



CENTRO UNIVERSITÁRIO IESB
BACHAREL EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

ITALO BATISTA QUEIROZ
GUILHERME NAKANDAKARI DE OLIVEIRA

**ARQUITETURA PARA AUXÍLIO NA PREVENÇÃO/PREDIÇÃO DE ACIDENTES
AERONÁUTICOS**

Brasília, DF
2018

ITALO BATISTA QUEIROZ
GUILHERME NAKANDAKARI DE OLIVEIRA

**ARQUITETURA PARA AUXÍLIO NA PREVENÇÃO/PREDIÇÃO DE ACIDENTES
AERONÁUTICOS**

Trabalho de Graduação de curso apresentado
como pré-requisito para obtenção de Bacharel
em Ciência da Computação do Instituto de
Ensino Superior de Brasília - IESB.

Orientador: Prof. M. Sc. Cristiano Soares de
Aguiar

Brasília, DF
2018

ITALO BATISTA QUEIROZ
GUILHERME NAKANDAKARI DE OLIVEIRA

**ARQUITETURA PARA AUXÍLIO NA PREVENÇÃO/PREDIÇÃO DE ACIDENTES
AERONÁUTICOS**

Trabalho de Graduação de Curso apresentado
como pré-requisito para obtenção de Bacharel
em Ciência da Computação do Instituto de
Ensino Superior de Brasília - IESB.

Orientador: Prof. M. Sc. Cristiano Soares de
Aguiar

Banca Examinadora

Cristiano Soares de Aguiar
Instituição

Membro da Banca
Instituição

Membro da Banca
Instituição

Brasília, DF
2018

RESUMO

Este trabalho apresenta uma arquitetura capaz de cruzar dados de ocorrência aeronáuticas, dados meteorológicos e aerovias além de uma aplicação para dispositivos móveis que permite a visualização dos dados e criação de plano de voo para análises. Ocorrências aeronáuticas são investigações que buscam identificar fatos relacionados a acidentes e incidentes aeronáuticos. A partir de uma análise do contexto destas ocorrências, foi observado a importância da relação destes com dados meteorológicos, aerovias e planos de voo. Para tanto, elencou-se técnicas de modelagem multidimensional e extração, transformação e carga para o cruzamento de dados. Dados de ocorrências aeronáuticas e aerovias são disponíveis para download pelo Centro de Investigação de Acidentes Aeronáuticos, já os dados meteorológicos são disponibilizados pela API do Instituto Nacional de Meteorologia. Para consumo desta API será desenvolvido um *script* em Python para o consumo e carga dos dados. Com este trabalho, espera-se que profissionais da área tenham mais mobilidade para visualização de dados. Também que façam análises de plano de voo, clima e aerovias relacionados com ocorrências.

Palavras chave: ocorrências aeronáuticas; dados meteorológicos; modelagem multidimensional.

ABSTRACT

This work presents an architecture able to cross aeronautical occurrence data, meteorological and airways data, as well as an application for mobile devices that allows data visualization and creation of a flight plan for analysis. Aeronautical incidents are investigations that quests to identify facts related to aeronautical accidents and incidents. From an analysis about the context of these occurrences, the importance of their relationship with meteorological data, airplanes and flight plans was observed. In order to do so, it was highlighted the techniques of multidimensional modeling and extraction, transformation and loading for the data crossing. Aeronautical occurrences and airships data are available for download by the Aeronautical Accident Investigation Center. Meteorological data are available through the Application Programming Interface (API) of the National Institute of Meteorology. For consumption of this API will be developed a script in Python. With this work, it is expected that professionals of the area have more mobility for data visualization. Also do analysis of flight plan, climate and airplanes related to occurrences.

Key words: aeronautical occurrences; meteorological data; multidimensional modeling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fatores Contribuintes em 766 relatórios finais publicados Acidente.....	17
Figura 2 - Acidentes relacionados ou não relacionados com condições meteorológicas.....	19
Figura 3 - Arquitetura da Aplicação.....	27
Figura 4 - Casos de Uso.....	30
Figura 5 - Modelo lógico do banco de dados de ocorrências aeronáuticas.....	32
Figura 6 - Modelo de Dados de Clima.....	33
Figura 7 - Modelo de Dados de Aerovia.....	33
Figura 8 - Modelo de Dados de Planos de Voos Simplificado e Completo.....	34
Figura 9 - Tabela Fato Fatores Contribuintes.....	36
Figura 10 - Tabela Fato Recomendações.....	37
Figura 11 - Tabela Fato Ocorrências.....	38
Figura 12 - Tabela Fato Aeronaves.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACC	Centro de Controle da Área
AIP	Publicação de Informação Aeronáutica
AIRAC	Regulamentação e Controle de Informação Aeronáutica
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ASIAS	Análise e Compartilhamento de Informação de Segurança da Aviação
ATC	Controle de Tráfego Aéreo
ATS	Serviço de Tráfego Aéreo
ATZ	Zonas de Tráfego de Aeródromo
C-AIS	Centro de Informação Aeronáutica
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CGNA	Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea
CHG	Mensagem de Modificação
CINDACTA	Centros Integrados de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo
CNL	Mensagem de Cancelamento de Plano de Voo
CSV	Valor Separado por Vírgula
CTR	Zona de Controle
CTA	Área de Controle
DGCEA	Diretor-Geral do Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DLA	Mensagem de Atraso
EOBT	Hora Estimada de Calços Fora
ERC	Carta Em Rota
ETL	Extração Transformação e Carga
FIR	Regiões de Informação de Voo
FIZ	Zona de Informação de Voo
FPL	Mensagem de Plano de Voo Apresentado
FL	Nível de Voo
IFR	Regras de Voo por Instrumentos
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
NM	Milhas Náuticas
NSCA	Norma do Sistema do Comando da Aeronáutica
OACI	Organização da Aviação Civil Internacional
PVC	Plano de Voo Completo
PVS	Plano de Voo Simplificado
RPL	Plano de Voo Repetitivo
SIPAER	Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
TMA	Área de Controle Terminal
UTA	Área Superior de Controle
VFR	Regras de Voo Visual

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
1.1 OBJETIVOS GERAIS.....	9
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
1.3 METODOLOGIA.....	9
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
2.1 ORGANIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DO ESPAÇO AÉREO.....	11
2.2 OCORRÊNCIAS AERONÁUTICAS.....	14
2.3 PRINCIPAIS CAUSAS DE ACIDENTES.....	16
2.4 INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS.....	18
2.5 ESTABELECIMENTO DE UM PLANO DE VOO.....	19
3 MODELAGEM E ARQUITETURA.....	26
3.1 ARQUITETURA DA APLICAÇÃO.....	27
3.2 ANÁLISE E MODELAGEM UML.....	28
3.2.1 Metodologia Scrum.....	28
3.2.2 Requisitos e Projeto Utilizando UML.....	29
3.3 MODELAGEM E IMPLEMENTAÇÃO DOS DADOS.....	31
3.3.1 Modelagem de Dados de Ocorrências Aeronáuticas.....	31
3.3.2 Modelo de Dados Clima/Tempo.....	32
3.3.3 Modelo de Dados de Aerovias.....	33
3.3.4 Modelo de Dados Plano de Voo.....	34
3.3.5 Modelagem Multidimensional e Cruzamento de Dados.....	36
4 TECNOLOGIAS ADOTADAS.....	39
4.1 PENTHAO COMMUNITY EDITION.....	39
4.2 MYSQL.....	40
4.3 ANDROID STUDIO.....	41
5 PROTÓTIPOS E RESULTADOS.....	41
6 CONCLUSÃO.....	42

1 Introdução

Ocorrências aeronáuticas são relatórios de investigação que buscam identificar os fatos relacionados a algum acidente ou incidente aeronáutico como o modelo da aeronave, as condições meteorológicas, a região, fatores contribuintes, entre outros. Estas investigações têm o propósito de prevenir novos acidentes e que compreende a reunião e a análise de informações e a obtenção de conclusões visando a formulação de recomendações sobre a segurança.

Este trabalho irá tratar das ocorrências aeronáuticas relacionadas ao território brasileiro. O órgão responsável por realizar todas as atividades de investigação dos acidentes aeronáuticos da aviação civil e da Força Aérea Brasileira é o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). É por meio das investigações minuciosas e das análises dos acidentes que os ensinamentos aprendidos são transformados em uma linguagem apropriada, para tornarem-se recomendações de segurança a fim de que com as medidas, ou ações, haja um aumento da segurança.

Os dados de ocorrências aeronáuticos são apenas dados brutos que precisam ser transformados em informações úteis. Estas informações auxiliam os órgãos oficiais na elaboração de recomendações de segurança, podem ser úteis para um piloto ao mostrar análises de ocorrências em uma área de interesse, além de prover informações ao público externo com a finalidade de contextualização no assunto.

A arquitetura que será desenvolvida neste trabalho tem como objetivo gerar informações a partir do cruzamento de dados de ocorrências aeronáuticas, dados meteorológicos e aerovias. Pilotos poderão informar pelo aplicativo o plano de voo que deseja para realizar com o intuito de analisar possíveis ocorrências em seu trajeto. A relevância de uma aplicação móvel para estas tarefas citadas contribui para uma maior mobilidade e facilidade de interação com os usuários.

1.1 Objetivos Gerais

Criar uma arquitetura para cruzamento de dados entre ocorrências aeronáuticas, aerovias e dados climáticos do território brasileiro, e criar uma aplicação para dispositivos móveis para a visualização das informações geradas.

1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos referentes a este trabalho são:

- Compreender o cenário de ocorrências aeronáuticas;
- Investigar a relação de ocorrências aeronáuticas com condições climáticas;
- Extrair dados de ocorrências, dados meteorológicos e dados de aerovias para carga no banco de dados;
- Elaborar modelos multidimensionais;
- Correlacionar dados das diferentes fontes para realizar o cruzamento destes dados;
- Desenvolver uma aplicação móvel para visualização das informações geradas e criação de plano de voo;
- Correlacionar os dados de plano de voo com dados de ocorrências aeronáuticas.

1.3 Metodologia

Neste projeto foi utilizado a metodologia Scrum com a finalidade de gestão e planejamento do desenvolvimento da aplicação. Inicialmente foram feitas entrevistas com profissionais da área como pilotos de aviação civil e militar com o objetivo de compreender o cenário de ocorrências aeronáuticas.

Em seguida foi estudado a técnica modelagem multidimensional utilizando a bibliografia do autor Kimball. Esta modelagem é viável para responder consultas de um data

warehouse. Inicialmente foram criadas quatro tabelas fatos além das dimensões que se relacionam com elas. Estas tabelas poderão ser editadas com o desenvolvimento do projeto.

Os dados de ocorrências aeronáuticas e aerovias estão no formato *comma-separated values* (csv). Ambos os dados estão disponíveis no Portal Brasileiro de Dados Aberto nos seguintes endereços:

<http://dados.gov.br/dataset/ocorrencias-aeronauticas-da-aviacao-civil-brasileira> e <http://dados.gov.br/dataset/aerovia13out16>. Os dados meteorológicos são disponibilizados pela Interface de Programação de Aplicação (API – *Application Programming Interface*) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Será utilizado a ferramenta Pentaho (PENTAHO, 2018), para fazer a extração, transformação e carga dos dados no *data warehouse* e realizar o cruzamento dos dados de ocorrências aeronáuticas, aerovias e dados meteorológicos, e alimentará as tabelas fatos e dimensões. O banco de dados utilizado será o MySQL (2018).

Em seguida será estudado bibliotecas para desenvolvimento de gráficos em aplicativo Android. Será utilizado técnicas de desenvolvimento em Android com uma ferramenta de controle de versões GitHub. Deverá ser estabelecido a conexão da aplicação com banco de dados local.

