

FABIANA FERNANDES CHAVES

Mapeamento e caracterização das mensagens que exigem ação do piloto ou do técnico de manutenção durante a energização de aeronaves

Fabiana Fernandes Chaves

Mapeamento e caracterização das mensagens que exigem ação do piloto ou do técnico de manutenção durante a energização de aeronaves.

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Rubens Alves Dias

Guaratinguetá - SP
2021

Chaves, Fabiana Fernandes

C512m Mapeamento e caracterização das mensagens que exigem ação do piloto ou do técnico de manutenção durante a energização de aeronaves / Fabiana Fernandes Chaves – Guaratinguetá, 2021.
47 f : il.
Bibliografia: f. 45-47

Trabalho de Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2021.

Orientador: Prof. Dr. Rubens Alves Dias

1. Indústria aeronáutica. 2. Aeronaves - Manutenção. 3. Controle de voo. I. Título.

CDU 629.733

FABIANA FERNANDES CHAVES

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“GRADUADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM NOME DO CURSO

Prof. Dr. DANIEL JULIEN BARROS DA SILVA SAMPAIO
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. RUBENS ALVES DIAS
Orientador/UNESP – FEG



Prof^ª Dra. PALOMA MARIA SILVA ROCHA RIZOL
UNESP – FEG



Prof. Dr. LEONARDO MESQUITA
UNESP – FEG

Novembro 2021

Aos meus pais, meu irmão e meu noivo, por
todo suporte e amor.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço aos meus pais, Marcelo e Neia, foi com a dedicação de vocês que hoje concluo mais uma fase da minha vida. Muito obrigada por sempre incentivarem o estudo e abdicarem por tanta coisa por nós, sou eternamente grata;

ao meu irmão, Fábio, que sempre esteve comigo, compartilhando cada momento especial e me ajudou inúmeras vezes em tudo que precisei;

ao meu noivo, Fabricio, por todo o suporte e amor, conselhos e ajuda em toda essa fase;

as minhas tias, Nilda e Zilda, que tiveram um papel essencial na minha caminhada, desde o começo me auxiliaram para a boa formação, como pessoa e profissional;

ao meu orientador, *Prof. Dr. Rubens Alves Dias* por todo empenho e ajuda, durante esses anos. Levarei seus ensinamentos para a vida toda, obrigada por toda sua orientação, dedicação e auxílio;

ao meu professor, Leonardo Mesquita, um agradecimento em especial por todas as oportunidades oferecidas durante minha graduação;

a Deus, agradeço pela minha vida, minha família e meus amigos;

“Seja a mudança que você quer ver no mundo.”

Mahatma Ghandi

RESUMO

A indústria aeronáutica cresceu aceleradamente nas últimas décadas, conectando não só países, mas também pessoas e culturas. Neste setor um grande desafio encontrado é manter-se não só eficiente, mas com o constante avanço tecnológico, cada vez mais seguro. Os rígidos padrões de confiabilidade desde os testes até a montagem do produto e a exigência de atendimento pós-venda que garantem esta segurança, não só para os passageiros, mas também a toda tripulação. Este trabalho visa analisar algumas mensagens de falhas, as quais são apresentadas na tela de controle do piloto, detectadas na inicialização da aeronave que quando não corrigidas, ocasionam ações de manutenção realizadas por profissionais altamente qualificados, gerando possíveis atrasos de voos. As análises foram realizadas utilizando Python 3, para aquisição das informações necessárias, a partir da base de dados da aeronave, e o editor de planilhas Microsoft Excel visando à análise de frequência de eventos e classificando de forma decrescente as mensagens com maiores aparições. Após esta análise estatística, as mensagens com maior frequência são passadas para as equipes de engenharia, responsáveis por cada sistema da aeronave, para estudos aprofundados das causas de aparição de cada mensagem. Tal procedimento permitiu uma redução significativa das mensagens, sendo que 85,29% serão enviadas para testes e atualizações de software.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria aeronáutica. Inicialização da aeronave. Ação de manutenção.

