC. Para atender a esses requisitos, as aeronaves devem passar por uma grande transformação, passando de meio aéreo com instrumentos rudimentares a helicópteros, jatos e aviões com equipamentos de alta tecnologia, para poder responder a qualquer tipo de situação. Segundo dados da ANAC, o serviço aeromédico privado é atualmente operado no país por cerca de 44 empresas. No Brasil, o Sistema de Transporte Aeromédico gratuito e humanitário está intimamente ligado à área militar, especificamente à Força Aérea Brasileira (FAB), à Polícia Militar e ao Corpo de Bombeiros.

Em especial, o governo do estado do Paraná conta com o Batalhão de Polícia Militar de Operações Aéreas (BPMOA)¹⁸, que atualmente conta com seis aeronaves para atendimento aeromédico e outros tipos de serviços, incluindo quatro helicópteros e dois aviões: um helicóptero Bell 206 Jet Ranger III (Falcão 01), dois helicópteros Eurocopter EC130 B4 (Falcão 03 e Falcão 04), um helicóptero Robinson R44 (Falcão 7), um avião Cessna Skylane (Falcão 05) e um avião Beechcraft Baron BE58 (Falcão 06). A aeronave e todo o equipamento necessário ao transporte aeromédico acarretam custos de aquisição e manutenção muito elevados. Como tal, é comum que essas aeronaves sejam usadas para outros serviços e por outros governos.

¹⁷ <https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/iepv-100-7>

¹⁸ <https://www.pmpr.pr.gov.br/BPMOA>

2.4 Desafios

A pesquisa nas grandes áreas dos trabalhos relacionados neste trabalho resultou em alguns desafios, dentre os quais podemos citar:

(1) Aprimoramento da gestão e da segurança do tráfego aéreo nas grandes áreas urbanas;

(2) Aperfeiçoamentos dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), que tragam melhorias no projeto, nas capacidades desses veículos, nos regulamentos, nos testes, resultando em avanços nos sistemas de voo, controle, monitoramento, processamento de dados e pouso, a fim de garantir sua confiabilidade, comunicação com estações de controle em solo e integração com outros sistemas (FOINA *et al.*, 2015);

(3) Melhorias na governança: padronização de dados e maior integração entre diferentes *stakeholders* (PRZEYBILOVICZ; CUNHA e TOMOR, 2017);

(4) Aumento da segurança operacional, tanto do ponto de vista do compartilhamento do espaço aéreo, como na operação de equipamentos e aeronaves;

(5) Ampliação da gestão dos recursos naturais;

(6) Melhoria da qualidade de vida;

(7) Aperfeiçoamento da área de transportes de emergência;

(8) Incentivo à utilização e compartilhamento de dados abertos; e

(9) Compartilhamento de *know-how* sobre produtos e serviços de controle do espaço aéreo.

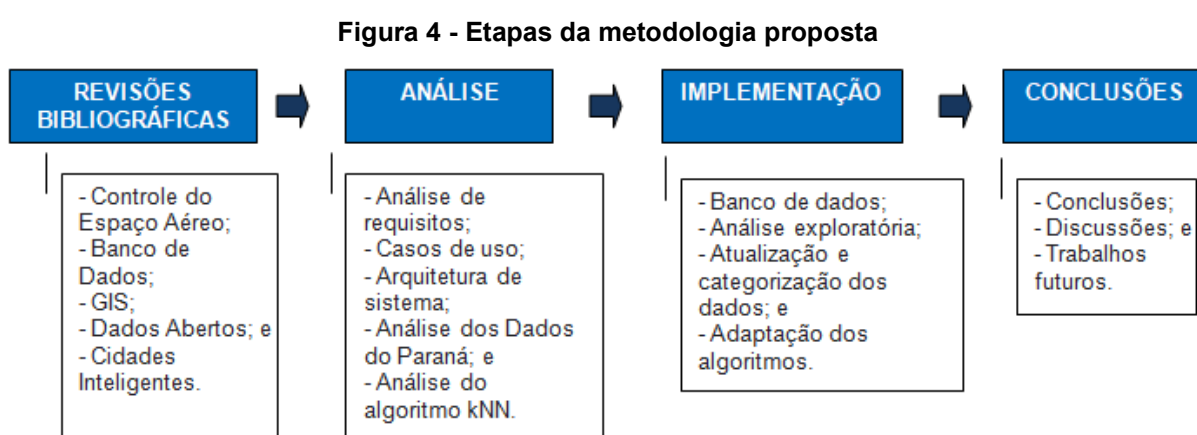
Nesse sentido, este trabalho contribui com os itens 7 - Aperfeiçoamento da área de transportes de emergência e 8 - Incentivo à utilização e compartilhamento de dados abertos, a fim de auxiliar os prestadores de serviços de emergência aérea.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo apresenta a metodologia, a análise de requisitos, os casos de uso, a arquitetura do sistema e a entrega de serviços.

3.1 Metodologia

O método utilizado possui cinco etapas: revisão bibliográfica, análise, implementação e conclusões e resultados, como ilustra a Figura 4.



Fonte: Autoria Própria (2022).

As revisões bibliográficas descritas anteriormente no Capítulo 2 envolvem as três grandes áreas: Controle do Espaço Aéreo, Banco de Dados e Cidades Inteligentes.

Realizada a revisão da bibliografia das áreas afins, iniciou-se o aprofundamento na análise dos dados sobre os acidentes rodoviários nas Rodovias Federais do Paraná, os aeródromos e heliportos que poderiam servir de base para a decolagem dos meios aéreos e os hospitais de referência em traumas. Como parte desta fase de análise, também foi realizada a análise de requisitos, através do levantamento junto aos usuários das funcionalidades que o sistema deveria ter. Em seguida, foi analisado o algoritmo kNN, a fim de verificar se os resultados teóricos apresentados por ele em termos de escolha e priorização de pontos estavam de acordo com o que é visto na prática.

Na terceira etapa, no processo de implementação, passou-se a executar as diversas fases que permitem abordar os desafios listados na proposta deste trabalho, dentre as quais:

1) Atualização da base de dados dos acidentes;
2) Realização de uma análise inicial de qualidade e categorização dados, tais como:

- Levantamento da quantidade de acidentes existentes nas rodovias federais do Paraná, entre 2007 e 2018, indicando os pontos com maior incidência de ocorrências;
- Classificação dos tipos de acidentes que mais ocorrem (condições das vias, características do terreno, meteorologia predominante no local, dentre outros);
- Determinação das áreas de maior concentração e intensidade de acidentes (pontos críticos); e
- Verificação da distribuição geográfica dos acidentes nas regiões do Paraná, a fim de determinar qual a melhor estratégia para cobrir a maior área de atendimento possível.

3) Adaptação dos algoritmos; e

4) Proposta da base de dados e da análise exploratória.

Finalmente, a fase de conclusões apresenta as discussões finais, recomendações e trabalhos futuros.

3.2 Análise de requisitos

A análise de requisitos é o processo que investiga o contexto, demandas e oportunidades de um determinado setor, tem como objetivo entender as necessidades dos usuários e assim melhorar a situação atual (COOPER *et al.*, 2014).

Neste projeto, a análise de requisitos foi organizada em duas etapas: aplicação de questionário *Web* e entrevistas semiestruturadas, ambas realizadas com operadores do setor de transporte aeromédico.

Essas atividades foram desenvolvidas por meio da aplicação de questionário e de entrevistas com quatro possíveis usuários, com visita “*in loco*” aos hangares e instalações localizadas no Aeroporto Bacacheri (SBBI), na cidade de Curitiba.

O questionário foi aplicado a cada participante da pesquisa por meio da disponibilização de um formulário no *Google Forms*, como indicado no Apêndice A. O principal objetivo dos questionários era obter dados sobre o perfil dos participantes, bem como levantar os principais aspectos e necessidades do setor em questão, como idade, ocupação, gênero, capacidades, necessidades e perspectivas de uso da aplicação.

A Tabela 1 resume os resultados das respostas ao questionário.

Tabela 1: Sumário das respostas do questionário

Questões	Respostas
Perfil dos usuários	Os participantes incluíram um gestor e piloto, um piloto operacional e dois médicos, todos eles atuando no Transporte Aeromédico.
Cidade	Curitiba.
Gênero	Três homens e uma mulher.
Idade	Entre 35 e 55 anos.

Fonte: Autoria Própria (2022).

Os requisitos do aplicativo foram levantados por meio da análise das respostas de 19 questões abordando o ambiente e as condições do setor de Transporte Aeromédico, tais como: número de empresas do setor no Paraná, meios aéreos utilizados, condições dos locais de apoio, adequação da infraestrutura, número e qualificação de pessoal especializado, número e condições das Unidades de Terapia Intensiva (UTI); tipos de vítimas atendidas; entre outros.

Além dos questionários, também foram realizadas algumas entrevistas semiestruturadas, que combinam aspectos das entrevistas não estruturadas, ou seja, o entrevistador utiliza um roteiro de perguntas pré-definidas e, a partir das respostas, é possível elaborar novas perguntas.

As respostas ao questionário e as entrevistas mostraram pontos importantes:

(1) As sugestões indicaram a necessidade de mais helipontos próximos aos locais dos acidentes, a melhoria das condições dos helipontos em termos de operação noturna e iluminação adequada;

(2) A maioria considerou os custos envolvidos como “altos”;

(3) Segundo os entrevistados, os principais pontos de ocorrência de acidentes são nos trechos mais sinuosos, perto das montanhas;

(4) Três responderam que não existe aplicativo dedicado que auxilie as operações e um respondeu que existem apenas aplicativos para navegação aérea; e

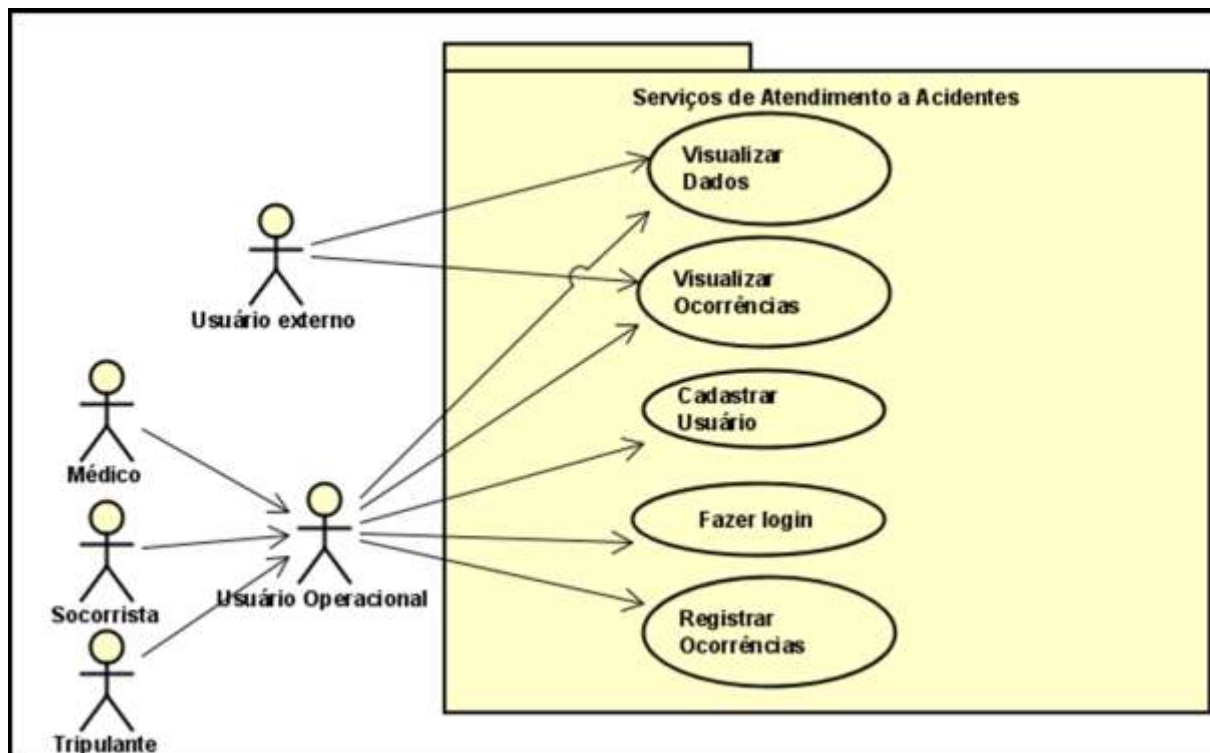
(5) Quanto à conveniência e benefícios de um aplicativo para apontar as melhores condições de atendimento, três responderam que sim e um que sim, condicionalmente, dependendo da aeronave/helicóptero e da regulamentação do setor.