1.4 Organização do trabalho

Este trabalho encontra-se estruturado da seguinte forma: fundamentação teórica, abarca os principais conceitos teóricos utilizados no trabalho para sua devida elaboração e que servem como estrutura fundamental para o embasamento e construção para as metodologias; modelagem e arquitetura abrange a elaboração, organização e divisão dos dados e modelos que serão utilizados para dar estruturação ao trabalho; os protótipos e resultados abrangem alguns protótipos que foram criados para melhor entendimento e visualização do projeto, e alguns resultados relevantes que foram obtidos ao longo da construção do projeto; a conclusão possui uma visão preliminar do que foi obtido com o trabalho; por último, mas não menos importante, as referências bibliográficas que servem de auxílio e embasamento ao trabalho.

2 Fundamentação Teórica

Esta seção tratará das fundamentações teóricas sobre o contexto de ocorrências aeronáuticas.

2.1 Organização e utilização do espaço aéreo

O espaço aéreo brasileiro é uma área que abrange todo o território nacional e vai além de sua fronteira ao incorporar uma parcela significativa do oceano Atlântico. O somatório de toda esta área totaliza 22 milhões de km², segundo DECEA.

A organização responsável por controlar toda esta área é o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). Para controlar todo o espaço aéreo o DECEA criou quatro subdivisões subordinadas a ele, que ficam responsáveis por controlar diariamente o tráfego aéreo, e são conhecidas como Centros Integrados de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (CINDACTA).

Estes centros atuam sobre as subdivisões do espaço aéreo, divisões conhecidas como regiões de informação de voo (FIR). Existem cinco FIRs sobre as quais operam os quatro CINDACTAs, que são divididos da seguinte forma, segundo site do DECEA:

- CINDACTA I (Brasília - DF) - Responsável pela FIR Brasília, que abrange a região central do Brasil
- CINDACTA II (Curitiba-PR) - Responsável pela FIR Curitiba, que abrange o sul e parte do centro-sul brasileiro.
- CINDACTA III (Recife-PE) - Responsável pelas FIR Recife e Atlântico, que abrange o Nordeste e área sobrejacente ao Atlântico
- CINDACTA IV (Manaus-AM) - Responsável pela FIR Manaus, que se estende sobre grande parte da região amazônica.

Os CINDACTAs conseguem unir o controle do tráfego aéreo brasileiro de forma integrada e bem sucedida, sendo recomendada pela Organização de Aviação Civil Internacional (OACI), órgão da ONU responsável “pela promoção do desenvolvimento seguro e ordenado da aviação civil mundial”, segundo ANAC.

Uma unidade do DECEA que auxilia no equilíbrio das demandas e capacidades dos aeródromos e setores de controle é o Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea (CGNA). Segundo o DECEA, “O CGNA é uma espécie de gestor operacional dos fluxos de voo do País, onde todos os movimentos aéreos são monitorados 24 horas por dia, de modo a viabilizar a circulação aérea, garantindo a eficácia e a segurança operacional do transporte aéreo”.

Todos estes departamentos e centros monitoram o espaço aéreo brasileiro, que é utilizado por várias aeronaves diariamente. As aeronaves, para trafegarem neste espaço aéreo, utilizam aerovias. Uma aerovia, segundo a Instrução de Serviços de Tráfego Aéreo, é “Área de Controle, ou parte dela, disposta em forma de corredor”.

O Instrumento de Serviços de Tráfego Aéreo define a estrutura do espaço aéreo da seguinte forma:

3.3 ESTRUTURA DO ESPAÇO AÉREO

3.3.1 DIVISÃO DO ESPAÇO AÉREO

3.3.1.1 Espaço Aéreo Superior

- a) limite vertical superior - ilimitado;
- b) limite vertical inferior - FL245 exclusive; e
- c) limites laterais - indicados nas ERC.

3.3.1.2 Espaço Aéreo Inferior

- a) limite vertical superior - FL245 inclusive;
- b) limite vertical inferior - solo ou água; e
- c) limites laterais - indicados nas ERC.

3.3.2 DESIGNAÇÃO DOS ESPAÇOS AÉREOS ATS E DOS AERÓDROMOS

NOTA: A designação das partes do espaço aéreo e dos aeródromos controlados onde são prestados serviços de tráfego aéreo são feitas conforme descrito nos subitens a seguir.

3.3.2.1 Regiões de Informação de Voo

As partes do espaço aéreo onde são providos os serviços de informação de voo e de alerta.

3.3.2.2 Áreas de Controle e Zonas de Controle

As partes do espaço aéreo na FIR onde é provido o serviço de controle de tráfego aéreo para os voos IFR ou VFR, conforme a classificação do espaço aéreo.

3.3.2.2.1 A fim de facilitar a prestação dos Serviços de Tráfego Aéreo, as Áreas de Controle são denominadas de:

- a) UTA - compreendendo as aerovias superiores e outras partes do espaço aéreo superior, assim definidas na AIP-Brasil;
- b) CTA - compreendendo as aerovias inferiores e outras partes do espaço aéreo inferior, assim definidas na AIP-Brasil; ou.
- c) TMA - compreendendo partes do espaço aéreo inferior, assim definidas na AIP-Brasil.

3.3.2.2.2 As partes do espaço aéreo controlado, dentro das quais também é provido o serviço de controle de tráfego aéreo para os voos VFR, são designadas como espaços aéreos de Classes B, C ou D.

NOTA: Vide item 3.4 sobre classificação dos Espaços Aéreos ATS.

3.3.2.3 As partes do espaço aéreo em torno de um aeródromo dentro das quais determinou-se a aplicação de requisitos especiais para proteção do tráfego do aeródromo são designadas como Zonas de Tráfego de Aeródromo (ATZ).

NOTA: As Áreas de Controle, as Zonas de Controle e as Zonas de Tráfego de Aeródromo localizadas dentro de uma Região de Informação de Voo fazem parte dessa Região de Informação de Voo.

3.3.2.4 Os aeródromos onde é provido o serviço de controle de tráfego aéreo para o tráfego de aeródromo são designados como aeródromos controlados.

Este mesmo Instrumento define as dimensões das aerovias da seguinte forma:

3.5 DIMENSÕES DAS AEROVIAS

3.5.1 AEROVIAS SUPERIORES

- a) limite vertical superior - ilimitado;
- b) limite vertical inferior - FL245 exclusive; e
- c) limites laterais - 43NM (80km) de largura, estreitando-se a partir de 216NM (400km), antes de um auxílio à navegação, atingindo sobre este a largura de 21,5NM (40km).

NOTA: As aerovias superiores entre dois auxílios à navegação, distantes entre si até 108NM (200km), terão a largura de 21,5NM (40km) em toda a sua extensão.

3.5.2 AEROVIAS INFERIORES

- a) limite vertical superior - FL245 inclusive;
- b) limite vertical inferior - 150m (500 pés) abaixo do FL mínimo indicado nas ERC; e
- c) limites laterais - 16NM (30km) de largura, estreitando-se a partir de 54NM (100km) antes de um auxílio à navegação, atingindo sobre este a largura de 8NM (15km).

NOTA: As aerovias inferiores entre dois auxílios à navegação, distantes entre si até 54NM (100km), terão a largura de 11NM (20km) em toda a sua extensão.

2.2 Ocorrências Aeronáuticas

As ocorrências aeronáuticas são elaborações documentais que trazem informações acerca de um problema, falha, ou acidente pontual, que ao ser estudado com mais meticulosidade pode trazer à resolução deste ponto, ou auxiliar na resolução de outros ramos que se interconectam com este problema pontual. Os problemas e fatores que envolvem as ocorrências são dos mais diversos tipos e categorias, e por isso precisam de profissionais de várias áreas, como psicólogos, meteorologistas, mecânicos, engenheiros, entre outros, para analisar as arestas do problema e propor medidas que com o tempo possam vir a tornar resolução do problema.

Ocorrências aeronáuticas são divididas em acidente aeronáutico, incidente aeronáutico grave ou incidente aeronáutico.

De acordo com o Manual de Investigação do SIPAER sobre Acidente Aeronáutico (2017, p. 14) é definido como:

Toda ocorrência aeronáutica relacionada à operação de uma aeronave tripulada, havida entre o momento em que uma pessoa nela embarca com a intenção de realizar um voo até o momento em que todas as pessoas tenham dela desembarcado ou; no caso de uma aeronave não tripulada, toda ocorrência havida entre o momento que a aeronave está

pronta para se movimentar, com a intenção de voo, até a sua parada total pelo término do voo, e seu sistema de propulsão tenha sido desligado e, durante os quais, pelo menos uma das situações abaixo ocorra:

a) uma pessoa sofra lesão grave ou venha a falecer como resultado de: estar na aeronave; ter contato direto com qualquer parte da aeronave, incluindo aquelas que dela tenham se desprendido; ou ser submetida à exposição direta do sopro de hélice, de rotor ou de escapamento de jato, ou às suas consequências.

NOTA 1 - Exceção será feita quando as lesões, ou óbito, resultarem de causas naturais, forem autoinfligidas ou infligidas por terceiros, ou forem causadas a pessoas que embarcaram clandestinamente e se acomodaram em área que não as destinadas aos passageiros e tripulantes.

NOTA 2 - As lesões decorrentes de um Acidente Aeronáutico que resultem óbito em até 30 dias após a data da ocorrência são consideradas lesões fatais.

b) a aeronave tenha falha estrutural ou dano que: afete a resistência estrutural, o seu desempenho ou as suas características de voo; ou normalmente exija a realização de grande reparo ou a substituição do componente afetado.

NOTA 3 - Exceção será feita para falha ou danos quando limitados a um único motor (incluindo carenagens ou acessórios), para danos limitados às hélices, às pontas de asa, às antenas, aos probes, aletas, aos pneus, aos freios, às rodas, às carenagens do trem, aos painéis, às portas do trem de pouso, aos para-brisas, aos amassamentos leves e pequenas perfurações no revestimento da aeronave, ou danos menores às pás do rotor principal e de cauda, ao trem de pouso, e aqueles danos resultantes de colisão com granizo ou ave (incluindo perfurações no radome).

NOTA 4 - O Adendo E do Anexo 13 à Convenção sobre Aviação Civil Internacional apresenta uma lista de danos que podem ser considerados exemplos de acidentes aeronáuticos. Uma tradução livre desta lista encontra-se no Anexo B desta Norma.

c) a aeronave seja considerada desaparecida ou esteja em local inacessível.

NOTA 5 - Uma aeronave será considerada desaparecida quando as buscas oficiais forem suspensas e os destroços não forem encontrados.

Em relação à Incidente aeronáutico o Manual (2017, p.17) define da seguinte forma:

Uma ocorrência aeronáutica, não classificada como um acidente, associada à operação de uma aeronave, que afete ou possa afetar a segurança da operação.

NOTA 1 - Os tipos de incidentes que são de interesse principal à ICAO para estudos de prevenção de acidentes estão listados no Adendo C do Anexo 13 à Convenção sobre Aviação Civil Internacional. Uma tradução livre desta lista encontra-se na NSCA 3-6 e NSCA 3-13.

Incidente aeronáutico grave é definido pelo Manual (2017, p.17) como:

Incidente aeronáutico grave é um incidente envolvendo circunstâncias que indiquem que houve elevado risco de acidente relacionado à operação de uma aeronave que, no caso de aeronave tripulada, ocorre entre o momento em que uma pessoa nela embarca, com a intenção de realizar um voo, até o momento em que todas as pessoas tenham dela desembarcado; ou, no caso de uma aeronave não tripulada, ocorre entre o momento em que a aeronave está pronta para se movimentar, com a intenção de voo, até a sua parada total pelo término do voo, e seu sistema de propulsão tenha sido desligado.