ABSTRACT

The aeronautical industry has grown rapidly in the last decades, connecting not only countries, but also people and cultures. In this sector a great challenge is to remain not only efficient, but with the constant technological advancement, increasingly safe. The strict reliability standards from testing to the assembly of the product and the demand for after-sales service guarantee this safety, not only for passengers, but also for the entire crew. This work aims to analyze some failure messages, which are presented on the pilot control screen, detected at the startup of the aircraft that when not corrected, cause maintenance actions performed by highly qualified professionals, generating possible flight delays. The analysis was performed using Python 3, to acquire the necessary information from the aircraft database, and the Microsoft Excel spreadsheet editor, to analyze the frequency of events and classify in descending order the messages with the highest appearances. After this statistical analysis, the most frequent messages are passed to the engineering teams, responsible for each aircraft system, for further studies on the causes of appearance of each message. This procedure allowed a significant reduction of messages, and 85.29% will be sent for testing and software updates.

KEYWORDS: Aircraft Industry. Aircraft initialization. Maintenance action.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Classificação da pesquisa	14
Figura 2 – Estrutura balão de ar quente	16
Figura 3 – Componentes que integram o FCS.....	20
Figura 4 – Eixos de controle do avião	21
Figura 5 – Perna de força principal com a instalação de duas rodas.....	22
Figura 6 – Cockpit e seus displays com as indicações	25
Figura 7 – Aplicações do Python	29
Figura 8 – Classificação de uma variável	32
Figura 9 – Gráfico em barras	33
Figura 10 – Diagrama de bloco das falhas	34
Figura 11 – Fluxograma para análise de dados	37
Figura 12 – Análise gráfica do comportamento das mensagens em uma companhia	41
Figura 13 – Plataforma de testes	42
Quadro 1 – Lista de parâmetros utilizados	28
Quadro 2 – Mensagens retiradas do FHDB	36
Quadro 3 – Mensagens retiradas do FHDB analisadas	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Frequências e porcentagens	32
Tabela 2 – Mensagens analisadas a partir do Python 3	39
Tabela 3 – Mensagens retiradas da lista	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AOG	<i>Aircraft On Ground</i>
CA	<i>Corrente Alternada</i>
CAS	<i>Crew Alert System</i>
CC	<i>Corrente Contínua</i>
CMC	<i>Central Maintenance Computer</i>
EICAS	<i>Engine Indicating and Crew Alerting System</i>
EPGDS	<i>Electrical Power Generation and Distribution System</i>
FCS	<i>Flight Control System</i>
MEL	<i>Minimum Equipment List</i>
NACA	<i>National Advisory Commite for Aeronautics</i>
PCU	<i>Power Control Units</i>
SPDA	<i>Secondary Power Distribution Assemblies</i>

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	A IMPORTÂNCIA DO SERVIÇO E SUPORTE AERONÁUTICO	12
1.2	OBJETIVO DO TRABALHO	13
1.3	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	14
2	OS SISTEMAS AERONAUTICOS NUMA VISÃO GERAL	16
2.1	BREVE HISTÓRIA DO ADVENTO DO AVIÃO	16
2.2	PRINCIPAIS SISTEMAS EM AVIÕES COMERCIAIS	18
2.2.1	Sistemas Elétricos	18
2.2.2	Sistemas De Comandos De Voo	19
2.2.3	Sistemas De Trem De Pouso	21
2.2.4	Sistemas De Propulsão	23
2.2.5	Sistemas Ambientais	24
2.3	COLETA DE DADOS EM AVIÕES COMERCIAIS	25
3	MATERIAL E MÉTODO	27
3.1	IDENTIFICAÇÃO DO OBJETO DE ANÁLISE	27
3.2	MENSAGENS: TIPOS E FORMAS DE AQUISIÇÃO.....	27
3.3	FERRAMENTAS UTILIZADAS	29
3.3.1	Linguagem De Programação	29
3.3.2	Plataforma De Desenvolvimento	30
3.3.3	Ferramenta Exploratoria Para Análise De Dados	30
3.4	PROCESSAMENTO DE DADOS E CONCEITOS	31
3.4.1	Tipos De Variáveis	31
3.4.2	Distribuições De Frequências	32
3.4.3	Gráficos	33
3.4.4	Sistema De Falha	33
4	DESENVOLVIMENTO	35
4.1	AMOSTRA ANALISADAS	35
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