A partir da aplicação do questionário efetuada junto aos operadores, verificou-se a existência de uma demanda de ferramentas auxiliares no setor, justificando o desenvolvimento de aplicativo que possa permitir: a visualização de dados (locais de acidentes, locais de apoio: aeroportos e helipontos, unidades de saúde); a visualização de ocorrências (incluindo a posição geográfica, os melhores meios de atendimento aéreos/terrestres, as UTI mais próximas); e o registro de tais ocorrências (a fim de definir locais de implantação de novos helipontos, campanhas de redução de acidentes nos principais locais, dentre outros).

3.3 Casos de uso

Os diagramas de caso de uso, individualmente identificados, são apresentados a seguir na Figura 5:

Figura 5 - Diagrama de Casos de Uso



Fonte: Autoria Própria (2022).

Dentre os principais casos de uso podemos citar:

- CASO DE USO (UC001): VISUALIZAR OCORRÊNCIAS

Descrição: O usuário externo/usuário operacional tenta visualizar os dados sobre uma determinada ocorrência.

Pré-Condições: O usuário deve estar logado.

Fluxo Básico: O usuário seleciona os filtros: data, horário, local, hospital destino, vítimas, plano de voo, e envia a requisição.

Fluxo Alternativo: O sistema sinaliza "ocorrência não localizada" e encerra o caso de uso.

Pós-Condições: Os dados sobre a ocorrência foram encontrados e são mostrados visualmente. As distâncias e o tempo de voo são ilustrados.

- CASO DE USO (UC002): REGISTRAR OCORRÊNCIAS

Descrição: O usuário operacional faz o registro dos dados da ocorrência.

Pré-Condições: O usuário deve estar logado.

Fluxo Básico: O usuário preenche os dados sobre uma ocorrência (data, horário, tipo de acidente, classificação do acidente, condição meteorológica, número de pessoas envolvidas, mortos, feridos leves, feridos graves, veículos, localização, dados do plano de voo, ambulância envolvida, meio aéreo utilizado, hospital de destino) e solicita o registro. Obs. o registro da localização (latitude/longitude) pode ser otimizado através da foto ou localização automática das coordenadas do acidente.

Fluxo Alternativo: Não há.

Pós-Condições: Os dados sobre a ocorrência foram registrados corretamente na base de dados.

Os casos de uso citados acima serão os principais abordados neste trabalho, pois apresenta a parte operacional, ou seja, a partir dos meios terrestres (ambulâncias) e aéreos (helicópteros) e da localização geográfica do acidente, busca-se definir a melhor opção (mais rápida e mais eficaz) para atender e resgatar a vítima e/ou conduzir a mesma à UTI mais próxima disponível. Estes casos de uso envolvem o algoritmo para cálculo e escolha da melhor opção de trajeto, a apresentação gráfica da trajetória e o registro automático dos dados sobre o atendimento.

Os usuários envolvidos nestes casos de uso são os usuários externos e os usuários operacionais (médicos, socorristas, ou tripulantes), que utilizarão as ferramentas computacionais descritas neste trabalho para a escolha dos melhores meios para atendimento às vítimas graves. Os demais casos de uso se encontram descritos no Apêndice C.

3.4 Arquitetura do sistema

A arquitetura do sistema, mostrada na Figura 6, é baseada em uma estrutura geral de computação urbana (ZHENG *et al.*, 2014). É composta por quatro camadas: aquisição de dados, gerenciamento de dados, análise de dados e entrega de serviços.

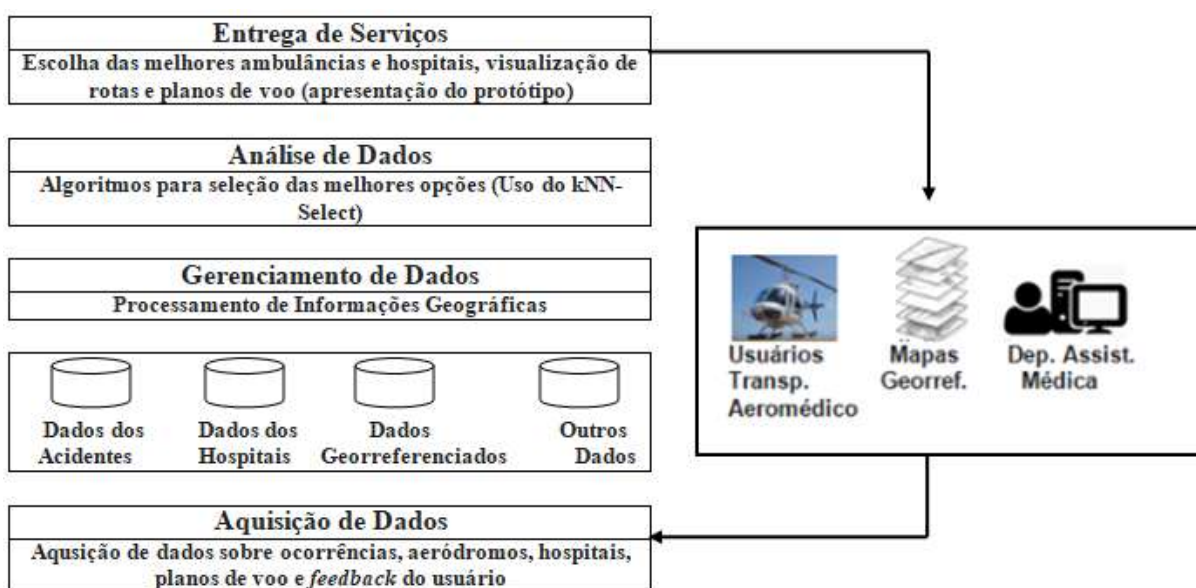
A aquisição de dados refere-se à tarefa de coletar dados sobre acidentes, aeródromos, hospitais e *feedback* do usuário.

O gerenciamento de dados é a tarefa de estruturar os dados para dar suporte à análise eficiente.

Na camada de análise de dados, são utilizados algoritmos para otimização de mobilidade, com destaque, neste trabalho, para o algoritmo *kNN-Select*.

A camada de entrega de serviços oferece serviços específicos, que posteriormente são explorados como protótipo, permitindo a visualização da ocorrência, por exemplo.

Figura 6 - Visão geral da arquitetura do sistema (adapt. de Zheng *et al.* 2014)



Fonte: Autoria Própria (2022).

3.4.1 Aquisição de dados/gerenciamento de dados

Considerando as respostas no processo de Análise de Requisitos (Seção 3.2), a próxima fase foi gerenciar, integrar e filtrar os dados abertos para o atendimento de acidentes rodoviários no estado do Paraná, os quais envolveram:

(1) Acesso aos dados sobre acidentes em rodovias federais no Brasil¹⁹, de 2007 a 2018 (mais detalhes podem ser encontrados em Mattos *et al.* 2019);

(2) Dados de aeródromos públicos e privados²⁰, com 298 helipontos, 2476 aeródromos privados e 508 aeródromos públicos, e

¹⁹ http://vias-seguras.com/dados_da_prf

(3) 9.224 hospitais e clínicas no estado do Paraná²¹ (mais detalhes sobre os dados podem ser encontrados em (CAVALCANTE, NETO e KOZIEVITCH, 2018)).

A novidade aqui está em como esses dados abertos de locais reais no estado do Paraná são então utilizados para o atendimento a ocorrências de acidentes e para a confecção dos planos de voo (definidas como tabela "ocorrências" e tabela "plano_voo" na Figura 8).

Salienta-se que nem todos os hospitais e unidades de saúde aqui citados possuem UTI prontas ou helipontos homologados para operação, sendo apenas uma sugestão de pontos de apoio a serem apresentados ao governo, considerando uma possível extensão dos pontos de apoio a serem implantados, em atendimento a uma crescente necessidade da sociedade.

Esta sugestão foi apresentada tendo em conta as principais localidades apresentadas pelo resultado das consultas (SQL) à tabela de acidentes, bem como considerando as distâncias mais curtas dos hospitais a essas localidades e a infraestrutura anteriormente existente nos respectivos helipontos.

As principais limitações quanto aos dados são:

(1) Os dados são limitados ao estado do Paraná/Brasil;

(2) Problemas de geocodificação: ocorreram vários problemas de geocodificação, pois os dados de acidentes apresentavam erros com latitudes e longitudes em alguns pontos das Rodovias Federais Brasileiras (como acidentes brasileiros localizados no Chile);

(3) Diferenças estruturais entre os dados de acidentes ao longo dos anos (o número de colunas foi diferente ao longo dos anos); e

(4) A faixa de dados de acidentes de trânsito é entre 2007 e 2018, que são os dados disponibilizados pela Polícia Rodoviária Federal, o que não comprometeu o estudo, pois uma análise mais detalhada sobre os acidentes mostrou que os principais pontos permaneceram os mesmos ao longo do período;

Os dados foram armazenados em um banco de dados Postgis²², sendo indexados posteriormente com índices primários.

²⁰ <https://sistemas.anac.gov.br/dadosabertos>

²¹ <http://www.crmpr.org.br>

²² https://postgis.net/docs/reference.html#Geometry_Processing

ALGORITMO 1: Ocorrencia_Ambulancia_Aerea (Acidente, Ocorrencia_Hospital, Ocorrencia_Ambulancia, Plano_Voo)

/ Selecione a melhor ambulância disponível para o acidente, considerando a localização, e a menor distância */*

If (tráfego obstruído e condições meteorológicas favoráveis) {

/ 1. Selecione os seis melhores locais para origem da ambulância e a melhor ambulância para atendimento da ocorrência */*

Ocorrencia_Ambulancia ←kNN_SelectAmbulancia (Acidente);

/ 2. Considerando a Ambulância de origem e o acidente, calcular os seis melhores hospitais como possível destino */*

Ocorrencia_Hospital ←kNN_SelectHospital (Acidente, Ocorrencia_Ambulancia);

/ 3. Tendo os dados da ambulância de origem, o acidente e o hospital de destino calcule o melhor plano de voo, ligando os pontos e construindo o trajeto */*

Plano_Voo ←Calcula_Voo (Ocorrencia_Hospital, Acidente, Ocorrencia_Ambulancia); }

Fonte: Autoria Própria (2022).

Figura 7 - Instrução SQL Select para o passo kNN_SelectAmbulancia

```
select *, A.the_geom <-> 'SRID=29193;POINT(-49.1992531000
-25.3812036000) '::geometry AS dist, st_AsEWKT(the_geom)
from meio_aereo A
order by dist limit 6;
```

Fonte: Autoria Própria (2022).

3.4.2 Análise de dados

Nesta seção apresentamos a construção do algoritmo *kNN-Select* proposto. Para isso, são consideradas as seguintes definições:

(1) Para a área de cobertura de uma ambulância é calculada comparando os dados iniciais do acidente com as localizações das ambulâncias aéreas (CHO E YOON, 2015). As possíveis localizações para a origem das ambulâncias são escolhidas entre os pontos definidos na base de dados (Tabela meio_aereo);

(2) O *kNN* é um algoritmo normalmente baseado na distância euclidiana, que é calculada como a raiz quadrada da soma das diferenças quadráticas entre um novo ponto (x) e um ponto existente (x_i) em todos os atributos de entrada (ALI; NEAGU e TRUNDLE, 2019);

(3) Os hospitais considerados como destinos são aqueles definidos na base de dados (Tabela hospitais), após uma seleção prévia realizada pelo médico regulador, responsável por verificar se o hospital contém os especialistas e os equipamentos necessários ao atendimento; e

(3) O algoritmo recebe como dado de entrada uma localização do acidente e tem, como saída, os dados da ambulância aérea, do hospital, e do plano de voo, que serão armazenados como ocorrência (Tabela ocorrencias).

O Algoritmo 1 é executado através da instrução *SQL Select*, conforme procedimento definido na Figura 7. Ou seja, dadas as coordenadas de um acidente, utilizam-se os parâmetros georreferenciados dos locais com meios aéreos disponíveis para verificar a distância entre eles e o local do acidente. Desta forma, são realizadas as seguintes etapas:

(1) *kNN_SelectAmbulancia*: Calcula o *ranking* ou classificação das 6 melhores localizações de origem da ambulância (o k -aeródromo mais próximo do principal local histórico do acidente) para atendimento do acidente, e retorna a melhor, considerando a menor distância (foram solicitadas 6 localidades, pois pode haver restrições sobre meteorologia e outras condições a serem verificadas no momento pelo pessoal operacional);

(2) *kNN_SelectHospital*: Considerando os resultados da etapa anterior, calcula o *ranking* dos 6 melhores hospitais e retorne o melhor (também foram selecionados 6 hospitais, pois serão considerados pelo pessoal operacional

envolvido outros fatores como disponibilidade, pista operacional para pouso de helicóptero, etc.); e

3) *Calcula_Voo*: Considerando o resultado da etapa anterior, calcule o melhor plano de voo, que será apresentado ao controle de tráfego aéreo, contendo origem do voo, trajeto até o acidente, deslocamento até o hospital, tempo de voo, dentre outras informações). O plano de voo é então criado considerando o local do acidente e resulta das etapas um e dois.