NOTA 1 - A diferença entre o incidente grave e o acidente está apenas nas consequências.

NOTA 2 - O Adendo C do Anexo 13 à Convenção sobre Aviação Civil Internacional apresenta uma lista de situações que podem ser consideradas exemplos de incidentes aeronáuticos graves. Essa lista encontra-se transcrita, em anexo, na NSCA 3-6 e NSCA 3-13.

2.3 Principais Causas de Acidentes

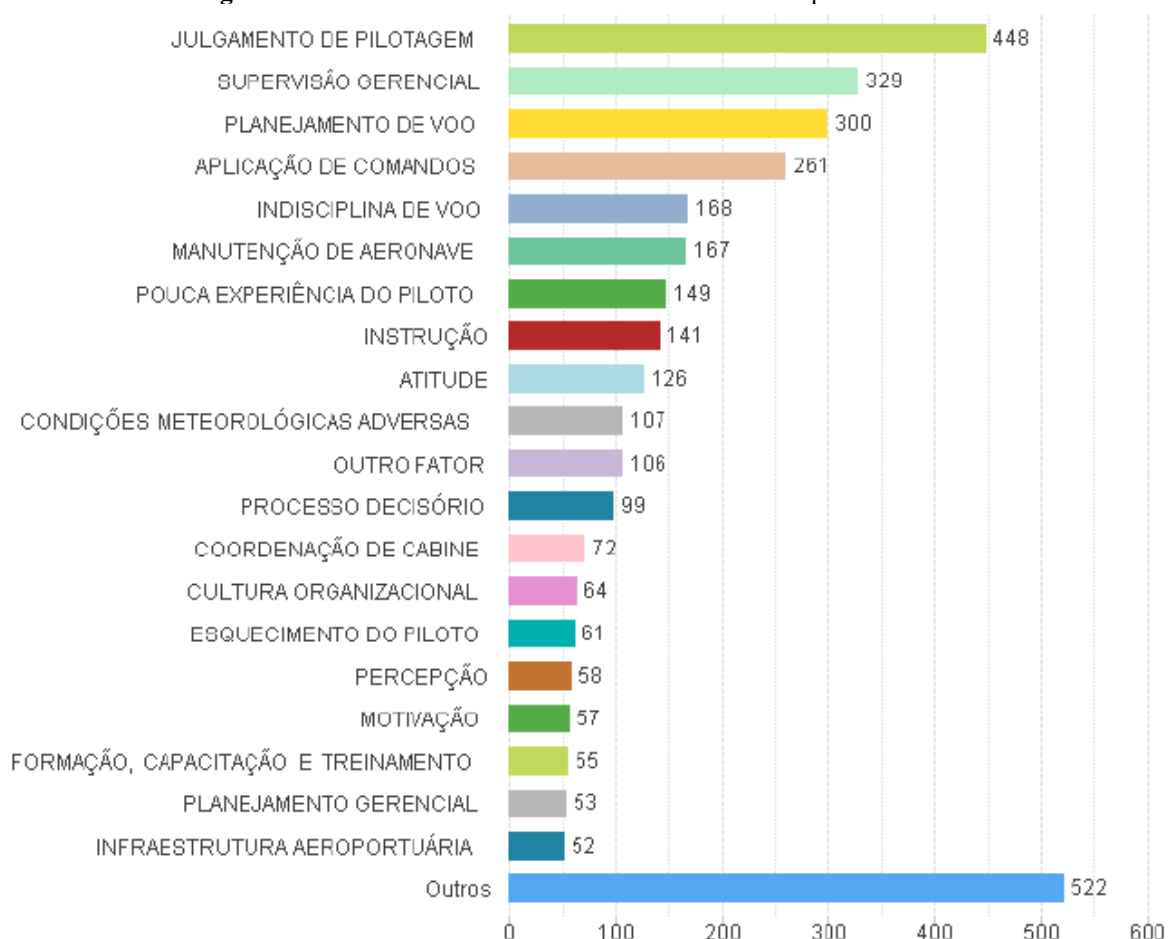
Alguns casos de acidentes aeronáuticos foram destacados pelos veículos de comunicação nos últimos anos. Entre estes está o acidente que ocorreu em 2014, envolvendo o candidato à Presidência na época, Eduardo Campos. Segundo o relatório do CENIPA, foram apontados como fatores contribuintes para a queda do avião condições meteorológicas ruins; desorientação espacial dos pilotos; e a escolha pelos pilotos de uma trajetória de aproximação para pouso diferente da indicada para aquela pista, entre outros (JORNAL NACIONAL, 2018).

Em 2017, outro caso de acidente aeronáutico envolveu o ex-ministro do Supremo Tribunal Federal Teori Zavaski. Segundo o responsável pela investigação, as condições meteorológicas tornavam impraticável o pouso e a decolagem no aeródromo. Não foram identificados falha ou mal funcionamento da aeronave. A visibilidade estava abaixo da

recomendada e a aeronave impactou contra a água com um grande ângulo de inclinação das asas (GARCIA, 2018).

Ambos os casos acima têm as condições meteorológicas entre os fatores contribuintes, porém de acordo com um panorama realizado pelo CENIPA com dados entre 2005 e 2015, outros fatores ainda são mais recorrentes. Os dados da Figura 1 abaixo mostra o percentual de fatores contribuintes identificados em investigações de acidentes aeronáuticos. Os fatores contribuintes mais frequentes neste período foram: julgamento de pilotagem, supervisão gerencial e planejamento de voo. Estes três fatores representaram 31,7% do total de fatores contribuintes identificados em investigações aeronáuticos. (PANORAMA ESTATÍSTICO DA AVIAÇÃO BRASILEIRA, 2016)

Figura 1 - Fatores Contribuintes em 766 relatórios finais publicados Acidente



Fonte: CENIPA

A definição dos fatores contribuintes pode ser encontrado no Manual de Investigação do SIPAER (MCA 3-6). A seguir segue a definição dos três fatores contribuintes mais frequentes.

Julgamento de Pilotagem: Inadequada avaliação, por parte do piloto, de determinados parâmetros relacionados à operação da aeronave, estando qualificado para operá-la (MANUAL DE INVESTIGAÇÃO DO SIPAER, 2017, p. 386).

Supervisão Gerencial: Supervisão inadequada, pela gerência (não tripulantes) da organização, das atividades de planejamento e/ou de execução nos âmbitos administrativo, técnico e/ou operacional. Não se inclui neste item a supervisão ATS (MANUAL DE INVESTIGAÇÃO DO SIPAER, 2017, p.387).

Planejamento de Voo: Inadequação nos trabalhos de preparação realizados pelo piloto para o voo ou parte dele. Incluem-se neste fator: o desconhecimento das condições operacionais da rota, das características físicas dos aeródromos, da infraestrutura de navegação aérea e/ou modificações, temporárias ou não, divulgadas por documento de informação aeronáutica *Notice Airman* (NOTAM), que afetem a segurança do tráfego aéreo relativa ao voo realizado (MANUAL DE INVESTIGAÇÃO DO SIPAER, 2017, p.387).

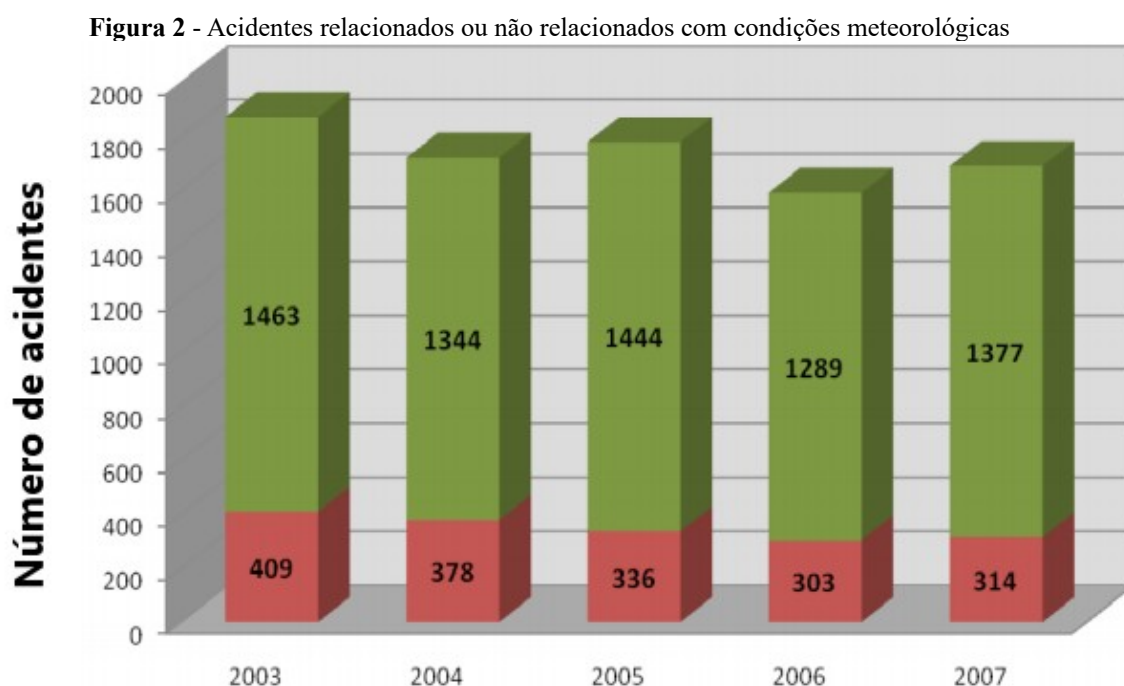
2.4 Influência das Condições Meteorológicas

Um estudo feito pela Administração Federal de Aviação dos Estados Unidos (FAA - *Federal Aviation Administration*) utilizando a base de dados do sistema de Análise e Compartilhamento de Informações de Segurança da Aviação (ASIAS - *Aviation Safety Information Analysis and Sharing*) foi realizado com o intuito de identificar os acidentes aeronáuticos em que tiveram as condições meteorológicas como causa ou fator contribuinte. (ADMINISTRAÇÃO FEDERAL DE AVIAÇÃO, 2010)

Estatísticas de acidentes e tendências mostram que de 2003 a 2007, houve 8.657 acidentes de aviação. As condições do tempo foram causas ou fatores contribuintes em 1.740 desses acidentes. O estudo identificou as seguintes condições meteorológicas como causas ou fatores contribuintes para acidentes relacionados ao clima: vento, visibilidade / teto, altitude de alta densidade, turbulência, congelamento do carburador, corrente de ar ascendente /

descendente, precipitação, gelo, trovoadas, gradiente de vento, elevação térmica, temperaturas extremas e raios. A condição climática mais citada como causa ou fator contribuinte em acidentes foi a eólica, seguido de visibilidade e altitude de alta densidade, respectivamente. (ADMINISTRAÇÃO FEDERAL DE AVIAÇÃO, 2010)

Este estudo sobre acidentes aeronáuticos relacionados com as condições climáticas foi feito com uma base de dados de 2003 à 2007. No total foram 8,657 acidentes envolvendo 8,754 aeronaves (ADMINISTRAÇÃO FEDERAL DE AVIAÇÃO, 2010).



Fonte: CENIPA

A Figura 2 retrata a proporção de acidentes que tiveram as condições climáticas como causa ou fator contribuinte do acidente. Em média, aproximadamente 25% dos acidentes aeronáuticos estão relacionados com o clima. O estudo aponta ainda que existe uma tendência de queda desta proporção.