Observa-se que o algoritmo proposto neste trabalho é uma proposta inicial, mas poderia ser melhorado com conceitos como *Relevance Feedback*, por exemplo. O algoritmo foi validado através de sua apresentação à equipe operacional do Aeroporto do Bacacheri, o que comprovou a eficácia do algoritmo.

3.5 Entrega de serviços

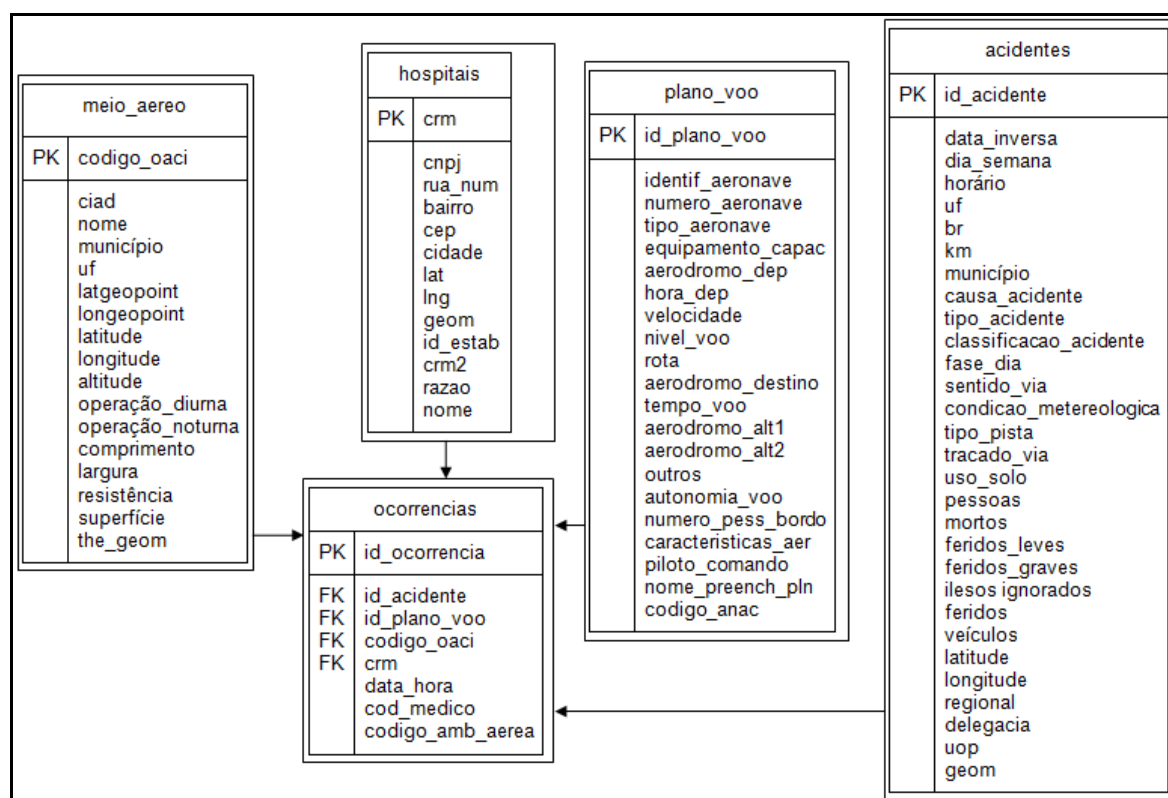
Como sugestão de um futuro protótipo a ser desenvolvido, foram utilizadas algumas ferramentas de banco de dados e de visualização geográfica.

Os dados foram importados para um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) PostgreSQL.

Como solução para o suporte ao armazenamento, gerenciamento, tratamento e análise de dados espaciais foi usado o PostGIS, que é uma extensão geoespacial desenvolvida para PostgreSQL (pgsql).

A estrutura e as conexões entre as tabelas são mostradas na Figura 8. Posteriormente, para a integração e visualização dos dados georreferenciados, foi utilizado o *software* QGIS, versões 3.16.1 (Hannover) e 2.18.18 (Las Palmas). Os aplicativos e suas respectivas versões são ilustrados na Tabela 2.

Figura 8 - Integração dos dados abertos



Fonte: Autoria Própria (2022).





Todas as tabelas possuem dados reais georreferenciados e, portanto, após a ocorrência de algum acidente, as suas coordenadas são utilizadas no primeiro passo do algoritmo (`kNN_SelectAmbulancia`), que é calculado pelas funções SQL diretamente no banco de dados para achar o local mais próximo com ambulância disponível.

A saída desta etapa (a melhor origem de ambulância para um acidente específico) é, então, usada como entrada para as etapas `kNN_SelectHospital` e `Calcular_Voo`.

As instruções SQL para criação das tabelas se encontram no Apêndice D. Uma cópia da base de dados utilizada neste trabalho pode ser acessada publicamente²³, através da Plataforma GitHub.

²³ https://github.com/Jefersonghisi/data_aeromedical

Tabela 2 - Aplicativos e Características

Aplicativo	Características
PostgreSQL 13.4 ²⁴ 	Desenvolvedor: PostgreSQL Global Develop Group. Plataforma: Multiplataforma. Versão estável: 13.4 (12 de agosto de 2021).
PostGIS 3.1.2 ²⁵ 	O PostGIS é uma extensão espacial gratuita e de código fonte livre. Sua construção é feita sobre o sistema de gerenciamento de banco de dados PostgreSQL, que permite o uso de objetos GIS de serem armazenados em um banco de dados.
PgAdmin III 1.22.2 ²⁶ 	Centro de administração para banco de dados PostgreSQL. Inclui uma interface administrativa gráfica, ferramenta de carregamento de SQL e editor de código.
QGIS 3.16.1- Hannover ²⁷ / 2.18.26-Las Palmas 	O QGIS é um SIG de código aberto licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU. Principais funcionalidades: visualização de dados; exploração de dados e compositores de mapas; criação, edição e exportação de dados; e análise de dados e publicação de mapas na Internet.

Fonte: Autoria Própria (2022).

Em resumo: utilizando-se os dados reais (Figura 8) com o Algoritmo 1 (e sua posterior implementação através da instrução SQL da Figura 7), os serviços entregues são as melhores localizações de ambulâncias aéreas, de hospitais disponíveis e de planos de voo, resultando em um atendimento mais eficiente e mais rápido às vítimas.

²⁴ <https://qgis.org/en/site/>

²⁵ <https://postgis.net/2021/05/21/postgis-3.1.2/>

²⁶ <https://www.postgresql.org/about/news/pgadmin-iii-122-released-342/?msclkid=4744f776d0d011eca7e270241410fb03>

²⁷ <https://gisenglish.geojamal.com/2020/10/download-qgis-316-hannover-nov-2020.html?msclkid=f415be2bd0d011ec9a8c059ce924fa45>

4 ANÁLISE EXPLORATÓRIA E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta a análise exploratória e as recomendações.

4.1 Análise exploratória

Inicialmente, foi realizada uma análise exploratória para a compreensão dos dados. No Paraná, as principais Rodovias Federais que cortam o estado são: BR-476; BR-376; BR-277; BR-116; e BR-369.

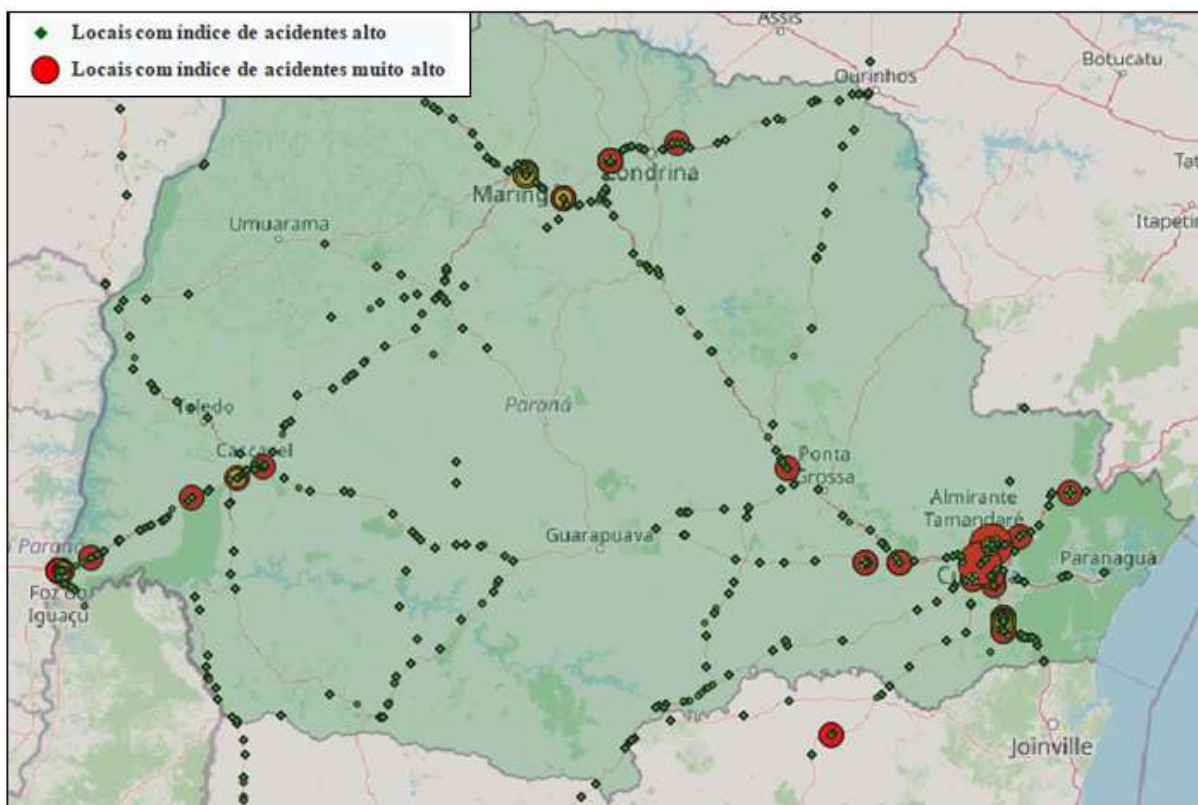
No total, o estado teve, no período acumulado de 2007 a 2018, 175.717 acidentes, sendo 81.292 com vítimas, sendo 3.244 pessoas com ferimentos graves e 7.388 óbitos, classes que são o principal alvo deste estudo. Deste total, 52% são durante o dia, 41% com tempo claro, 17% com tempo nublado, 48% com automóveis e 71% com motorista do sexo masculino.

Com relação aos dados referentes a pontos de apoio aéreo, na base de dados, estavam disponíveis 160 pontos (106 aeródromos e 54 helipontos) no estado do Paraná. No setor médico, apesar de existir cerca de 9.200 unidades de saúde no Paraná, apenas 8 hospitais possuíam heliponto em funcionamento (Tabela 3): 4 na região metropolitana de Curitiba e 1 em cada cidade: Londrina, Maringá, Cascavel e Ponta Grossa.

A cada acidente, quilômetros de congestionamento podem estar presentes e, de fato, a urgência, o tempo crítico de resposta e os fatores climáticos podem se tornar condições determinantes para atender às vítimas de acidentes por meio do transporte aeromédico.

Utilizando-se a tabela acidentes, contendo as posições geográficas das ocorrências, foram definidas, através de função SQL, os locais com alto índice de acidentes, visualizados geograficamente na Figura 9 (quanto maior o círculo, maior o número de acidentes), bem como os dez principais pontos das rodovias federais do Paraná com os maiores números de acidentes (mais de 630 acidentes no período considerado), que são apresentadas na Tabela 4.

Figura 9 - Pontos de acidentes nas Rodovias Federais (PR)



Fonte: Autoria Própria (2022).

Tabela 3 - Situação atual dos hospitais no PR com helipontos operacionais

Cidade	Latitude	Longitude	Instituição de Saúde
Campo Largo	-25.4559724	-49.5342322	HOSPITAL DO ROCIO LTDA.
Curitiba	-25.469555	-49.206397	FUNDAÇÃO EAE SAÚDE DE CURITIBA
Campina Grande do Sul	-25.3510537	-49.0821299	SOCIEDADE HOSPITALAR ANGELINA CARON
Curitiba	-25.4847163	-49.2952638	FUNPAR
Londrina	-23.3275282	-51.1951961	UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA
Maringá	-23.4003942	-51.9567738	UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
Ponta Grossa	-25.0959618	-50.1102323	UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
Cascavel	-24.974378	-53.494093	UNIVERSIDADE ESTADUAL OESTE DO PARANÁ

Fonte: Autoria Própria (2022).

Tabela 4 - Classificação dos 10 locais com mais acidentes no Paraná

id	BR	km	Nº de acidentes	Ambulância Aérea mais próxima	Distância do Acidente à ambulância (Km)
1	476	124	994	SSJF (Polícia Federal Heliponto Curitiba)	3.22
2	376	668	978	SSIG (ISOGAMA Heliponto S. J. Pinhais)	29.87
3	476	125	888	SSHI (IURD - Heliponto Curitiba)	3.26
4	376	665	824	SSIG (ISOGAMA Heliponto S. J. Pinhais)	16.03
5	376	176	782	SSPX (PARANÁ MODA PARK Heliponto Curitiba)	12.33
6	376	183	752	SSPX (PARANÁ MODA PARK Heliponto Curitiba)	12.33
7	476	138	672	SSJF (Polícia Federal Heliponto Curitiba)	3.21
8	376	182	672	SSPX (PARANÁ MODA PARK Heliponto Curitiba)	12.33
9	376	666	670	SSIG (ISOGAMA Heliponto S. J. Pinhais)	16.03
10	476	122	636	SSJF (Polícia Federal Heliponto Curitiba)	3.22

Fonte: Autoria Própria (2022).

A análise da bibliografia sobre acidentes não indicou que existam estudos prontos anteriores para a definição de pontos ou de áreas prioritárias de atendimento. Nesse sentido, a análise exploratória realizada neste trabalho incluiu a sugestão dos dez locais prioritários (Tabela 4), considerando o número de acidentes no Paraná nos últimos 10 anos (em ordem decrescente de prioridade).

A Tabela 5 contém as coordenadas geográficas do ponto, da base de apoio aéreo e da unidade de saúde mais próxima, para fins de disponibilidade de recursos aéreos e instalação de Unidades Médicas com UTI ou outros serviços médicos para atendimento de emergência às vítimas de acidentes rodoviários, considerando o histórico dados de dez anos de acidentes no Paraná.

Para testar a abordagem da presente proposta, considere o Algoritmo 1, juntamente com a abordagem da área de cobertura da ambulância aérea (CHO e YOON, 2015), os principais locais históricos de acidentes (Tabela 4), os locais prioritários de atendimento (Tabela 5) e os dados relacionados (Figura 8).

Na primeira etapa (kNN_SelectAmbulancia - Selecionar a melhor localização para origem da ambulância e melhor ambulância considerando um acidente),

existem cerca de 160 pontos possíveis de se atribuir uma ambulância aérea, segundo as autoridades governamentais.

Considerando que, na prática, a quantidade é de cerca de 10 helicópteros, o algoritmo pode ser otimizado, utilizando-se apenas os 10 locais pré-estabelecidos mais próximos aos principais pontos de acidentes. E assim, o algoritmo *kNN-Select* calcula o ponto mais próximo do local do acidente.

Na segunda etapa (*kNN_SelectHospital* - considerando a origem da ambulância e o acidente, calcule o melhor hospital como destino), é calculado o hospital disponível mais próximo.

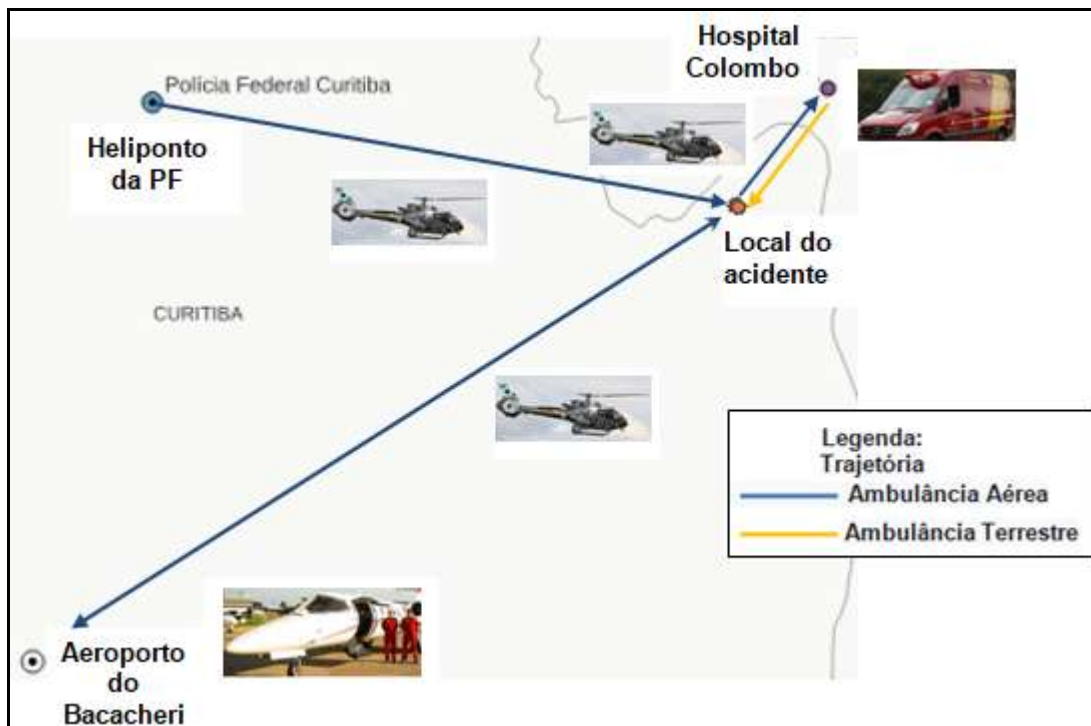
E, no passo 3, a partir dos dados anteriores de melhor localização e melhor hospital, o *Calcula_Voo* calcula e informa os dados para um melhor plano de voo. Todas as informações são então armazenadas como uma ocorrência.

Para um primeiro teste prático, considere o seguinte exemplo da Figura 10: um acidente ocorrido no Km 124 da BR-476 tem um bloqueio do trajeto terrestre, devendo ser atendido por um helicóptero pré localizado na Sede da Polícia Federal (SSPF - situado a cerca de 3,2 km do local), melhor localização para procedência da ambulância, com tempo estimado de 3 minutos para o deslocamento até o local do acidente. A mesma resposta é retornada pelo algoritmo na etapa 1 (*kNN_SelectAmbulancia*), usando a consulta SQL descrita na Figura 7.

Assim, dependendo da gravidade das lesões, a vítima deverá ser levada através de ambulância aérea ao Hospital de Colombo, a 800 metros de distância (Maxipas Colombo), o melhor hospital como destino. A mesma resposta é retornada pelo algoritmo na etapa 2 (*kNN_SelectHospital*). Caso não houvesse helicóptero disponível na Polícia Federal, a próxima origem a ser considerada seria o Aeroporto do Bacacheri. Esta solução é calculada e a trajetória e o respectivo plano de voo são apresentados pelo algoritmo na etapa 3 (*Calcula_Voo*) de acordo com as condições iniciais, como localização, tráfego de ambulância terrestre obstruído, condições meteorológicas e ambulância disponível.

O plano de voo (trajetória aérea, nível de voo, velocidade, combustível consumido, entre outros) também é registrado para servir de referência para atendimentos futuros em locais próximos à ocorrência atual.

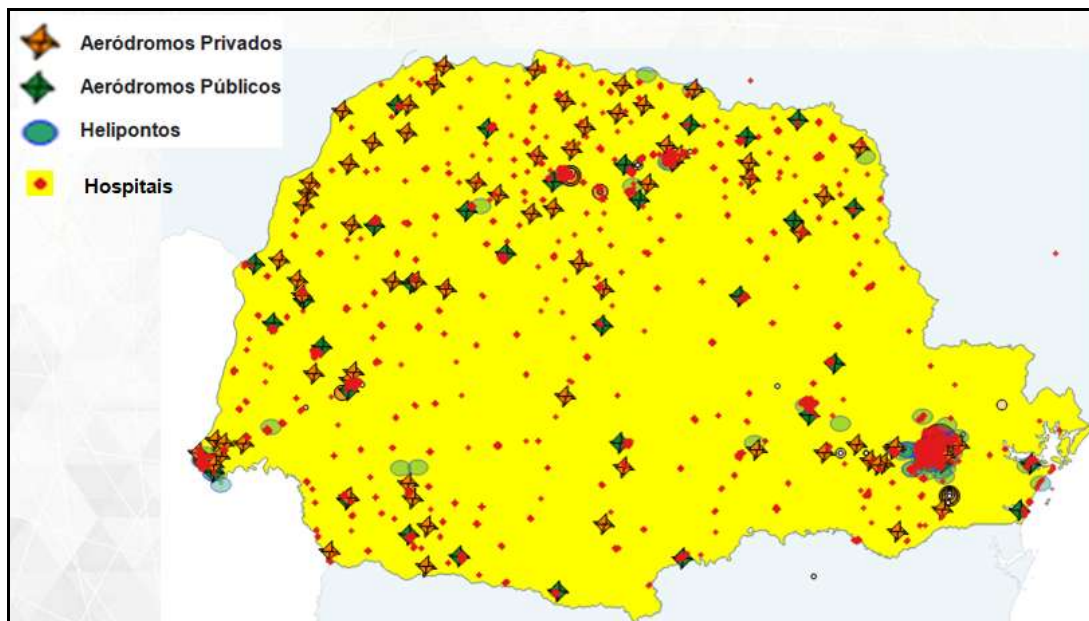
Figura 10 - Ocorrência atendida pelo Heliponto da PF no KM 124 da BR-476



Fonte: Autoria Própria (2022).

Os dados apresentados neste caso de uso mostraram a capacidade de se utilizar os recursos computacionais para chegar a um resultado otimizado em termos de gerenciamento dos principais meios para atendimento às vítimas de acidentes nas Rodovias Federais do Paraná, priorizando os principais pontos, de acordo com os recursos e meios a serem disponibilizados em termos de aeronaves, instalação de UTI, ambulâncias, dentre outros.

Utilizando-se ferramentas computacionais e gráficas, incluindo SIG, o algoritmo *kNN*, a matriz de distância e a distância ao ponto central mais próximo, foram visualizados os principais pontos georreferenciados utilizados neste trabalho, conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11 - Visualização de aeródromos, helipontos e hospitais do Paraná

Fonte: Autoria Própria (2022).

A partir destas informações, também é possível confeccionar um plano completo de atendimento durante determinados períodos com alto movimento nas estradas federais.

O desenvolvimento deste plano deve envolver vários setores, como Aeronáutica, Polícia Rodoviária Federal, Secretaria de Saúde Estadual, Concessionárias das Rodovias, Equipes de Socorristas, dentre outros, definindo pontos prioritários para manter Hospitais de Campanha, Unidades de Terapia Intensiva prontas e aeronaves e helicópteros em alerta com tripulação especializada em resgate em pontos estratégicos do estado do Paraná.

Como recomendação aos gestores em todas as esferas (municipal, estadual e federal), é apresentada uma sugestão com dez locais prioritários, em ordem decrescente, conforme dados apresentados na Tabela 5.

Estes locais contêm as coordenadas geográficas do ponto, a base de apoio aéreo e a unidade de saúde mais próximas, para fins de disponibilização de meios aéreos e instalação de Unidades Médicas com UTI ou demais serviços médicos para pronto-atendimento às vítimas de acidentes rodoviários.

Tabela 5 - Locais Prioritários de atendimento

Prioridade	Local	(lat, long)	Local com meio aéreo mais próximo	Unidade de Saúde
1	Km 122, 124 e 125 da BR 476	-25.3812036, -49.1992531	SSJF Heliponto da PF de Curitiba	Maxipas Colombo
2	Km 664 a 672 da BR 376	-25.7719713, -49.1220803	Aeródromo Privado de Tijucas do Sul	Hospital N.S. Das Dores
3	Km 175, 176, 182 e 183 da BR 376	-23.4321609, -51.8868065	SSPX Heliponto PR Moda Park (Maringá)	Clínica Médica em Maringá
4	Km 130, 133, 135 e 138 da BR 476	-25.3811267, -49.1993532	SBBI Aeroporto Público do Bacacheri	Clínica Médica Via Saúde
5	Km 584 da BR 277	-25.0241695, -53.5510039	SBCA Aeroporto Público de Cascavel	Unidade de Saúde Mascarello
6	Km 728 da BR 277	-25.5097394, -54.5734450	SJPF Heliponto da PF de Foz do Iguaçu	Clínica Médica MMM
7	Km 17 da BR 116	-25.1047699, -48.7388109	SNBB Heliponto BMR Medical	Hospital Regional do Litoral
8	Km 156 da BR 369	-23.3584242, -51.3965981	SSOG Aeroporto Púb. de Arapongas	Ass. Rolandense E.C.
9	Km 1 e 5 da BR 277	-25.5062701, -54.5874904	SJPF Heliponto da PF de Foz do Iguaçu	Bianco F. Eireli - ME
10	Km 84 from BR 277	-25.4627246, -49.9191415	Aeród. Priv. Serrinha (Palmeira - PR)	Hospital Maternidade Menino Jesus

Fonte: Autoria Própria (2022).