2.5 Estabelecimento de um Plano de Voo

Um plano de voo, segundo a Instrução do Comando da Aeronáutica de Plano de Voo, é um documento com informações específicas de um voo planejado ou parte de um voo de aeronave, fornecidas aos órgãos que prestam o serviço de tráfego aéreo. Eles podem ser de três tipos:

- Plano de Voo Completo (PVC);
- Plano de Voo Simplificado (PVS);
- Plano de Voo Repetitivo (RPL).

Um Plano de Voo Completo é aquele que possui todas as informações preenchidas conforme o formulário de plano de voo completo (anexo X). Segundo a Instrução de Plano de Voo, as regras específicas para o plano de voo completo são as seguintes:

3.1 APRESENTAÇÃO

3.1.1 A apresentação do PVC deverá ser realizada a qualquer C-AIS ou Sala AIS. Essa apresentação poderá ser realizada pessoalmente, utilizando-se o formulário disposto no Anexo A, ou ainda pelo fornecimento dos dados desse formulário:

- a) pela internet; ou
- b) por telefone ou fac-símile.

3.1.2 A apresentação do PVC por meio de telefone ou fac-símile deverá ser destinada a uma Sala AIS situada na mesma FIR do local de partida ou ao C-AIS de jurisdição.

3.1.3 O PVC deve ser apresentado com, pelo menos:

- a) 45 (quarenta e cinco) minutos antes da EOBT; ou
- b) 30 (trinta) minutos antes da EOBT, se apresentado pela internet.

NOTA: Antecedências diferentes poderão ser aplicadas a determinados aeródromos, a critério do DECEA, com vistas ao gerenciamento do fluxo de tráfego aéreo.

3.1.4 O PVC poderá ser apresentado com, no máximo, 120 (cento e vinte) horas de antecedência da EOBT.

NOTA: Restrições poderão ser aplicadas a determinados aeródromos, a critério do DECEA, com vistas ao gerenciamento do fluxo de tráfego aéreo.

3.1.5 Se o PVC for apresentado com data anterior a de partida do voo, essa data deverá ser inserida no item 18.

3.2 CANCELAMENTO, MODIFICAÇÃO E ATRASO

3.2.1 O Cancelamento relativo ao PVC apresentado poderá ser solicitado enquanto este estiver válido.

3.2.2 Quando, por qualquer motivo, um determinado PVC apresentado for cancelado e substituído por um novo PVC, uma mensagem de cancelamento (CNL), com prioridade DD, deverá ser encaminhada aos órgãos envolvidos, seguida de transmissão da nova mensagem FPL.

NOTA: Esse procedimento tem a finalidade de assegurar que a mensagem CNL seja recebida, pelo menos, simultaneamente com a mensagem FPL substituta.

3.2.3 Modificações e Atrasos relativos ao PVC poderão ser solicitados até 35 (trinta e cinco) minutos além da EOBT.

NOTA 1: Em virtude do tempo necessário para o processamento de uma mensagem de modificação (CHG) ou atraso (DLA), somente será possível fazer uso do Plano de Voo já modificado após decorrido 10 (dez) minutos da apresentação da correspondente Mensagem.

NOTA 2: Exceções poderão ser aplicadas a determinados aeródromos, a critério do DECEA, com vistas ao gerenciamento do fluxo de tráfego aéreo.

3.2.4 Os dados referentes às mensagens CNL, CHG e DLA de um PVC devem ser notificadas por meio do formulário constante do Anexo C, ou ainda fornecidos por telefone, fac-símile ou internet.

3.2.5 As mensagens CNL, CHG ou DLA somente são aplicáveis para alterações em Plano de Voo que ainda não recebeu uma autorização ATC. Assim, caso haja a necessidade de alterar um PVC que já recebeu tal autorização, as modificações posteriores deverão ser submetidas por radiotelefonia diretamente ao órgão ATC responsável pelo voo, mesmo nos casos em que uma alteração de EOBT implique em suspensão da autorização ATC. **(NR) - Portaria nº 46/DGCEA, de 29 MAR 2018**

Um Plano de Voo Simplificado, similarmente ao PVC, é aquele que possui as informações preenchidas conforme o formulário de plano de voo simplificado (anexo Y). Segundo a Instrução de Plano de Voo, as regras específicas para o plano de voo simplificado são as seguintes:

5.1 CRITÉRIO DE APLICAÇÃO

O Plano de Voo Simplificado se aplica ao voo VFR a ser realizado inteiramente em ATZ, CTR, TMA, FIZ ou, na inexistência desses espaços aéreos, em um raio de 50 km (27 NM) do aeródromo de partida.

5.2 APRESENTAÇÃO

5.2.1 A apresentação do PVS deverá ser realizada ao C-AIS de jurisdição ou, se houver, à Sala AIS que atende ao aeródromo de partida. Essa apresentação poderá ser feita pessoalmente, por meio do formulário disposto no Anexo B, ou ainda pelo fornecimento dos dados desse formulário:

- a) pela internet;
- b) por telefone, fac-símile; ou
- c) por radiotelefonia no solo, ao órgão ATS do aeródromo de partida, somente onde tal meio de transmissão seja explicitamente permitido, conforme divulgado nas publicações aeronáuticas.

NOTA: A Sala AIS que atende ao aeródromo de partida corresponde à Sala AIS localizada no aeródromo de partida ou, caso haja regulamentação ou acordo operacional específico, àquela que se encarrega do recebimento dos PVS de outro aeródromo.

5.2.2 O PVS deverá ser apresentado com, pelo menos, 10 (dez) minutos antes da EOBT.

NOTA: Antecedências diferentes poderão ser aplicadas a determinados aeródromos, a critério do DECEA, com vistas ao gerenciamento do fluxo de tráfego aéreo.

5.2.3 O Plano de Voo Simplificado somente poderá ser apresentado na mesma data da realização do voo.

5.3 CANCELAMENTO, MODIFICAÇÃO E ATRASO

5.3.1 As mensagens CNL, CHG e DLA relativas ao PVS deverão ser apresentadas até 35 (trinta e cinco) minutos além da EOBT.

NOTA 1: Em virtude do tempo necessário para o processamento de uma mensagem de modificação (CHG) ou atraso (DLA), somente será possível fazer uso do Plano de Voo já modificado após decorrido 10 (dez) minutos da apresentação da correspondente Mensagem.

NOTA 2: Exceções poderão ser aplicadas a determinados aeródromos, a critério do DECEA, com vistas ao gerenciamento do fluxo de tráfego aéreo.

5.3.2 Os dados referentes às mensagens CNL, CHG e DLA de um PVS deverão ser notificados ao C-AIS de jurisdição ou, se houver, à Sala AIS do aeródromo de partida. Essa notificação poderá ser feita pessoalmente, por meio do formulário constante do Anexo C, ou ainda por meio de telefone, fac-símile ou internet.

5.3.3 As mensagens CNL, CHG ou DLA somente são aplicáveis para alterações em Plano de Voo que ainda não recebeu uma autorização ATC. Assim, caso haja a necessidade de alterar um PVS que já recebeu tal autorização, as modificações deverão ser submetidas por radiotelefonia diretamente ao órgão ATC responsável pelo voo.

Os Planos de Voo Repetitivos (RPL) são planos de voo que ocorrem frequentemente e regularmente operados, possuindo características básicas idênticas. Este plano (anexo Z) é retido e utilizado repetidamente pelos órgãos AIS/ATS. Segundo a Instrução de Plano de Voo, as regras específicas para o plano de voo repetitivo são as seguintes:

4.1 CRITÉRIOS DE APLICAÇÃO

4.1.1 Os RPL devem ser usados somente para voos IFR, ou com trechos IFR, operados regularmente no(s) mesmo(s) dia(s) de semanas consecutivas, com pelo menos dez frequências (repetições) ou todos os dias em um período de pelo menos dez dias consecutivos. **(NR) - Portaria nº 46/DGCEA, de 29 MAR 2018**

4.1.2 É compulsória a apresentação do RPL, disposto no Anexo D, para voos sujeitos ao registro dos serviços de transporte aéreo que se enquadrem nos requisitos contidos nos itens 4.1.1. e 4.1.3. **(NR) - Portaria nº 46/DGCEA, de 29 MAR 2018**

NOTA: As regras que estabelecem o processo de registro dos serviços de transporte aéreo estão dispostas em regulamentação específica da ANAC (Resolução nº 440). **(NR) - Portaria nº 46/DGCEA, de 29 MAR 2018**

4.1.3 Considera-se requisito básico para aplicação que os dados dos RPL tenham um alto grau de estabilidade, de modo que as mudanças, que porventura ocorram, possam ser facilmente executadas.

4.1.4 A aplicação de RPL para voos internacionais exige o estabelecimento de acordos bilaterais ou multilaterais entre os Estados interessados. **(NR) - Portaria nº 46/DGCEA, de 29 MAR 2018**

4.2 APRESENTAÇÃO

4.2.1 O RPL deverá ser apresentado ao CGNA, utilizando a internet, bem como, alternativamente, por meio de remessa via FAX ou, ainda, apresentado pessoalmente, por meio de formulário impresso (RPL), em duas vias, ao seguinte endereço:

<p>CGNA</p> <p>CENTRAL DE PLANOS DE VOO REPETITIVOS PRAÇA SENADOR SALGADO FILHO, S/N – 4º ANDAR – CENTRO – RIO DE JANEIRO – RJ – BRASIL</p> <p>CEP 20021-340</p>
--

NOTA: Informações adicionais sobre a remessa do RPL ao CGNA por meio de formulário eletrônico, utilizando a internet, poderão ser obtidas mediante contato no seguinte endereço eletrônico: cpvr@cgna.gov.br.

4.2.2 Os formulários de RPL apresentados entrarão em vigor, nos ACC envolvidos, a partir da data especificada no campo I do formulário e permanecerão em vigor até a data especificada no campo J, a menos que sejam cancelados por solicitação do explorador.

4.2.3 Quando da apresentação das listagens de RPL, o explorador ou seu representante credenciado deverá indicar o local onde as seguintes informações poderão ser obtidas, imediatamente, caso solicitado:

- a) aeródromos de alternativa;
- b) autonomia de voo;
- c) número total de pessoas a bordo; e
- d) equipamentos de emergência.

4.3 PROCESSAMENTO

4.3.1 Os RPL serão processados pelo CGNA, que distribuirá as correspondentes listagens aos ACC envolvidos e emitirá relatório de erros para as empresas usuárias do sistema.

4.3.2 Os ACC devem informar ao CGNA, mediante mensagem eletrônica ou, alternativamente, por meio de mensagem FAX, o recebimento de novas listagens, bem como indicar as incorreções, caso haja, que comprometam as autorizações de qualquer RPL.

4.4 ANTECEDÊNCIA DA APRESENTAÇÃO

As empresas deverão apresentar ao CGNA as correspondentes propostas de RPL, que deverão vigorar em cada um dos períodos especificados em 4.5, com antecedência mínima de 10 (dez) dias do início de cada período.

4.5 VIGÊNCIA DA LISTAGEM DE RPL

As propostas de RPL, após processadas e aceitas pelo CGNA, serão incluídas em uma listagem, atualizada 3 (três) ou 4 (quatro) vezes ao mês, para remessa aos órgãos envolvidos, com os seguintes períodos de vigência:

- a) 10 (dez) dias para a listagem antecedente à entrada em vigor da emenda AIRAC; e
- b) 9 (nove) dias para a listagem coincidente com a entrada em vigor da emenda AIRAC e para a listagem seguinte.

4.6 CANCELAMENTO, MODIFICAÇÃO E ATRASO

4.6.1 As mensagens de modificação, atraso e cancelamento de um voo de uma série prevista em Plano de Voo Repetitivo deverão ser apresentadas até 35 (trinta e cinco) minutos além da EOBT.