Nesta direção, planos de atendimento combinados podem ser formulados, já que os locais de acidente se repetem historicamente (Tabela 2).

O acidente mostrado na Figura 10, por exemplo, demonstra que pode haver a interrupção da rodovia, não permitindo atendimento através de ambulância terrestre, sendo utilizado o helicóptero em prontidão na Sede da Polícia Federal para atender à ocorrência, transportando o acidentado para o Hospital em Colombo, ou para uma UTI disponível em algum outro Hospital da Cidade de Curitiba.

Dependendo da gravidade das lesões, uma outra opção seria o atendimento combinado, ou seja, conduzir a vítima com ambulância aérea (helicóptero) para o Aeroporto do Bacacheri a 4,5 KM (cerca de 4 minutos de voo), que já estaria com com uma UTI Móvel Aérea (avião) de prontidão naquele aeroporto, caso houvesse a necessidade de transporte do paciente para outra cidade ou capital.

4.2 Recomendações

Dado que os recursos são limitados, ou seja, não é possível disponibilizar aeronaves e Unidades de Terapia Intensiva em todos os pontos mais próximos a todos os locais com alto índice de acidentes, uma outra estratégia sugerida, neste trabalho, é definir três regiões prioritárias em termos de atendimento:

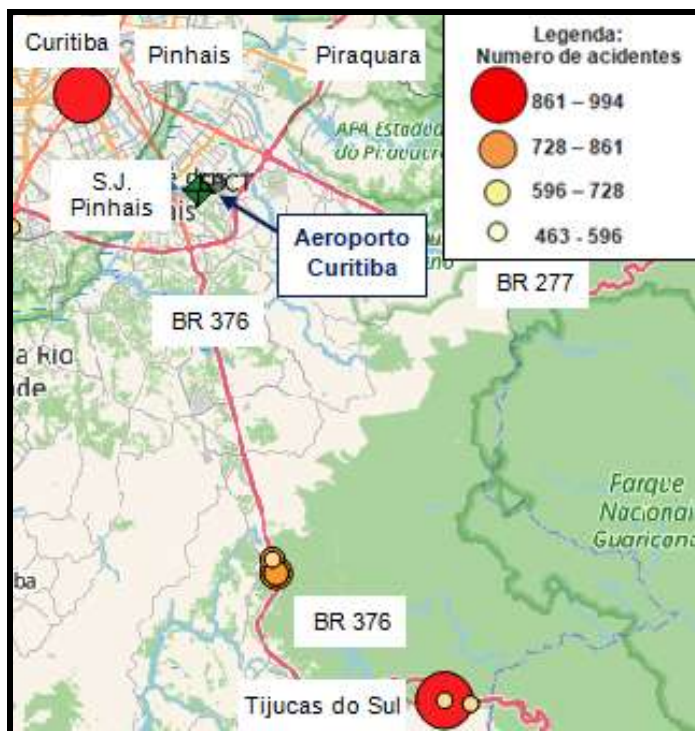
- A Região 1 fica entre Curitiba e Tijucas do Sul (Figura 12);
- A Região 2 fica entre Maringá e Jandaia do Sul (Figura 13); e
- A Região 3 fica entre Foz do Iguaçu e Cascavel (Figura 14).

Para o atendimento a estas três regiões, os recursos descritos na Tabela 6 devem estar disponíveis. Observe que a mesma metodologia também pode ser usada para otimizar repatriações médicas e transferências de emergência em diferentes locais.

Além dessa análise, em uma situação real, outros itens são essenciais, como: (i) a pré-existência de ambulância e equipe médica de solo no local (e suas características locais, como disponibilidade de leito e espaço no elevador para a maca); (ii) o tipo e altimetria do terreno no local do acidente; (iii) a existência de linhas de alta tensão ao longo do caminho; (iv) mapas de navegação aérea atualizados da área; (v) as condições meteorológicas atuais; e (vi) as características dos pontos de apoio em termos de altitude, tipo de dia / operação noturna, forma da rampa de aproximação, dimensões, resistência e superfície do Heliponto ou Aeródromo. Além disso, na falta de locais para pouso, pontos como campos de futebol são utilizados.

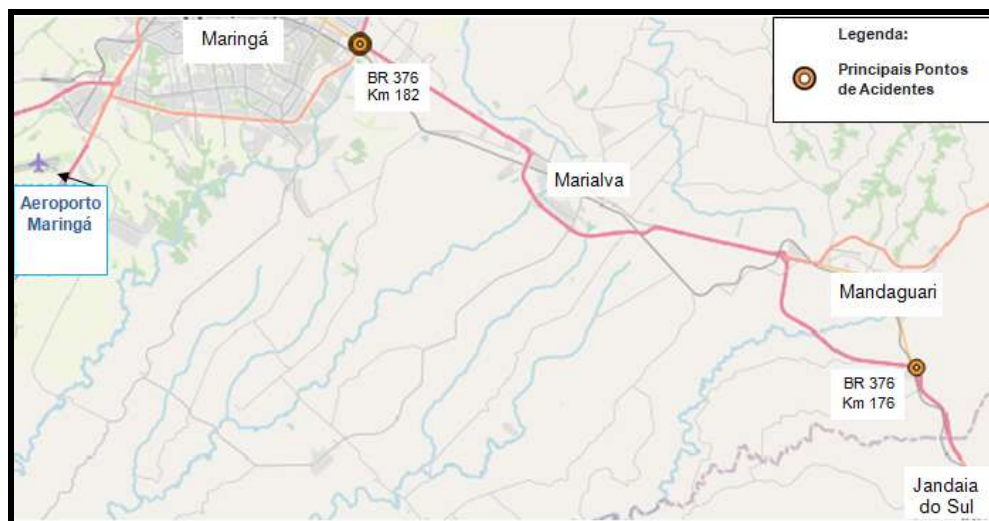
Sobre os principais fatores que influenciam o planejamento de apoio aos governos local e federal, podemos elencar: (i) Custos: alto custo para manter recursos aéreos em pontos de apoio, UTIs, ambulâncias, equipes médicas; (ii) Presença de UTI adequada; (iii) Meteorologia, altimetria do terreno e tempo de voo; (iv) Análise de pontos sobre a possibilidade de atendimento híbrido (uma ambulância leva o acidentado a um ponto onde o helicóptero possa pousar com segurança); e (v) medidas preventivas (campanhas de conscientização do trânsito, policiamento rodoviário ostensivo nos principais locais de acidentes conhecidos).

Figura 12 - Região 1 - Entre Curitiba e Tijucas do Sul

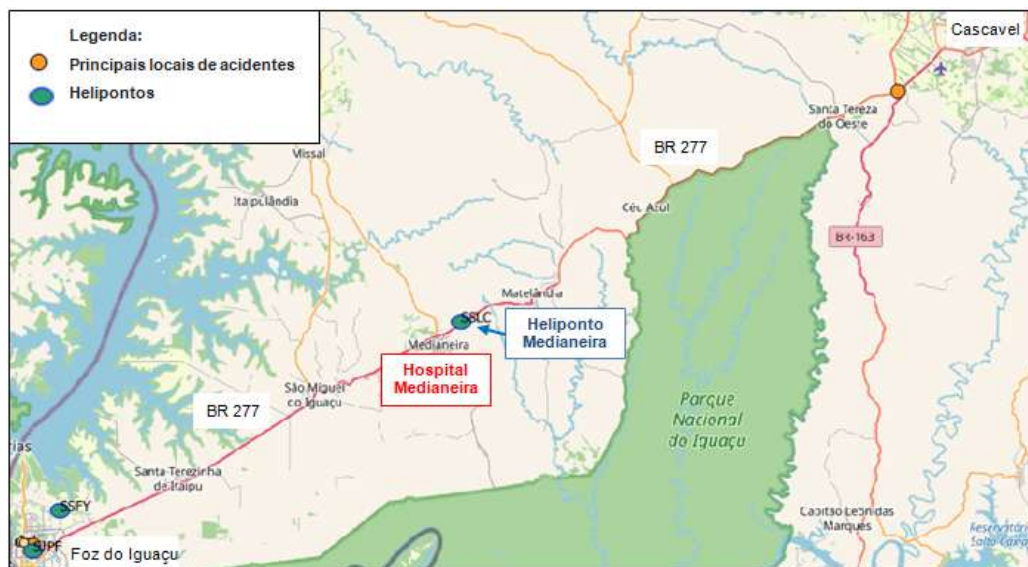


Fonte: Autoria Própria (2022).

Figura 13 - Região 2 - Entre Maringá e Jandaia do Sul



Fonte: Autoria Própria (2022).

Figura 14 - Região 3 - Entre Foz do Iguaçu e Cascavel

Fonte: Autoria Própria (2022)

Tabela 6 - Recursos por Região

Região	Meios aéreos/Local	Unidades de Saúde
1	Helicóptero de resgate em prontidão no Aeroporto Afonso Pena – SBCT	Hospitais em Curitiba e região
2	Helicóptero de resgate em prontidão no Aeroporto de Maringá – SBMG	Hospitais na região de Maringá
3	Helicóptero de resgate em prontidão no Heliponto de Medianeira – SSLC	Hospitais em Medianeira

Fonte: Autoria Própria (2022).

O governo estadual do Paraná possui atualmente seis aeronaves para o atendimento aeromédico. Portanto, as sugestões verificadas nos casos de uso ainda poderiam ser otimizadas para a frota disponível.

Observou-se também, nos relatos obtidos dos operadores do sistema de transporte aéreo, que seria muito providencial e importante a existência de um centro de atendimento a acidentes, que ficaria responsável por receber, processar e registrar as informações sobre as ocorrências, deixando para pilotos e equipes médicas a parte operacional da missão.

Os dados utilizados neste trabalho estão disponibilizados na nuvem, através da ferramenta GitHub²⁸.

²⁸ https://github.com/Jefersonghisi/data_aeromedical

5 CONCLUSÃO

A movimentação do tráfego aéreo mundial tem crescido significativamente, implicando na necessidade de novas tecnologias, softwares e sistemas de informação neste setor.

Neste trabalho, foi apresentado um caso prático envolvendo os serviços de tráfego aéreo, como utilização de Transporte Aeromédico e confecção de plano de voo, e realizou-se uma análise exploratória juntamente com algoritmos baseados em *kNN-Select*, os quais usam dados reais de acidentes rodoviários, informações de locais que podem ser usados como suporte de meios aéreos e unidades de saúde (hospitais), a fim de aperfeiçoar o atendimento às vítimas de acidentes rodoviários em Rodovias Federais do estado do Paraná.

Uma análise de requisitos foi previamente aplicada para entender e especificar os principais casos de uso, incluindo a visualização e o registro de ocorrências relacionadas a esses acidentes.

Assim, foi desenvolvido um algoritmo que utiliza o algoritmo baseado em *kNN-Select* para encontrar a forma mais eficiente de socorrer e transportar as vítimas e para calcular o plano de voo ideal.

As principais contribuições do trabalho foram: sugestão das principais bases de apoio e áreas prioritárias de atendimento para o Transporte Aeromédico; apresentação de um algoritmo que calcula a melhor opção (ambulância aérea, caminho mais curto, hospital de destino e plano de voo); definição de casos de uso a partir de dados abertos reais e integração do serviço de transporte aeromédico com os órgãos de controle de tráfego, de forma a priorizar essas missões, à semelhança do transporte de órgãos vitais.

Ainda foram listados os principais pontos a serem priorizados pelo governo estadual, indicando uma otimização da cobertura na área e no número de vítimas atendidas. Uma cópia da base de dados utilizada neste trabalho foi disponibilizada para ser acessada publicamente, através da Plataforma GitHub²⁹.

Como trabalhos futuros, pode-se citar a expansão do modelo de meios de atendimento a vítimas de acidentes de trânsito para outros estados do Brasil, o

²⁹ https://github.com/Jefersonghisi/data_aeromedical

desenvolvimento de interface para acesso aos dados e o cálculo do resultado numérico em termos de ganho de área de abrangência e população através de comparação entre os dados iniciais, entre outros.

REFERÊNCIAS

ALI, N.; NEAGU, D.; TRUNDLE, P. 2019. **Evaluation of k-nearest neighbor classifier performance for heterogeneous data sets.** *SN Appl. Sci.* 1, 1559 (2019). <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1356-9>.

ALY, A. M.; AREF, W. G.; OUZZANI, M. 2015. Spatial queries with k-nearest-neighbor and relational predicates. In **Proceedings of the 23rd SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems (SIGSPATIAL '15)**. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 28, 1–10. DOI:<https://doi.org/10.1145/2820783.2820815>.

ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil. 2021. **Orientações para Usuários de Drones.** https://www.anac.gov.br/orientacoes_para_usuarios.pdf.

ARAGÃO, A.; MACHADO, L.; MORENO, N.; VIANA, D.; SILVA, F.; SOUSA, T.; RIVERO, L.; TELES, A.; DA CONCEIÇÃO, A. F.; COSTA, I. 2020. Improving a smart city application through evaluation of Quality Metrics and Usability. **ISys - Brazilian Journal of Information Systems**, 13(3), 55–81.

BELHADI, A.; DJENOURI, Y.; DJENOURI, D.; MICHALAK, T.; LIN, J.C.W. 2021. Machine Learning for Identifying Group Trajectory Outliers. **ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data (TKDD)**. *Inf. Syst.* 12, 2, Article 12 (June 2021) 25.pages. <https://doi.org/10.1145/3430195>.

BHIMA, K.; ARUNA SRI, T.; RAMAIAH, K. D.; JAGAN, A. 2012. Exerting spatial join and KNN queries on spatial database, **International Conference on Recent Advances in Computing and Software Systems**, 2012, pp. 260-266, doi: 10.1109/RACSS.2012.6212678.

BURROUGH, P.A.; MCDONNELL, R.A.; LLOYD, C.D. 1998. **Principles of Geographical Information Systems**, 3rd Edition Burrough.

CARDOSO, R. G.; FRANCISCHINI, F. C.; RIBERA, J. M.; VANZETO, R.; FRAGA, G. P. 2014. Helicopter emergency medical rescue for the traumatized: experience in the metropolitan region of Campinas, Brazil. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões**. v. 41, n. 4 pp. 236-244. ISSN 1809-4546.<https://doi.org/10.1590/0100-69912014004003>.

CAVALCANTE, J. L. S. B.; NETO, M. S.; KOZIEVITCH, N. P. 2018. Utilização e estudo de dados de saúde georreferenciados para desenvolvimento de uma aplicação móvel, in **Proceedings of XIX Geoinfo**, pp. 170-175.

CHEEMA, M. A.; LIN, X.; ZHANG, W.; ZHANG, Y. 2011. Influence zone: Efficiently processing reverse k nearest neighbors queries. **IEEE 27th International Conference on Data Engineering**, Hannover, Germany, 2011, pp. 577-588, doi: 10.1109/ICDE.2011.5767904.

CHO, J.; YOON, Y. 2015. GIS-Based Analysis on Vulnerability of Ambulance Response Coverage to Traffic Condition: A Case Study of Seoul. **In: Proceedings of the 2015 IEEE 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC '15)**. IEEE Computer Society, USA, 1402–1407. <https://doi.org/10.1109/ITSC.2015.230>.

COOPER, A.; R. REIMANN, R.; CRONIN, D.; NOESSEL, C.. 2014. **ABOUT FACE: THE ESSENTIALS OF INTERACTION DESIGN**. WILEY.

COSTA, J.G.; KOZIEVITCH, N.P. 2021. Controle do Espaço Aéreo Brasileiro - Um Caso de Uso. **In: III Fórum de Programas de Pós-Graduação em Computação do Paraná, ForPPGC-PR, 2021**, Cornélio Procópio/PR. Anais do III Fórum de Programas de Pós-Graduação em Computação do Paraná, 2021.

COSTA, J. G.; KOZIEVITCH, N. P. 2022. Use of Airspace Control Data and GIS for assistance in road accidents - A case study. **In: ESCOLA REGIONAL DE BANCO DE DADOS (ERBD)**, 17. , 2022, Lages/SC. p. 41-50. ISSN 2595-413X. DOI: <https://doi.org/10.5753/erbd.2022.223527>.

DECEA. **ICA 100-12 REGRAS DO AR**, 2016. Disponível em: <https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/ica-100-12>.

DECEA. **Plano de Operações Retomada COVID-19**, 2020. Disponível em: http://portal.cgna.decea.mil.br/files/abas/2022-11-22/painel_po_retomada_covid19/1827-painel_po_retomada_covid19_p1.pdf

DECEA. **NSCA 351-1 SISTEMA DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO BRASILEIRO**, 2022. Disponível em: <https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/nsca-351-1>.

DJENOURI, Y.; DJENOURI, D.; LIN, J.C.W. 2021. Trajectory Outlier Detection: New Problems and Solutions for Smart Cities. **ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data (TKDD)**. Volume 15, 2, Article 20 (April 2021), 28 pages. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3425867>.

FOINA, A.G.; SENGUPTA, R.; LERCHI, P.; LIU, Z.; KRAINER, C. 2015. Drones in smart cities: Overcoming barriers through air traffic control research, **Workshop on Research, Education and Development of Unmanned Aerial Systems (RED-UAS)**, 2015, pp. 351-359, doi: 10.1109/RED-UAS.2015.7441027.

HALL, R.E.; BOWERMAN, B.; BRAVERMAN, J.; TAYLOR, J.; TODOSOW, H.; VON WIMMERSPERG, U. 2000. The vision of a smart city, article, September 28, 2000; Upton, New York. **University of North Texas Libraries, UNT Digital Library**. Disponível em: <https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc717101/m1/1/>.

HEUSER, C. A. 2009. **Projeto de banco de dados**: Bookman Editora, 2009. Disponível em: http://www.fernandozaidan.com.br/pitgrad/Diversos/Projeto_Banco_de_Dados/Carlos_Alberto_Heuser.pdf.

ICAO. **Presentation of 2019 Air Transport Statistical Results**, 2021. Disponível em: <https://www.icao.int/annual-report-2019>.

KAGEYAMA, Matheus; KOZIEVITCH, Nádia; BERNARDI, Rita. 2019. Acidentes nas rodovias brasileiras nos últimos 10 anos: uma análise com dados abertos. **In: ESCOLA REGIONAL DE BANCO DE DADOS (ERBD), 15. , 2019, Chapecó. Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2019. p. 71-80. ISSN 2595-413X. DOI: Disponível em: <https://doi.org/10.5753/erbd.2019.8480>.

KOZIEVITCH, Nádia P.; GADDA, Tatiana M. C.; FONSECA, Keiko V. O.; ROSA, Marcelo O.; GOMES JR., Luiz C.; ABKAR, Monika. 2016. Exploratory Analysis of Public Transportation Data in Curitiba. **In: SEMINÁRIO INTEGRADO DE SOFTWARE E HARDWARE (SEMISH), 43. , 2016, Porto Alegre. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2016. p. 1656-1667. ISSN 2595-6205. DOI: <https://doi.org/10.5753/semish.2016.9516>.**

MATTOS, V.; VASCONCELOS, P.; PARCIANELLO, Y.; KOZIEVITCH, N.P.; BERARDI, R. 2019. Visualização dos dados abertos da Polícia Rodoviária Federal sobre acidentes nas rodovias brasileiras. **In Anais do XXXIV Simpósio Brasileiro de Banco de Dados**, novembro 26, 2019, Fortaleza, Brasil. SBC, Porto Alegre, Brasil, 193-198. DOI: <https://doi.org/10.5753/sbbd.2019.8822>.

OKF. **What is Open Data?** 2020. <https://opendatahandbook.org/guide/en/what-is-open-data/>. Acesso em: 28 ago. 2022.

PRZEYBILOVICZ, E.; CUNHA, M. A.; TOMOR, Z. Identifying Essential Organizational Characteristics for Smart Urban Governance. **In Proceedings of the 18th Annual International Conference on Digital Government Research** (dg.o '17). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 416–425, 2017 DOI:<https://doi.org/10.1145/3085228.3085281>.

RAO, L.S; VINAY, K.; SANJANA, B.; RAHUL, A. 2020. Identification and Classification of Drones using kNN. **International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)**, Volume 8, Issue 2, February 2020. ISSN: 2320-2882, <https://ijcrt.org/papers/IJCRT2002166.pdf>.

SCHREIBER, A. 2014. Open Source SW Development within DLR. **8th ESA Workshop on Avionics, Data, Control and Software Systems - ADCSS 2014**, 27.-29. Okt. 2014, Noordwijk, Niederlande. Disponível em: <https://elib.dlr.de/93369/>.

SILBERSCHATZ, A.; KORTH, H. F.; SUDARSHAN, S. 2020. **Sistema de banco de dados**, tradução da 6a. ed. [por] Daniel Vieira, Rio de Janeiro, Elsevier, 2012. ISBN: 9788595157330, Edição: 7, 2020. Editora: GEN LTC.

SOUZA-JÚNIOR, M. F.; AMORIM, L. A. M.; SANTOS, L. E. P. S.; CORREIA-NETO, J. S.; SOUZA, H. A. 2020. Improvement of User Interfaces in Prehospital Healthcare Information Systems in the Perspective of Situational Awareness. **iSys - Brazilian Journal of Information Systems**, [S. l.], v. 12, n. 4, p. 98–116, 2020. DOI:10.5753/isys.2019.782. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/journals/index.php/isys/article/view/782>. Acesso em: 30 ago. 2022.

YUHONG, L.; YU, Z.; SHENGGONG, J.; WENJUN; W.; RYAN, U.; ZHIGUO, G. 2015. Location Selection for Ambulance Stations: A Data-Driven Approach. **In Proceedings of the 23rd SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems (SIGSPATIAL '15)**. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 85, 1–4. <https://doi.org/10.1145/2820783.2820876>.

ZHENG, Y.; CAPRA, L.; WOLFSON, O.; YANG, H.. 2014. Urban computing: Concepts, methodologies, and applications. **ACM Trans. Intell. Syst. Technol.** 5, 3, Article 38 (Sept. 2014).

APÊNDICE A - Questionário de pesquisa

Transporte Aeromédico de Emergência

As respostas deste questionário serão utilizadas para auxiliar o desenvolvimento de um Trabalho de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada da UTFPR. Desde já, agradecemos pela ajuda.

Favor informar seu nome e a área/empresa em que trabalha.

1) O atual ambiente e as condições deste setor são adequados?

Sim

Não

Outro:

2) Quantas empresas operam atualmente com o Transporte Aeromédico em Emergência no estado do Paraná?

3) Quais os meios aéreos empregados?

4) Quais os principais locais de apoio aos meios aéreos utilizados nas missões de resgate às vítimas de acidentes rodoviários?

5) Os locais usados para o apoio aos meios aéreos possuem infraestrutura adequada?

Sim

Não

Parcialmente

6) O que poderia ser melhorado nestes locais?

7) Em relação às UTI, o número atual é suficiente para atendimento às demandas deste Serviço?

Sim

Não

Outro:

8) O número e a qualificação de profissionais envolvidos neste setor (pilotos, tripulações, médicos, socorristas, enfermeiros, auxiliares em terra de apoio às missões aéreas, dentre outros) é suficiente?

Sim

Não

Outro:

9) Quais os custos diretos e indiretos envolvidos neste tipo de operação?

10) Quais os principais tipos de vítimas atendidas?

11) Quais os pontos de maior incidência de acidentes nas estradas?

12) Qual o raio máximo de cobertura neste tipo de missão?

13) Como é realizado o acionamento do Transporte Aeromédico de Emergência no Paraná?

14) Existem dados, relatórios e estudos disponíveis sobre este tipo especial de transporte em emergência?

15) Houve influência da Pandemia da COVID-19 neste Setor? Quais?

16) Existe algum aplicativo de apoio a este tipo de missão?

Sim

Não

Outro:

17) Um aplicativo que oferecesse vários locais de apoio aéreo e também as UTI mais próximas disponíveis traria significativos benefícios para o setor?

Sim

Não

Outro:

18) Que tipo de dados do governo municipal, estadual, ou federal poderia ser melhorado para ajudar o seu serviço?

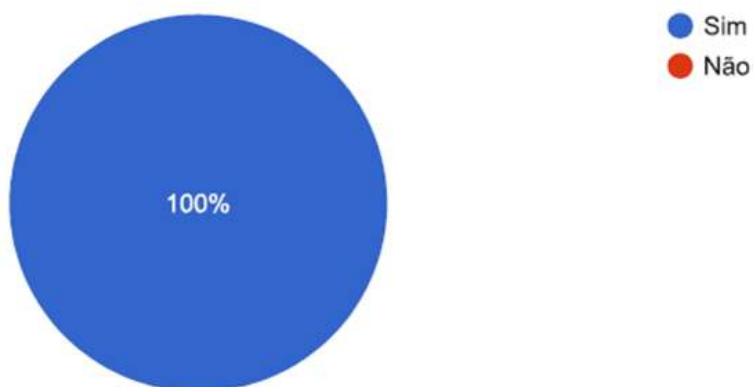
19) Que tipo de dados do cidadão poderia ser disponibilizado para melhorar seu serviço?