NOTA: Exceções poderão ser aplicadas a determinados aeródromos, a critério do DECEA, com vistas ao gerenciamento do fluxo de tráfego aéreo.

4.6.2 As mensagens CNL, CHG ou DLA somente são aplicáveis para alterações em Plano de Voo que ainda não recebeu uma autorização ATC. Assim, caso haja a necessidade de alterar um RPL que já recebeu tal autorização, as modificações deverão ser submetidas por radiotelefonia diretamente ao órgão ATC responsável pelo voo. **(NR) - Portaria nº 46/DGCEA, de 29 MAR 2018**

4.7 MODIFICAÇÕES PERMANENTES

As modificações permanentes, que impliquem a inclusão de novos voos, cancelamento ou modificação dos voos que figuram nas listas de RPL, deverão ser apresentadas sob forma de novos planos de voo, observando a mesma antecedência prevista em 4.4.

4.3 PROCESSAMENTO

4.3.1 Os RPL serão processados pelo CGNA, que distribuirá as correspondentes listagens aos ACC envolvidos e emitirá relatório de erros para as empresas usuárias do sistema.

4.3.2 Os ACC devem informar ao CGNA, mediante mensagem eletrônica ou, alternativamente, por meio de mensagem FAX, o recebimento de novas listagens, bem como indicar as incorreções, caso haja, que comprometam as autorizações de qualquer RPL.

4.4 ANTECEDÊNCIA DA APRESENTAÇÃO

As empresas deverão apresentar ao CGNA as correspondentes propostas de RPL, que deverão vigorar em cada um dos períodos

especificados em 4.5, com antecedência mínima de 10 (dez) dias do início de cada período.

4.5 VIGÊNCIA DA LISTAGEM DE RPL

As propostas de RPL, após processadas e aceitas pelo CGNA, serão incluídas em uma listagem, atualizada 3 (três) ou 4 (quatro) vezes ao mês, para remessa aos órgãos envolvidos, com os seguintes períodos de vigência:

a) 10 (dez) dias para a listagem antecedente à entrada em vigor da emenda AIRAC; e

b) 9 (nove) dias para a listagem coincidente com a entrada em vigor da emenda AIRAC e para a listagem seguinte.

4.6 CANCELAMENTO, MODIFICAÇÃO E ATRASO

4.6.1 As mensagens de modificação, atraso e cancelamento de um voo de uma série prevista em Plano de Voo Repetitivo deverão ser apresentadas até 35 (trinta e cinco) minutos além da EOBT.

NOTA: Exceções poderão ser aplicadas a determinados aeródromos, a critério do DECEA, com vistas ao gerenciamento do fluxo de tráfego aéreo.

4.6.2 As mensagens CNL, CHG ou DLA somente são aplicáveis para alterações em Plano de Voo que ainda não recebeu uma autorização ATC. Assim, caso haja a necessidade de alterar um RPL que já recebeu tal autorização, as modificações deverão ser submetidas por radiotelefonia diretamente ao órgão ATC responsável pelo voo. **(NR) - Portaria nº 46/DGCEA, de 29 MAR 2018**

4.7 MODIFICAÇÕES PERMANENTES

As modificações permanentes, que impliquem a inclusão de novos voos, cancelamento ou modificação dos voos que figuram nas listas de RPL, deverão ser apresentadas sob forma de novos planos de voo, observando a mesma antecedência prevista em 4.4.

Os Planos de Voo devem ser preenchidos e assinados, somente, pelo piloto de aeronave ou despachante operacional de voo, de forma pessoal, ou por meio de telefone ou fac-símile. Contudo, o plano de voo repetitivo (RPL) deve ser preenchido e assinado por representante credenciado pelo explorador. Este representante é o responsável por toda a remessa de RPL da empresa ao CGNA.

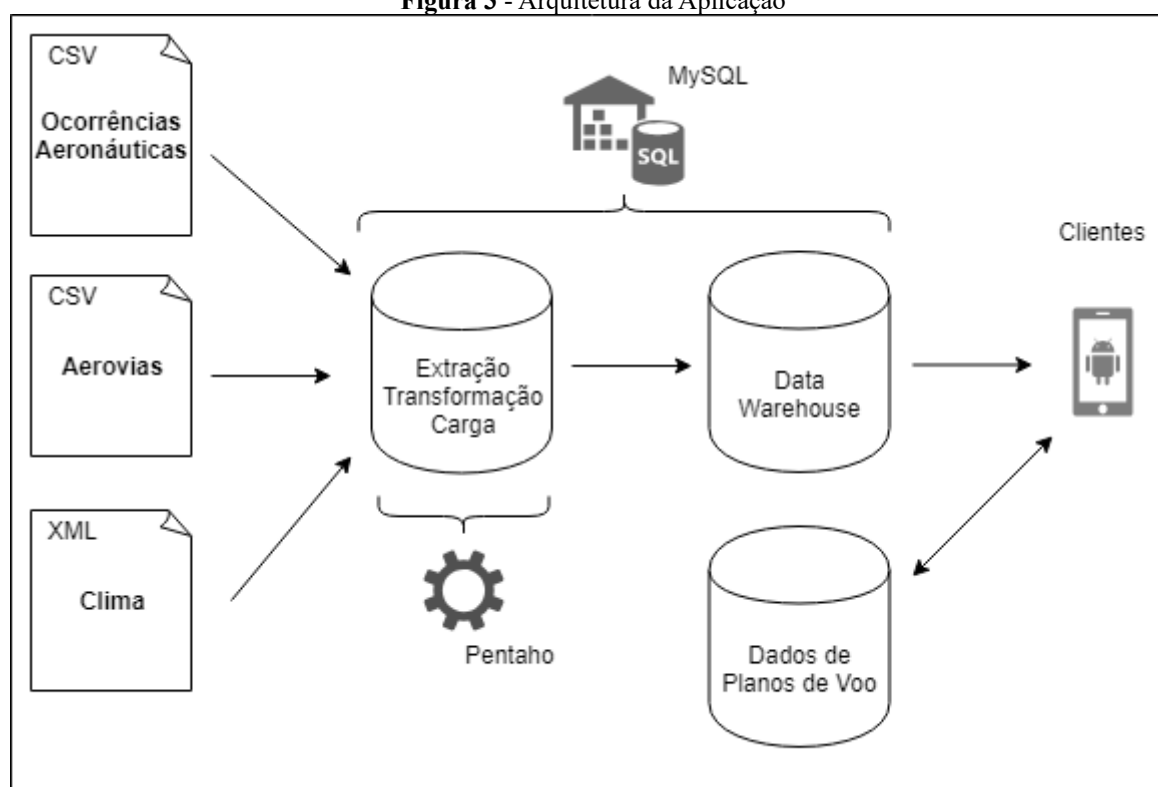
3 Modelagem e Arquitetura

Nesta seção será descrito a arquitetura da aplicação, análises, metodologias e modelagens dimensionais.

3.1 Arquitetura da Aplicação

A Figura 3 mostra a arquitetura da aplicação. Os dados de Ocorrências Aeronáuticas e Aerovias são disponíveis no formato csv. Os dados de Clima são disponíveis pela API do INMET e estão no formato csv. O formato csv é um formato de texto comumente utilizado para salvar tabelas. Cada campo de uma tabela é delimitado por uma vírgula ou outro caracter.

Figura 3 - Arquitetura da Aplicação



Fonte: Elaborado pelos Autores

Os dados de Clima serão extraídos por meio de um *Script* escrito em Python para consumo da API. O Pentaho (2018) é uma ferramenta de ETL, e será utilizado para extrair os dados de Ocorrências Aeronáuticas e Aerovias. O Pentaho (2018) também será utilizado para fazer a limpeza dos dados.

O banco de dados utilizado será o MySQL (2018) tanto para dados do *Data Warehouse* quando para dados de Planos de Voo. O banco de dados será dividido em *Stage Area*, *Working Area* e o *Data Warehouse* propriamente dito. Na *Stage Area* será carregados os dados brutos vindos diretamente da fonte. Na *Working Area* será feito o tratamento dos dados vindos da *Stage Area*. No *Date warehouse* será carregado as estruturas multidimensionais fatos e dimensões já tratadas.

Os clientes da aplicação serão executados em sistemas Android e estes poderão fazer consultas ao *Data Warehouse*, e leitura e escrita no banco de dados de Planos de Voo.

3.2 Análise e Modelagem UML

Nesta seção será mostrado a análise do desenvolvimento do projeto e os casos de uso.

3.2.1 Metodologia Scrum

Nesta é explicado de forma resumida a metodologia Scrum e como foi aplicado esta metodologia no trabalho.

O Scrum acelera todos os empreendimentos humanos. Não importa o tipo de projeto ou de problema, o Scrum pode ser usado em qualquer empreendimento, para aprimorar desempenho e resultados (SUTHERLAND, 2014).

A implementação do Scrum começa com a definição de um Dono do Produto, responsável do que será feito levando em consideração os riscos e benefícios. Em seguida é

definido uma equipe, entre três e nove pessoas, que trabalharão no projeto. É definido também o Mestre Scrum que irá orientar a equipe em relação à estrutura do Scrum (SUTHERLAND, 2014).

Cria-se uma lista de Pendências do Produto, onde é detalhado tudo que precisa ser feito para a concretização do produto. Esta lista pode ser editada durante o desenvolvimento do projeto. É necessário que as pessoas façam estimativas de quanto de esforço será exigido em determinada tarefa (SUTHERLAND, 2014).

O Planejamento do *Sprint* é a reunião inicial onde a equipe, o Mestre Scrum e o Dono do Produto se reúnem para definir as tarefas que serão realizadas no *Sprint*. A maioria dos *Sprints* tem duração de uma ou duas semanas. A equipe escolhe na lista de Pendências as tarefas que irão se comprometer a realizar durante o *Sprint*. O ideal é que se escolha uma quantidade de tarefas que se totalizam em quantidade de esforço do *Sprint* anterior. O Mestre Scrum e a equipe devem aumentar o número de pontos de esforço a cada *Sprint* (SUTHERLAND, 2014).

Reuniões Diárias não devem levar mais do que 15 minutos e nelas deve ser discutido o que foi feito no dia anterior, o que será feito no dia atual e se existe algum obstáculo impedindo a equipe ou determinado integrante desta para alcançar o objetivo do *Sprint* (SUTHERLAND, 2014).

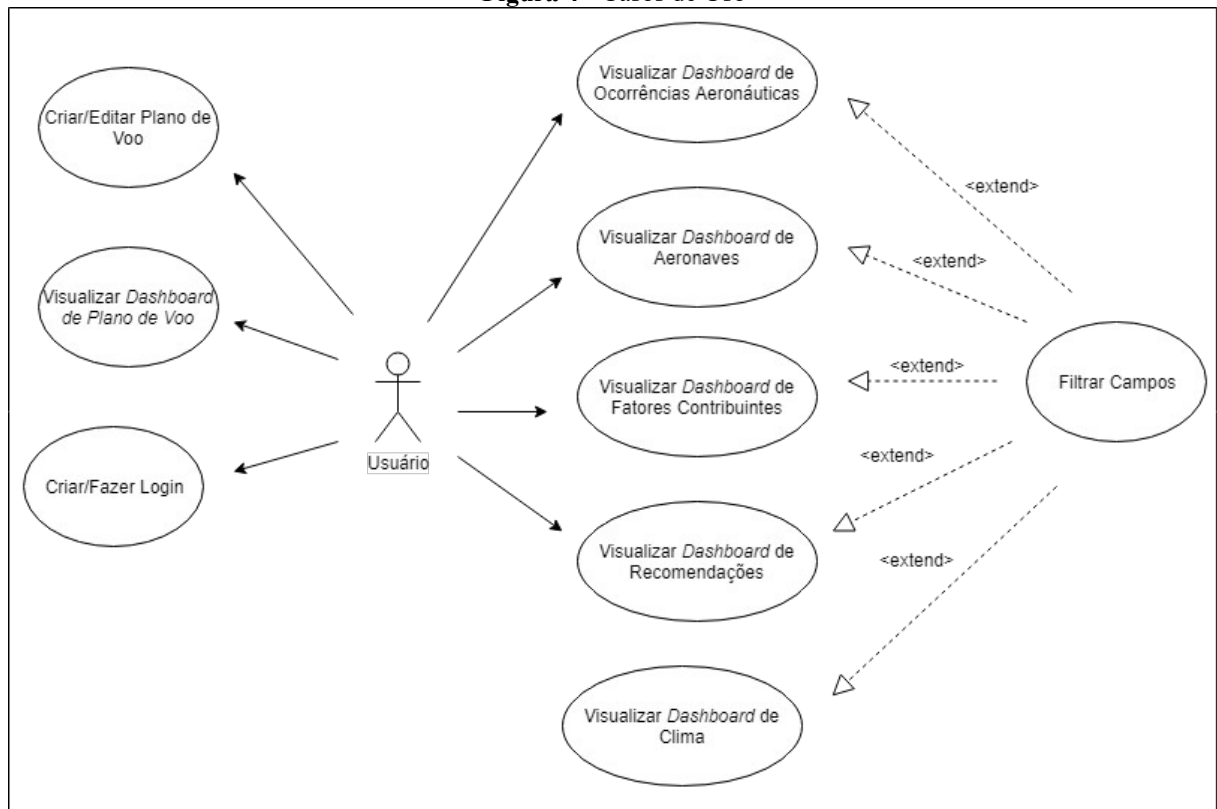
A Revisão do *Sprint* é uma reunião para mostrar tudo que foi feito na *Sprint*. Dono do Produto, Mestre Scrum, a própria equipe e demais stakeholders podem participar desta reunião. Após esta reunião é feito uma Retrospectiva do *Sprint* onde é discutido o que deu certo, o que poderia ter sido melhor e o que podem melhorar no próximo *Sprint*. Em seguida, no próximo dia é iniciado o próximo *Sprint* com a reunião de Planejamento (SUTHERLAND, 2014)

Neste trabalho de conclusão de curso, o orientador é o responsável do que será feito no projeto e fará o papel de Dono de Produto e Mestre Scrum. Inicialmente criou-se uma lista de tarefas a serem feitas como entrevistas com profissionais da área, estabelecimento das funcionalidades e tecnologias que serão utilizadas para o projeto. Reuniões são feitas geralmente a cada uma semana, porém algumas foram feitas em duas semanas. Nessas reuniões é definido o planejamento das tarefas a serem realizadas, além de uma revisão do *Sprint* passado. Reuniões entre os formandos são realizadas duas vezes por semana em média

3.2.2 Requisitos e Projeto Utilizando UML

A figura abaixo mostra o diagrama de casos de uso da aplicação.

Figura 4 - Casos de Uso



Fonte: Elaborado pelos Autores

Nesta aplicação haverá apenas um ator. Este ator deverá fazer login na aplicação ou criará um novo cadastro caso ainda não tenha. Ao acessar o aplicativo o usuário terá um menu lateral onde ele poderá ver telas com *dashboards* separados por assunto.

A tela de ocorrências aeronáuticas trará informações sobre ocorrências aeronáuticas tais como local, tempo, tipo de ocorrência, categoria da ocorrência e classificação de ocorrências.

A tela de Aeronaves trará informações específicas das ocorrências relacionadas com aeronaves tais como características da aeronave, tipo de dano, local, trajeto, tipo de operação, entre outros.

A tela de fatores contribuintes trará dados relacionados com os fatores contribuintes como nome do fator, aspecto, fatores condicionantes e área.

A tela de recomendações mostrará gráficos relacionados com as recomendações das ocorrências aeronáuticas como status e destinatário.

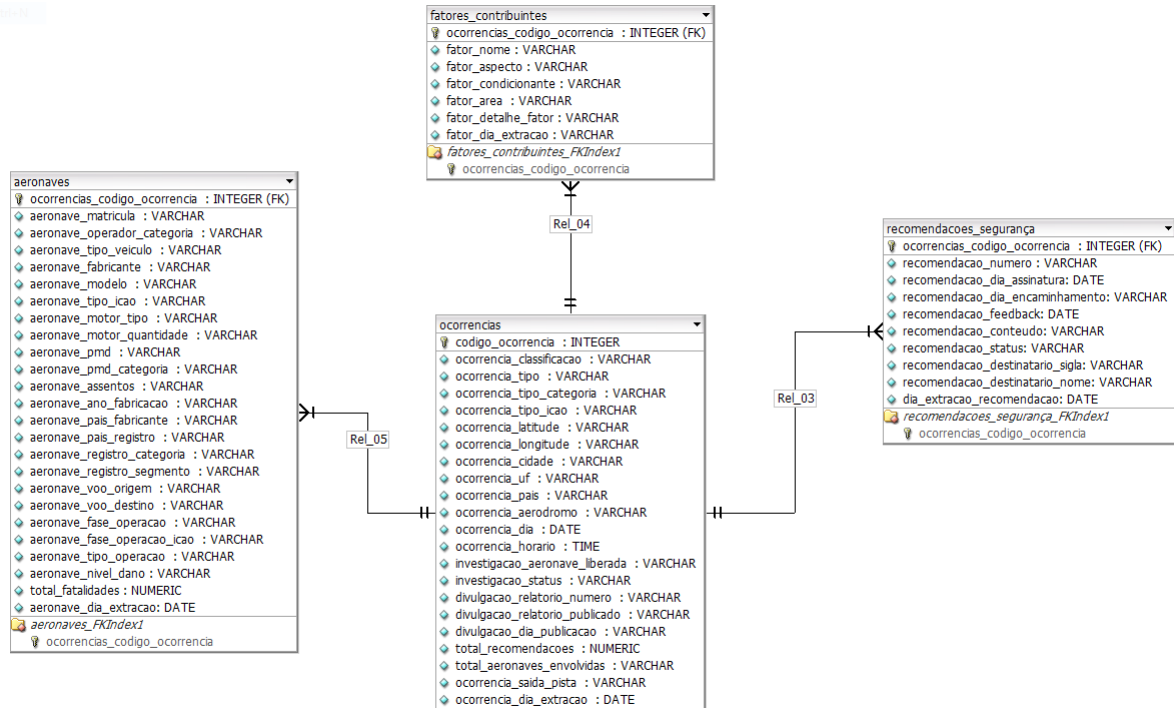
A tela de clima mostrará dados de ocorrências relacionados com os dados meteorológicos advindos do INMET.

3.3 Modelagem e Implementação dos Dados

Nesta seção será mostrado a modelagem dos dados de origem obtidos pelas diferentes fontes e a modelagem das tabelas fatos e dimensões que servirão para consultas pela aplicação.

3.3.1 Modelagem de Dados de Ocorrências Aeronáuticas

Figura 5 - Modelo lógico do banco de dados de ocorrências aeronáuticas





















Fonte: Elaborado pelos Autores

Na Figura 5 é mostrado o modelo de dados de ocorrências aeronáuticas disponível pelo CENIPA no Portal Brasileiro de Dados Aberto.

3.3.2 Modelo de Dados Clima/Tempo

A figura a seguir descreve o modelo de dados de clima que são obtidos pela a API do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).















Figura 6 - Modelo de Dados de Clima

Clima	
	cod_estacao: INTEGER
	date: DATE
	hora: DATE
	precipitacao: NUMERIC
	temp_bulbo_seco: NUMERIC
	temp_bulbo_umido: NUMERIC
	temp_max: NUMERIC
	temp_min: NUMERIC
	umidade_relativa: NUMERIC
	pressaoatm_estacao: NUMERIC
	pressaoatm_mar: NUMERIC
	direcao_vento: NUMERIC
	velocidade_vento_insolacao: NUMERIC
	nebulosidade: NUMERIC
	evaporacao_piche: NUMERIC
	temp_comp_media: NUMERIC
	umidade_relativa_media: NUMERIC
	velocidade_vento_media: NUMERIC

Fonte: Elaborado pelos Autores

3.3.3 Modelo de Dados de Aerovias

Figura 7 - Modelo de Dados de Aerovia

Aerovias	
	codigo: INTEGER
	FID: VARCHAR
	data_efetivacao: DATE
	nivel: VARCHAR
	upperlimit: INTEGER
	uom_ulimit: VARCHAR
	lowerlimit: INTEGER
	uom_llimit: INTEGER
	rumo_verda: INTEGER
	rumo_mag: INTEGER
	c_rumo_ver: INTEGER
	c_rumo_mag: INTEGER
	aerovia: VARCHAR
	geom: MULTILINESTRING

Fonte: Elaborado pelos Autores

A figura a seguir descreve o modelo de dados de aerovias obtidos pelo visualizador da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE).

3.3.4 Modelo de Dados Plano de Voo

O modelo de dados de plano de voo será baseado no modelo do formulário de plano de voo completo e do simplificado. Será feita uma transcrição, pegando os modelos físico e tornado-os virtuais, para o preenchimento.

Figura 8 - Modelo de Dados de Planos de Voos Simplificado e Completo

Plano_voo_completo	plano_voo_simplificado
cod_plano_voo_compl: INTEGER	cod_plano_voo_simplificado: INTEGER
identificacao_da_aeronave: VARCHAR	numero: INTEGER
regras_de_voo: VARCHAR	tipo_de_aeronave: VARCHAR
tipo_de_voo: VARCHAR	cat_da_esteira_de_turbulencia: VARCHAR
numero: VARCHAR	equipamento_e_capacidade: VARCHAR
tipo_de_aeronave: VARCHAR	aerodromo_de_partida: VARCHAR
cat_da_esteira_de_turbulencia: VARCHAR	hora: DATE
equipamento_e_capacidade: VARCHAR	velocidade_de_cruzeiro: VARCHAR
aerodromo_de_partida: VARCHAR	nivel: VARCHAR
hora: DATE	rota: VARCHAR
velocidade_de_cruzeiro: NUMERIC	aerodromo_destino: VARCHAR
nivel: VARCHAR	eet_total: VARCHAR
rota: VARCHAR	aerodromo_alt: VARCHAR
aerodromo_destino: VARCHAR	outros_dados: VARCHAR
eet_total: VARCHAR	autonomia: VARCHAR
aerodromo_alt: VARCHAR	peessoas_a_bordo: VARCHAR
segundo_aerodromo_alt: VARCHAR	cor_e_marcas_da_aeronave: VARCHAR
outros_dados: VARCHAR	piloto_em_comando: VARCHAR
autonomia: VARCHAR	
peessoas_a_bordo: INTEGER	
equipamento_radio_de_emergencia: VARCHAR	
equipamento_de_sobrevivencia: VARCHAR	
coletes: INTEGER	
botes: INTEGER	
abrigo: VARCHAR	
cor_e_marcas_da_aeronave: VARCHAR	
observacoes: TEXT	
piloto_em_comando: VARCHAR	

Fonte: Elaborado pelos Autores

3.3.5 Modelagem Multidimensional e Cruzamento de Dados

A modelagem multidimensional é amplamente aceita como a técnica preferida de consultores, organizações de TI e usuários de negócios por apresentarem dados que abordam dois requisitos: entrega de dados que são compreensíveis para usuários, desempenho de consulta rápido. (KIMBALL; ROSS, 2013)