APÊNDICE B - Respostas ao questionário aeromédico

Questionário - Transporte Aeromédico de Emergência Respostas

1) O atual ambiente e as condições deste setor são adequados?

4 respostas



2) Quantas empresas operam atualmente com o Transporte Aeromédico em Emergência no Estado do Paraná?

4 respostas

5

Táxi aéreo hércales, helisul.

3

3) Quais os meios aéreos empregados?

4 respostas

Avião

Avião e Helicóptero

Avião e helicoptero

Avião e Helicoptero

4) Quais os principais locais de apoio aos meios aéreos utilizados nas missões de resgate às vítimas de acidentes rodoviários?

4 respostas

Curitiba e São Paulo

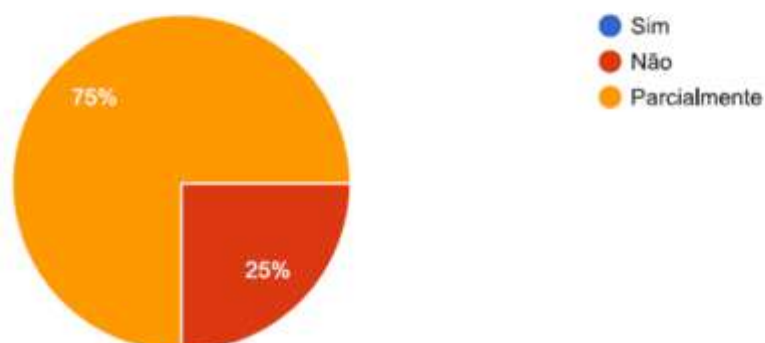
É utilizado a própria rodovia, terrenos próximos ou helipontos existentes nas proximidades

Curitiba

Aeroportos e helipontos nos hospitais

5) Os locais usados para o apoio aos meios aéreos possuem infraestrutura adequada?

4 respostas



6) O que poderia ser melhorado nestes locais?

4 respostas

Infraestrutura para chegar no aeroporto como estradas.

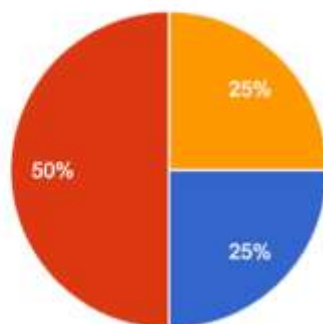
Instalação de Helipontos ou áreas mais adequadas para pousos nas regiões próximas de locais com grande índice de acidente

Helipontos com acesso direto e homologado noturno

Eliminação noturna nos helipontos

7) Em relação às UTI, o número atual é suficiente para atendimento às demandas deste Serviço?

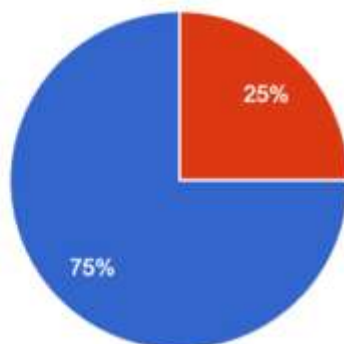
4 respostas



● Sim
● Não
● Depende da época do ano e de condições adversas, como pandemia por exemplo

8) O número e a qualificação de profissionais envolvidos neste setor (pilotos, tripulações, médicos, socorristas, enfermeiros, auxiliares em terra de apoio às missões aéreas, dentre outros) é suficiente?

4 respostas



● Sim
● Não

9) Quais os custos diretos e indiretos envolvidos neste tipo de operação?

3 respostas

Manutenção, combustível, hangaragem, recursos humanos, materiais de salvamento, entre outros.

Depende

Altos muito altos

10) Quais os principais tipos de vítimas atendidas?

4 respostas

Cardíaca.

Traumas de forma geral, IAM e AVC

Cardiológica

Vítimas graves, com risco iminente de morte

11) Quais os pontos de maior incidência de acidentes nas estradas?

3 respostas

Dados não tabulados neste órgão.

Serra do mar

Serra

12) Qual o raio máximo de cobertura neste tipo de missão?

4 respostas

Brasil todo.

Conforme regulação do SAMU e SIATE

Depende da aeronave

Raio de 300 km

13) Como é realizado o acionamento do Transporte Aeromédico de Emergência no Paraná?

4 respostas

Via telefone assim que a missão é confirmada.

Regulação do SAMU e SIATE (192 e 193)

Samu

Via Regulacao da secretaria do estado

14) Existem dados, relatórios e estudos disponíveis sobre este tipo especial de transporte em emergência?

3 respostas

Existem.

Poucos

Sim

15) Houve influência da Pandemia da COVID-19 neste Setor? Quais?

4 respostas

Sim. Houve um grande aumento de remoções de localidade sem infraestrutura para os grande centros como Curitiba, São Paulo, Belo Horizonte.

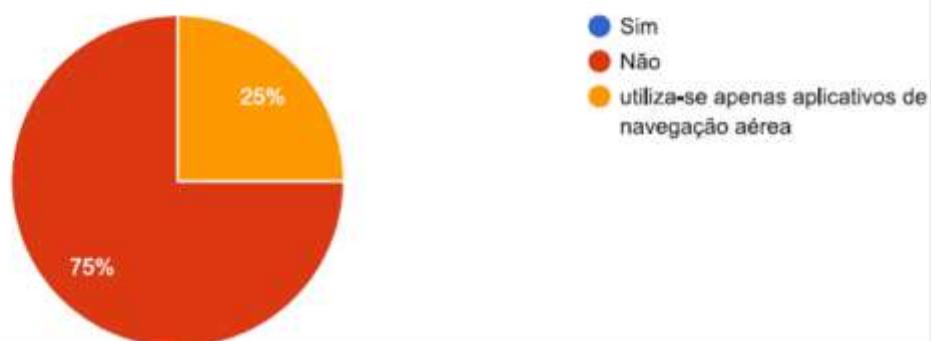
Necessidade de maior treinamento para tratamento de agentes infecciosos, sendo que no Paraná, paciente com COVID-19 não podem ser transportados em aeronaves por determinação da SESA.

Sim aumento significativo

No Paraná não foi autorizado o transporte de pacientes com COVID

16) Existe algum aplicativo de apoio a este tipo de missão?

4 respostas



17) Um aplicativo que oferecesse vários locais de apoio aéreo e também as UTI mais próximas disponíveis traria significativos benefícios para o setor?

4 respostas



18) Que tipo de dados do governo municipal, estadual, ou federal poderia ser melhorado para ajudar o seu serviço?

2 respostas

Dados estatísticos (relacionados a missão - número de transportes, aeródromos mais comuns, intercorrências, evolução p óbito em voo) paciente - empresas - num de aeronaves p resgate etc

Informações pós transporte para termos dados significativos para expansão do serviço ainda temos carência do serviço aéreo em todo Brasil

19) Que tipo de dados do cidadão poderia ser disponibilizado para melhorar seu serviço?

2 respostas

Não ficou claro p mim

Pesquisa de satisfação

APÊNDICE C - Especificações completas dos quatro principais casos de uso (cenários), com seus respectivos parâmetros

CASO DE USO (UC001): VISUALIZAR OCORRÊNCIAS

Descrição: O usuário externo/usuário operacional tenta visualizar os dados sobre um determinada ocorrência.

Pré-Condições: O usuário deve estar logado.

Fluxo Básico: O usuário seleciona os filtros: data, horário, local, hospital destino, vítimas, plano de voo, e envia a requisição.

Fluxo Alternativo: O sistema sinaliza “ocorrência não localizada” e encerra o caso de uso.

Pós-Condições: Os dados sobre a ocorrência foram encontrados e são mostrados visualmente.

CASO DE USO (UC002): REGISTRAR OCORRÊNCIAS

Descrição: O usuário operacional faz o registro dos dados da ocorrência.

Pré-Condições: O usuário deve estar logado.

Fluxo Básico: O usuário preenche os dados sobre uma ocorrência (data, horário, tipo de acidente, classificação do acidente, condição meteorológica, número de pessoas envolvidas, mortos, feridos leves, feridos graves, veículos, localização, dados do plano de voo, ambulância envolvida, meio aéreo utilizado, hospital de destino) e solicita o registro.

Obs. o registro da localização (latitude/longitude) pode ser otimizado através da foto ou localização automática das coordenadas do acidente.

Fluxo Alternativo: Não há.

Pós-Condições: Os dados sobre a ocorrência foram registrados corretamente.

CASO DE USO (UC003): CADASTRAR USUÁRIO

Descrição: O usuário tenta se cadastrar como um novo usuário.

Pré-Condições: O usuário não pode estar cadastrado.

Fluxo Básico: O usuário preenche os dados requeridos, inserindo: nome completo (obrigatório), tipo de usuário: externo, médico, socorrista ou tripulante (obrigatório), e-mail (obrigatório), senha (obrigatório) e confirmação de senha (obrigatório) e os envia ao servidor. Então ele é redirecionado para a tela de login com a informação de que um novo usuário foi cadastrado.

Fluxo Alternativo: Se as senhas não coincidirem, o e-mail já estiver em uso ou algum dos campos não estiver preenchido, o usuário é informado da situação e nenhum dado é salvo no banco de dados.

Pós-Condições: Redirecionar o usuário para tela de login com o cadastro efetuado.

CASO DE USO (UC004): FAZER LOGIN

Descrição: O usuário tenta realizar login, inserindo: e-mail (obrigatório) e senha (obrigatório).

Pré-Condições: O usuário não pode estar logado.

Fluxo Básico: O usuário preenche os dados requeridos e os envia ao servidor. Então ele é redirecionado para a tela principal de opções.

Fluxo Alternativo: Se o e-mail ou senha não estiverem corretos, é mostrado uma mensagem de erro ao usuário e permanece na mesma tela.

Pós-Condições: Redirecionar o usuário para tela principal de opções e com o login efetuado.

APÊNDICE D - Instruções SQL de criação das tabelas

```
CREATE TABLE trabalhos.jeferson_acidentes (  
    id_acidente numeric(10,0) NOT NULL,  
    data_inversa date,  
    dia_semana character varying(30),  
    horario time without time zone,  
    uf character varying(10),  
    br character varying(50),  
    km numeric(7,2),  
    municipio character varying(60),  
    causa_acidente character varying(100),  
    tipo_acidente character varying(100),  
    classificacao_acidente character varying(100),  
    fase_dia character varying(100),  
    sentido_via character varying(100),  
    condicao_meteorologica character varying(60),  
    tipo_pista character varying(60),  
    tracado_via character varying(100),  
    uso_solo character varying(100),  
    ano numeric(4,0),  
    pessoas integer,  
    mortos integer,  
    feridos_leves integer,  
    feridos_graves integer,  
    ilesos integer,  
    ignorados integer,  
    feridos integer,  
    veiculos integer,  
    latitude numeric(20,10),  
    longitude numeric(20,10),
```



```
regional character varying(40),
delegacia character varying(20),
uop character varying(10),
geom public.geometry(Point,4326)
);
ALTER TABLE trabalhos.jeferson_acidentes OWNER TO postread;
```

```
CREATE TABLE trabalhos.jeferson_hospitais (
```

```
    crm integer NOT NULL,
    rua_num character varying(50),
    bairro character varying(30),
    cep integer,
    cidade character varying(26),
    lat double precision,
    lng double precision,
    geom public.geometry(Point,29193),
    id_estab integer,
    crm2 integer,
    razao character varying(70),
    cnpj character varying(20),
    nome character varying(70)
);
```

```
ALTER TABLE trabalhos.jeferson_hospitais OWNER TO postread;
```

```
CREATE TABLE trabalhos.jeferson_meio_aereo (
```

```
    codigo_oaci character varying(4) NOT NULL,
    ciad character varying(6) NOT NULL,
    nome character varying(41) NOT NULL,
    municipio character varying(25) NOT NULL,
    uf character varying(6) NOT NULL,
```

```
latgeopoint numeric(11,7) NOT NULL,  
longeopoint numeric(11,7) NOT NULL,  
latitude character varying(12) NOT NULL,  
longitude character varying(13) NOT NULL,  
altitude character varying(6),  
operacao_diurna character varying(22),  
operacao_noturna character varying(22),  
comprimento character varying(8) NOT NULL,  
largura character varying(7),  
resistencia character varying(20) NOT NULL,  
superficie character varying(8) NOT NULL,  
the_geom public.geometry(Point,29193)  
); ALTER TABLE trabalhos.jeferson_meio_aereo OWNER TO postread;
```

```
CREATE TABLE trabalhos.jeferson_ocorrencias (  
    id_ocorrencia integer NOT NULL,  
    id_acidente numeric(10,0) NOT NULL,  
    id_plano_voo integer NOT NULL,  
    codigo_oaci character varying(4),  
    crm integer NOT NULL,  
    data_hora character varying(20),  
    cod_medico character varying(20),  
    codigo_amb_aerea character varying(20)  
); ALTER TABLE trabalhos.jeferson_ocorrencias OWNER TO postread;
```

```
CREATE TABLE trabalhos.jeferson_plano_voo (  
    id_plano_voo integer NOT NULL,  
    identif_aeronave character varying(7) NOT NULL,  
    numero_aeronave numeric(1,0) NOT NULL,  
    tipo_aeronave character varying(4) NOT NULL,
```

```
equipamento_capac character varying(4) NOT NULL,  
aerodromo_dep character varying(4) NOT NULL,  
hora_dep character varying(5) NOT NULL,  
velocidade character varying(4) NOT NULL,  
nivel_voo character varying(4) NOT NULL,  
rota character varying(3) NOT NULL,  
aerodromo_destino character varying(4) NOT NULL,  
tempo_voo character varying(5) NOT NULL,  
aerodromo_alt1 character varying(4) NOT NULL,  
aerodromo_alt2 character varying(4) NOT NULL,  
outros character varying(6) NOT NULL,  
autonomia_voo character varying(5) NOT NULL,  
numero_pess_bordo integer NOT NULL,  
caracteristicas_aer character varying(16) NOT NULL,  
piloto_comando character varying(14) NOT NULL,  
nome_preench_pln character varying(14) NOT NULL,  
codigo_anac integer NOT NULL  
); ALTER TABLE trabalhos.jeferson_plano_voo OWNER TO postread;
```