Embora um modelo dimensional possa ser aplicado em sistemas de gerenciamento de dados relacionais, esse é um pouco diferente de modelos na terceira fórmula normal. Ambos os modelos, modelagem multidimensional e terceira fórmula normal, podem ser descritos em um diagrama de entidade-relacionamento. A diferença entre estes dois modelos é o grau de normalização. O modelo normalizado contém a mesma informação do modelo dimensional, porém neste último o formato dos dados provêm compreensibilidade, melhor desempenho de consultas e resiliência à mudança. (KIMBALL; ROSS, 2013)

O modelo multidimensional é referido como esquema estrela por sua semelhança em uma estrutura de estrela. Dois componentes chaves desse esquema são as tabelas fatos e dimensões. (KIMBALL; ROSS, 2013)

A tabela fato implementa as medidas resultadas de processos internos dentro de uma organização. Cada linha em uma tabela fato representa um nível específico de detalhamento, referido como grão. As tabelas fatos mais úteis são tabelas numéricas e aditivas, como por exemplo o total de vendas em reais. Na maioria dos campos textuais representam a descrição de alguma coisa e o analista deve fazer todo esforço para colocar campos textuais nas tabelas dimensões, e não nas tabelas fatos. Todas as tabelas fatos contém duas ou mais chaves estrangeiras, que formam sua chave primária, que se conectam com as chaves primárias das tabelas dimensões. (KIMBALL; ROSS, 2013)

As tabelas dimensões contém elementos textuais que estão associados a eventos. Eles descrevem quem, o que, onde, quando, como e por que associados a um evento. As tabelas dimensões tendem a ter menos linha e mais colunas do que as tabelas fatos. Os atributos da dimensões são a origem das restrições e rótulos de um relatório, e em alguns casos é aconselhado que esses atributos consistam de palavras reais ao invés de abreviações. Mesmo que os usuários estejam acostumados com os códigos e abreviaturas, palavras reais dispensam a necessidade de anexar notas em relatórios ou monitores. (KIMBALL; ROSS, 2013)

Abaixo é mostrado a modelagem de quatro tabelas fatos e suas respectivas dimensões as quais estão associadas.

A tabela de fatores contribuintes está relacionada com as dimensões sobre aspecto, nome, área e fator condicionante. Fatores contribuintes são:

Ação, omissão, evento, condição ou a combinação destes, que se eliminados, evitados ou ausentes, poderiam ter reduzido a probabilidade de uma ocorrência aeronáutica, ou mitigado a severidade das consequências da ocorrência aeronáutica. (MANUAL DE INVESTIGAÇÃO DO SIPAER, 2017, p.381)

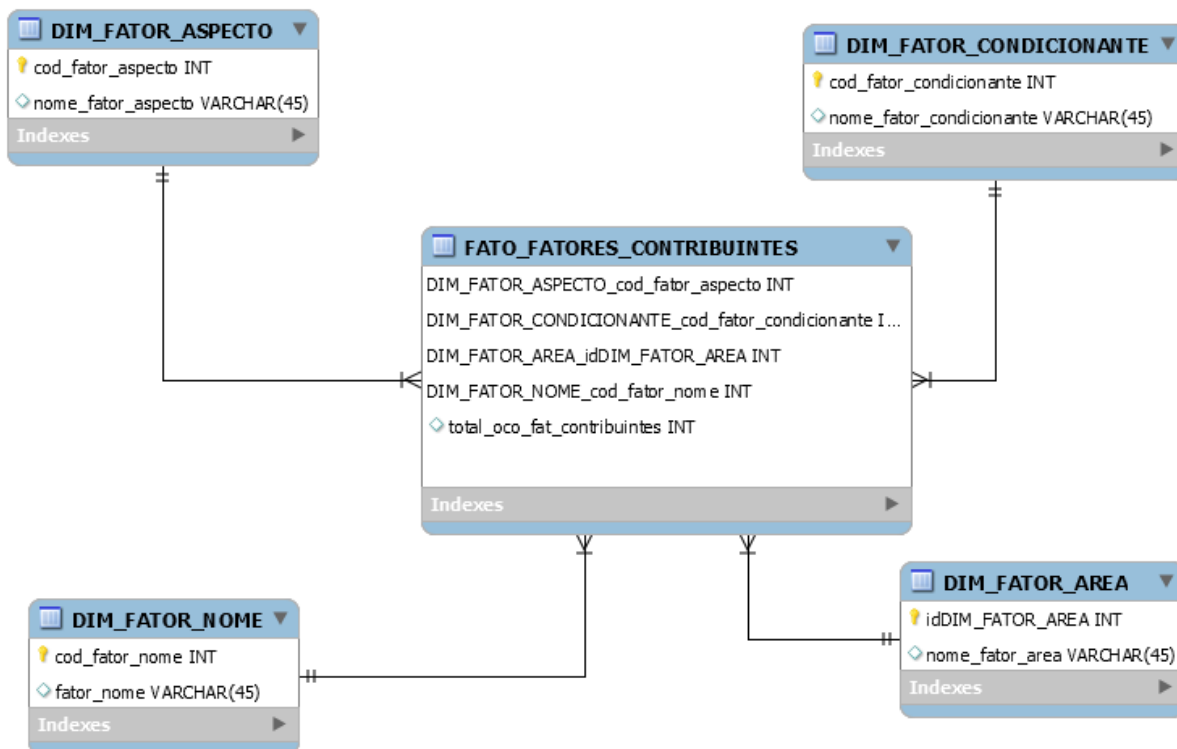
Estes fatores podem ser divididos em: fator humano, fator material e fator operacional.

A área de investigação dos fatores humanos são conduzidos por profissionais do CENIPA. São investigados questões relacionadas à fisiologia do indivíduo como “carga de trabalho, necropsia, presença de álcool e drogas, incapacidade física, deficiência de desempenho por fadiga, medicamentos e outros ” (MANUAL DE INVESTIGAÇÃO DO SIPAER, 2017, p.34).

Em relação aos fatores materiais, são relacionados informações do “projeto da aeronave, fabricação e manuseio do material por meio da realização de exames de partes da aeronave, em oficina ou laboratório” (MANUAL DE INVESTIGAÇÃO DO SIPAER, 2017, p.35).

Os fatores operacionais buscam averiguar “desempenho técnico do ser humano, à infraestrutura aeroportuária, à infraestrutura de tráfego aéreo e demais elementos relacionados ao ambiente operacional”(MANUAL DE INVESTIGAÇÃO DO SIPAER, 2017, p.35) .

Figura 9 - Tabela Fato Fatores Contribuintes



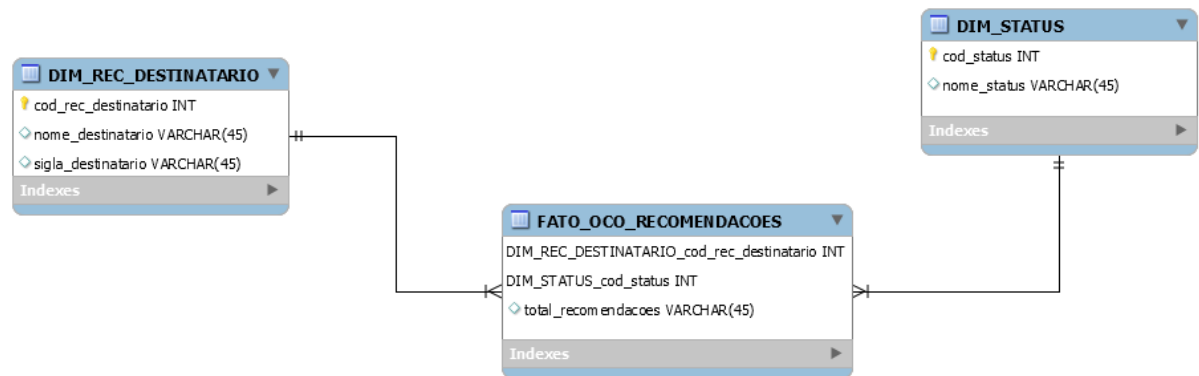
Fonte: Elaborado pelos Autores

A tabela fato de recomendações de ocorrências mostrada na Figura 10, se relaciona com as dimensões de status das recomendações (DIM_STATUS) e destinatário (DIM_REC_DESTINATARIO). Segundo o Manual de Investigação do SIPAER:

A Recomendação de Segurança (RS) é o instrumento que irá sugerir, de forma clara, objetiva e precisa, ações para a eliminação ou mitigação de perigos decorrentes de uma condição insegura.

Recomendações apropriadas são o fechamento de uma investigação e contribuem, em conjunto com o estudo de acidentes similares, para se alcançar uma prevenção eficaz. (MANUAL DE INVESTIGAÇÃO DO SIPAER, 2017, p.284)

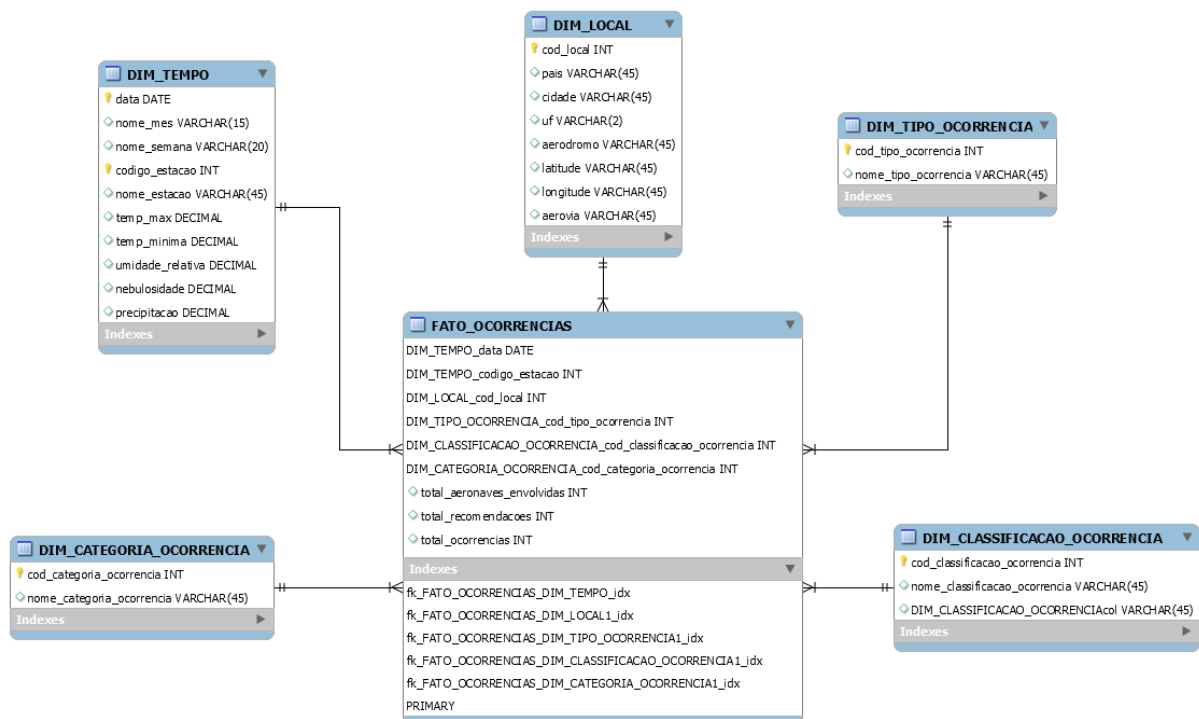
Figura 10 - Tabela Fato Recomendações



Fonte: Elaborado pelos Autores

A tabela fato de ocorrências se relaciona com cinco dimensões: local, tipo de ocorrência, tempo, categoria e classificação. Na dimensão local pode-se destacar os atributos de latitude e longitude que serão utilizados para cruzamento de dados com aerovias.