ANEXO A - Formulário de plano de voo simplificado

Formulário de Plano de Voo Simplificado

FRENTE		
PLANO DE VOO SIMPLIFICADO ABBREVIATED FLIGHT PLAN		7- IDENTIFICAÇÃO DA AERONAVE AIRCRAFT IDENTIFICATION 1 1 1 1 1 1 1 1
9- NÚMERO NUMBER 1	13- AERÓDROMO DE PARTIDA DEPARTURE AIRPORT/OMF 1 1 1 1 1 1	16- EQUIPAMENTO E CAPACIDADES Equipment and Capabilities /
15- VELOCIDADE DE CRUIZADO CRUISING SPEED 1 1 1 1 1		18- HORA TIME 1 1 1 1
14- AERÓDROMO DE DESTINO DESTINATION AIRPORT/OMF 1 1 1 1 1 1		17- ROTA ROUTE 1 1 1 1 1 1
12- VELOCIDADE DE CRUIZADO CRUISING SPEED 1 1 1 1 1		
11- NÍVEL DE VOO FLYING LEVEL 1 1 1 1 1 1		
8- ETAPAS DE VOO FLIGHT STAGES 1 1 1 1 1 1 1 1		
6- ETAPAS DE VOO FLIGHT STAGES 1 1 1 1 1 1 1 1		
5- ETAPAS DE VOO FLIGHT STAGES 1 1 1 1 1 1 1 1		
4- ETAPAS DE VOO FLIGHT STAGES 1 1 1 1 1 1 1 1		
3- ETAPAS DE VOO FLIGHT STAGES 1 1 1 1 1 1 1 1		
2- ETAPAS DE VOO FLIGHT STAGES 1 1 1 1 1 1 1 1		
1- ETAPAS DE VOO FLIGHT STAGES 1 1 1 1 1 1 1 1		
0- ETAPAS DE VOO FLIGHT STAGES 1 1 1 1 1 1 1 1		
10- OUTROS DADOS OTHER INFORMATION 1 1 1 1 1 1 1 1		
8- ETAPAS DE VOO FLIGHT STAGES 1 1 1 1 1 1 1 1		
7- ETAPAS DE VOO FLIGHT STAGES 1 1 1 1 1 1 1 1		
6- ETAPAS DE VOO FLIGHT STAGES 1 1 1 1 1 1 1 1		
5- ETAPAS DE VOO FLIGHT STAGES 1 1 1 1 1 1 1 1		
4- ETAPAS DE VOO FLIGHT STAGES 1 1 1 1 1 1 1 1		
3- ETAPAS DE VOO FLIGHT STAGES 1 1 1 1 1 1 1 1		
2- ETAPAS DE VOO FLIGHT STAGES 1 1 1 1 1 1 1 1		
1- ETAPAS DE VOO FLIGHT STAGES 1 1 1 1 1 1 1 1		
0- ETAPAS DE VOO FLIGHT STAGES 1 1 1 1 1 1 1 1		
19- AUTONOMIA AUTONOMY HR MIN 1 1 1 1		
18- PESSOAS A BORDO PERSONS ON BOARD P 1 1		
17- CORET MARCAS DA AERONAVE AIRCRAFT COLOR AND MARKINGS A/ 1 1 1 1 1 1 1 1		
16- PILOTO EM COMANDO PILOT-IN-COMMAND C/ 1 1 1 1 1 1 1 1		
15- PREENCHIDO POR / FILED BY NOME / NAME 1 1 1 1 1 1 1 1		
14- CÓDIGO ANAC 1 1 1 1 1 1		
13- ASSINATURA / SIGNATURE 1 1 1 1 1 1 1 1		
VERSÃO		
PLANO DE VOO SIMPLIFICADO ABBREVIATED FLIGHT PLAN		
12- ENDEREÇO DE DESTINO (S) ADDRESS (S) 1 1 1 1 1 1 1 1		
11- ENDEREÇO DE ORIGEM (S) ADDRESS (S) 1 1 1 1 1 1 1 1		
10- HORA DE APRESENTAÇÃO FLIGHT TIME 1 1 1 1 1 1 1 1		
9- REMETENTE ORIGINATOR 1 1 1 1 1 1 1 1		
8- IDENTIFICAÇÃO COMPLEMENTAR DE DESTINAÇÃO (S) E/OU REMETENTE SUPPLEMENTARY IDENTIFICATION OF ADDRESS (S) AND/OR ORIGINATOR 1 1 1 1 1 1 1 1		

ANEXO B - Dados de plano de voo

ITEM 7: Identificação da aeronave:

Este campo deve ser preenchido sem hífen ou símbolos, apenas com uma das identificações da aeronave e sem exceder o limite máximo de 7 caracteres.

Para aeronaves da aviação geral deve-se inserir as marcas de nacionalidade, que no Brasil são designadas pelas letras: PT, PR, PU ou PS. Em seguida a marca de matrícula que é composta por 3 letras.

Para companhias aéreas, o preenchimento é pelo designador telegráfico ICAO da empresa e em seguida o número do voo. E para aeronaves da Força Aérea, deve-se inserir o designador oficial de matrícula e o número da aeronave.

ITEM 9: Número: Tipo da aeronave:

- Número de aeronaves: deve-se preencher apenas quando há voo de formação entre duas ou mais aeronaves. Caso contrário, deve deixar em branco.
- Tipo de aeronave: cada tipo de aeronave tem seu designativo baseado no documento 8643 da ICAO (Aircraft type designator). Se não houver designativo, deve-se preencher o campo com as letras ZZZZ, e complementar o tipo de aeronave no campo 18 precedido de TYP/.

ITEM 10: Equipamento e Capacidade:

As capacidades são baseadas em três elementos:

1. a presença de equipamento pertinente em funcionamento a bordo da aeronave;
2. equipamento e capacidades compatíveis com as qualificações da tripulação de voo; e
3. a aprovação correspondente da autoridade competente, quando aplicável.

Equipamento e capacidades de radiocomunicações, de auxílios à navegação e à aproximação. Inserir no lado esquerdo do campo uma das seguintes letras:

- N – se a aeronave não dispuser de equipamento de radiocomunicações, de auxílio à navegação e à aproximação exigidos para a rota considerada ou se estes não funcionarem; ou

- S – se a aeronave dispuser dos equipamentos padronizados de radiocomunicações, de auxílios à navegação e à aproximação exigidos para a rota considerada e estes funcionarem.

Inserir em complemento ou substituição ao previsto, se preciso, uma ou mais das letras indicadas na tabela abaixo, para apresentar os equipamentos e as capacidades COM/NAV. E se em funcionamento, os auxílios a navegação e a aproximação.

ITEM 13: Aeródromo de partida e Hora:

Para o preenchimento do campo aeródromo de partida deve-se inserir o código ICAO, de quatro letras, da localidade da decolagem ou, se não houver indicador, ocupar com ZZZZ e complementar no campo 18 com DEP/ seguido do município e a localidade de partida.

Ao lado, o horário a ser preenchido, se o Plano for for apresentado antes da partida, é o estimado de calços fora (EOBT). Caso o plano de voo seja do tipo AFIL (apresentado em voo), será a hora real da decolagem.

ITEM 15: Rota Velocidade de cruzeiro: Nível de cruzeiro: Rota:

Neste campo deve-se inserir a velocidade verdadeira de cruzeiro para o voo completo, ou se não for possível, para o primeiro trecho através de:

- A letra K seguida de 4 algarismos para indicar km/h (quilômetros)
- A letra N seguida de 4 algarismos para indicar *Kt* ou *NM/h* (nós)
- A letra M seguida de 3 algarismos para indicar número *Mach* (arredondando para os centésimos mais próximos)
- Nível de voo (FL): a letra F seguida de 3 algarismos, para voo VFR ou IFR.
- Altitude: a letra A seguida de 3 algarismos quando não houver nível de voo.
- VFR: Quando o voo VFR não for conduzido conforme a Tabela de Níveis de Cruzeiro (Nível ou Altitude de Voo), o Item 15 deve ser preenchido com sigla VFR, especificando-se no Item 18, por meio do indicador RMK/, a altura planejada para a realização do voo.

ITEM 16: Aeródromo de destino: Duração total prevista de voo:

Assim como no aeródromo de partida, o campo de destino deve ser preenchido com o código ICAO de quatro caracteres, porém com designativo do local de pouso. O campo EET Total (*Estimated elapsed time*) se refere a duração total prevista para o voo, também com quatro caracteres sendo eles compostos por números.

Se o AD de destino não é atribuído com código ICAO deve ser inserido ZZZZ no item, e complementar no campo 18 com o indicador DEST/ seguido do nome da localidade de destino, incluindo município e unidade federativa. Para planos de voo AFIL, o tempo previsto para o voo é calculado a partir do primeiro até o último ponto da rota.

Aeródromo de alternativa 1:

Aeródromo de alternativa 2:

Segundo o MCA 100-11, deve-se inserir o(s) indicador(es) de localidade(s) para aeródromo de alternativa com o código ICAO do local, não excedendo o limite de dois aeródromos, ou pode ser deixado em branco. Se não houver indicadores nos aeródromos de alternativa, ocupar o item com ZZZZ e complementar no campo 18 com ALTN/ seguido do nome do aeródromo.

ITEM 18: Outros dados:

O campo 18 serve para inserir outras informações necessárias para o voo que não foram indicadas nos campos anteriores. A forma correta para preencher é colocar o indicador apropriado, seguido de uma barra oblíqua e do designador a ser registrado, por exemplo: OPR/ Lift Aviation. Indica que o explorador da aeronave é a Lift Aviation.

ITEM 19: Informações suplementares

Autonomia: POB: Cor e marcas:

Para planos de voo AFIL (plano apresentado em voo por radiotelefonia), com exceção do código ANAC do piloto em comando, pessoas a bordo e autonomia, o item 19 poderá ser omitido.

- A autonomia é composta por um grupo de 4 algarismos para indicar a autonomia em horas e minutos.
- O número de pessoas a bordo (POB) que é a soma dos passageiros e tripulantes a bordo.
- Inserir a cor ou cores da aeronave e marcas importantes.

Piloto em Comando: Inserir o nome do piloto em comando, das seguintes formas:

Para Piloto Militar – posto e nome de guerra, seguidos das iniciais dos outros nomes.

Para Piloto Civil – nome e código ANAC.

OBS: Não serão exigidos o nome e o código ANAC do piloto em comando, excepcionalmente, para atender a operações aéreas policiais e de defesa civil, previstas em legislação específica.

Preenchimento: Inserir o nome do responsável pelo preenchimento do Plano de Voo, quando não for o piloto em comando, e o número do telefone.

Código ANAC: Inserir o código ANAC do responsável pelo preenchimento do Plano de Voo, quando não for o piloto em comando.

- Assinatura do responsável pelo preenchimento.