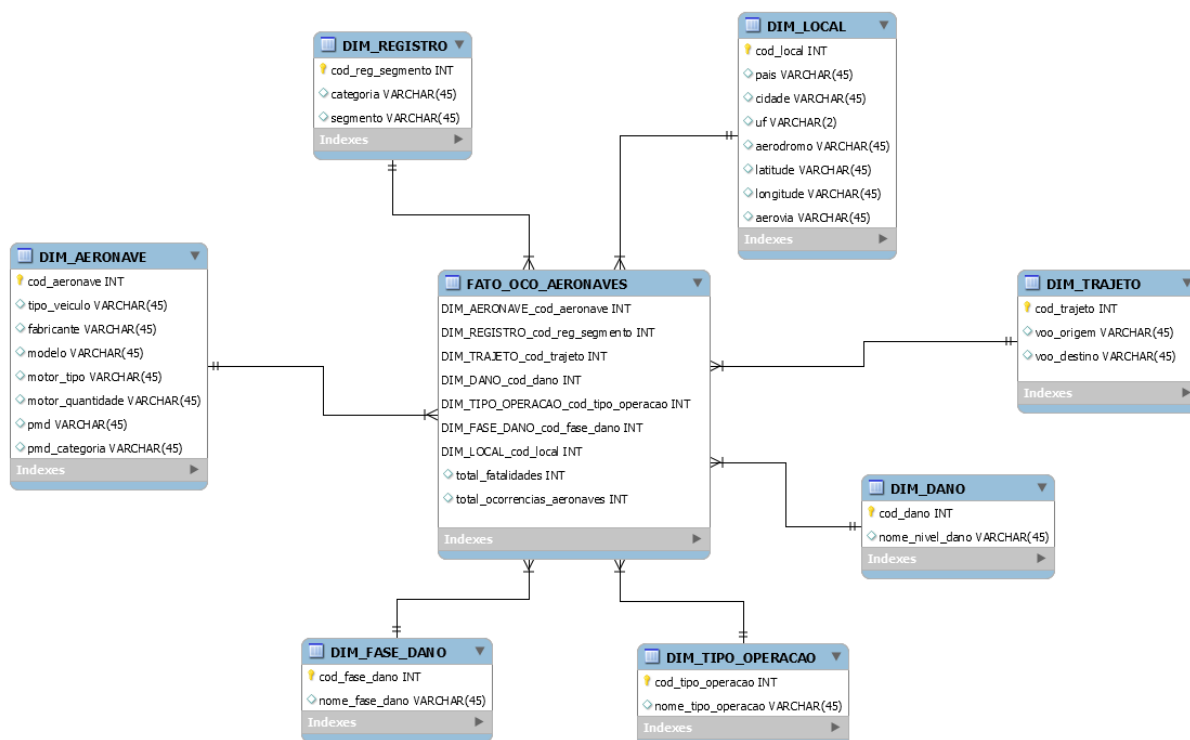
Figura 11 - Tabela Fato Ocorrências



Fonte: Elaborado pelos Autores

A figura a seguir descreve a modelagem da tabela fato aeronaves. Esta tabela fato se relaciona com as dimensões de local, trajeto, dano, tipo de operação, fase dano, aeronave e registro. A tabela dimensão de aeronave contém diversos atributos das aeronaves como modelo, tipo do motor, fabricante, entre outros. Esta tabela fato permite visualizar, por exemplo, o total de ocorrências de aeronaves de um determinado modelo e uma determinada cidade.

Figura 12 - Tabela Fato Aeronaves



Fonte: Elaborado pelos Autores

4 Tecnologias Adotadas

Nesta seção será mostrado as tecnologias e ferramentas que serão utilizadas neste trabalho.

4.1 Pentaho Community Edition

Pentaho (2018) é uma ferramenta de *software* aberto de *Business Inteligent* (BI) desenvolvido em Java. A versão *Community Edition* é liberada para download de forma gratuita. Entre os módulos desta ferramenta, pode-se destacar: *BI Server*, *Reporter Designer*, *Design Studio*, *Aggregation Designer*, *Metadata Editor*, *Pentaho Data Integration*, *Pentaho Schema Workbench* (PENTAHO).

BI Server permite a criação de relatórios on-line, via *web browser*, e o *On line Analytical Processing* (OLAP). Este módulo possui os serviços de *console* e administração de usuário. *Reporter Designer* é uma ferramenta para criação de relatórios complexos por possuir recursos de geração de relatórios *ad hoc*. *Designer Studio* é um ambiente de desenvolvimento de soluções de BI. *Aggregation Designer* é uma ferramenta gráfica para melhorar a eficiência de tabelas agregadas. *Metadata Editor* é um módulo para mapeamento de banco de dados em uma visão de negócios em que usuários poderão criar relatórios via *web browser*. *Pentaho data Integration* é uma ferramenta ETL que permite acessar diferentes fontes de dados, minerar e gerar relatórios OLAP. *Pentaho Schema Workbench* é um módulo para criação de esquemas de *Relational On Line Analytical Processing* (ROLAP) necessários para criação de cubos (PENTAHO).

4.1 MySQL

O MySQL (2018) é um sistema de gerenciamento de banco de dados de *software* aberto desenvolvida em linguagens C e C++. Este *software* é distribuído sob a Licença Pública Geral que permite a utilização para qualquer finalidade, a livre distribuição entre pessoas, que seu código fonte seja estudado e possibilita que seu código fonte seja modificado para evolução da ferramenta (DEVMEDIA, 2013).

Este sistema utiliza a linguagem de consulta estruturada conhecida como SQL para consulta no banco de dados, que é a linguagem padrão em bancos relacionais. Porém possui módulos de interface para diferentes linguagens como Delphi, Java, Python, PHP, ASP, Ruby (DEVMEDIA, 2013).

Em relação ao armazenamento o MySQL (2018) disponibiliza diversos tipos de tabelas e dados, e a escolha de cada tipo dependerá das prioridades da aplicação: velocidade ou volume de dados. Um *script* SQL poderá conter até 61 milhões de tabelas joins e a quantidade de volume máximo para armazenamento depende apenas da plataforma em que está sendo manipulada. (DEV MEDIA, 2013).

4.2 Android Studio

O Android Studio é o ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) oficial para desenvolver aplicativos no sistema Android. Esta ferramenta foi desenvolvida pela empresa Google e é disponibilizada de forma gratuita pela licença Apache 2.0. (Conheça o Android Studio, 2018)

A ferramenta possui diversos recursos que aumenta a produtividade como integração automática com o firebase, disponibilizando códigos de exemplos que poderão ser copiados e adaptados para o contexto do projeto. Possui integração com sistemas de controle de versão como o Git, GitHub e Mercurial, facilitando em alguns cliques as ações de *commits*, *pushes* e *pulls*.

Em relação a interface com o usuário, destaca-se a criação de telas que pode ser feito intuitiva por uma janela de interface com o usuário permitindo mudar a posição de objetos de tela com o *mouse*. O emulador presente nesta ferramenta permite a simulação da aplicação em diversos tipos de aparelho.

5 Protótipos e Resultados

Entrevistas com profissionais da área revelaram o interesse na visualização de informações geradas a partir de dados brutos. Segundo o coordenador de auditoria no CENIPA:

Disponibilizar a visualização de dados facilita e permite a análise de informações colhidas no sistema de notificações de ocorrências aeronáuticas. Também é fundamental para a prevenção de acidentes aéreos e para a transparência das atividades de investigação. (Painel SIPAER)

A análise do Painel SIPAER, painel para visualização de dados de ocorrência aeronáuticas, revelou dashboards mais utilizados para visualização de determinadas informações. Neste Painel não há dados de ocorrências relacionados com as condições meteorológicas e aerovias. Também neste Painel, não é possível o cruzamento de dados com os dados de Plano de Voo.

A metodologia Scrum foi satisfatório para o desenvolvimento desta arquitetura. Esta metodologia acelera o trabalho e permite uma maior interatividade entre a equipe e os *stakeholders* por meio de reuniões semanais com o orientador e reuniões entre a equipe durante a semana.

Abaixo é mostrado as telas de protótipo de aplicação. A primeira figura mostra a tela principal, em seguida é mostrado o menu lateral, e depois é mostrado um *dashboard* com um mapa.

Na Figura abaixo a primeira tela é mostrado um *dashboard* com gráficos em barra, a segunda tela mostra uma tabela e na terceira tela é mostrado um gráfico no formato de um anel.

6 Conclusão

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver uma arquitetura que permite a visualização de informações a respeito de ocorrências aeronáuticas. Os dados de ocorrências aeronáuticas e aerovias foram obtidos em formato csv e foi feito o armazenamento localmente.

Foram feitas as modelagens multidimensionais das tabelas fatos e dimensões. Estas tabelas foram criadas baseadas nos sistemas de origem e alguns dados foram descartados por não serem informações viáveis para a funcionalidade da aplicação.

Alguns protótipos de telas foram criados de forma a facilitar a interação com o usuário. Apenas um gráfico é mostrado por tela e o menu lateral facilita a mudança de telas por assunto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Conheça o Android Studio. **Android Studio**, 2018 Disponível em: <<https://developer.android.com/studio/intro/?hl=pt-br>>. Acessado em: 20/11/2018

CENIPA. 2017. **Manual de Investigação do SIPAER**. Disponível em: <<http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/legislacao/mca-manual-do-comando-da-aeronautica?download=154:mca-3-6-2017>>. Acessado em 18/11/2018.

CENIPA. **Panorama Estatístico da Aviação Brasileira**. FCA 58-1. 2016.

DECEA. 2017. **Plano de Voo**. Disponível em: <<https://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=4589>>. Acessado em 18/11/2018

DECEA. 2017. **Serviços de Tráfego Aéreo**. Disponível em: <<https://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=4662>>. Acessado em 18/11/2018

Estados Unidos. ADMINISTRAÇÃO FEDERAL DE AVIAÇÃO. 2010. **Estudos de Acidentes Aeronáuticos relacionados com o Tempo**. Disponível em: <https://www.asias.faa.gov/apex/f?p=100:8:::NO::P8_STDY_VAR:2>. Acessado em 18/11/2018.

GARCIA, G. 2018. **Piloto de avião que caiu com Teori pode ter sofrido desorientação espacial, diz FAB; aeronave não registrou pane**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/politica/noticia/nao-ha-registro-de-pane-ou-mau-funcionamento-em-aviao-que-caiu-com-teori-diz-fab.ghtml>>. Acessado em 18/11/2018.

INTRODUÇÃO AO MYSQL. **Devmedia**, 2013. Disponível em: <<https://www.devmedia.com.br/introducao-ao-mysql/27799>>. Acessado em 20/11/2018.

JORNAL NACIONAL. 2018. **PF tem relatório sobre acidente de avião em que morreu Eduardo Campos**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2018/08/07/pf-tem-relatorio-sobre-acidente-de-aviao-em-que-morreu-eduardo-campos.ghtml>>. Acessado em 18/11/2018.

KIMBALL, R; ROSS, M. **The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling**. 3ª Edição. Indianapolis: Editora John Wiley & Sons, 2013.

MYSQL. Version 8.0.12. Oracle Corporation, 2018.

PENTAHO. **Sobre o Pentaho.** Disponível em:
<<https://www.hitachivantara.com/go/pentaho.html>>. Acessado em: 20/11/2018.

PENTAHO. Version 8.1. Hitachi Vantara Federal Corporation, 2018.

SUTHERLAND, J. **Scrum: A arte de fazer o dobro do trabalho na metade do tempo**. São Paulo: Editora Leya, 2014.