Se fosse preciso indicar o dia do nascimento da aviação civil moderna, provavelmente a data escolhida seria 21 de maio de 1927, quando Charles Lindbergh e seu avião Spirit of St. Louis pousaram na pista de Le Bourget, em Paris, 33 horas e 29 minutos depois de decolar da região de Nova York, no primeiro voo transatlântico sem escalas (SUPER ABRIL, 2021).

Só com a eclosão da Primeira Guerra Mundial, as vantagens militares dos aviões levaram ao desenvolvimento tecnológico necessário para alavancar a aviação civil. Com o armistício, surgiram os primeiros voos comerciais, sobretudo na Europa, ligando Londres a Paris e a outras capitais do velho continente, aproveitando o excedente de aeronaves construídas na guerra. Desde então, a indústria cresceu, companhias de transporte aéreo e fabricantes de aeronaves se diversificaram para ocupar todas as fatias desse mercado em expansão (SUPER ABRIL, 2021).

No Brasil a aviação comercial teve seu início em 1927 e primeira empresa a transportar passageiros no país foi a Condor Syndikat, com sede em Berlim, que, em 22 de fevereiro, iniciava a primeira linha regular. Em 1º de dezembro daquele ano, foi nacionalizada, com o nome de “Sindicato Condor Limitada”. Durante a Segunda Guerra Mundial, passou a usar o nome de Serviços Aéreos Cruzeiro do Sul (FAJER, 2009).

1.1 A IMPORTÂNCIA DO SERVIÇO E SUPORTE AERONÁUTICO

A evolução da aviação comercial ocorreu depois da Primeira Grande Guerra. Naquela época, os maiores fatores de risco para a segurança de voo eram as condições meteorológicas e a visibilidade. Nas décadas seguintes foi dada grande importância a este aspecto, tanto no desenvolvimento das aeronaves quanto nos sistemas de radiocomunicação e no controle de tráfego aéreo (ICAO, 2009).

Diversas mudanças na aviação civil brasileira ocorreram desde 1927, quando aconteceu o primeiro voo no nosso País. Naquela ocasião, o mercado era incipiente, a regulamentação praticamente não existia e a fundação de companhias aéreas era livre. Dentre essas mudanças, o Brasil passou a contar com marcos regulatórios definidos, a ter empresas de grande porte, e dispõe, entre outras coisas, da ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil, sua agência reguladora, criada em 2005 (FAJER, 2009).

Os desafios da indústria aeronáutica, a partir do terceiro milênio, estão voltados em atender a grande demanda de passageiros que se utiliza do transporte aéreo, envolvendo não

somente a evolução tecnológica das aeronaves, mas também todo o sistema de suporte envolvendo a infraestrutura aeroportuária e o controle de tráfego aéreo (FAJER, 2009).

Sendo assim a constante verificação e análise dos sistemas aviônicos e controle de tráfegos se tornam de extrema importância uma vez que para garantir a segurança dos pilotos, comissários e passageiros nenhuma falha pode se tornar crítica.

1.2 OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo do trabalho é realizar a análise dos dados fornecidos durante a inicialização de aeronaves. Foram utilizados algumas séries diferentes de aviões e por meio da base de dados deles é possível ter acesso a todo o histórico da aeronave, desde do momento em que é inicializada e desligada.

A pesquisa tem o foco nas mensagens recebidas durante a inicialização do avião, o qual algumas que aparecem são consideradas de alto risco e não autorizam o avião a decolar. Para obter a melhor performance e resultados durante as análises foi realizada uma pesquisa aplicada.

De acordo com Prodanov e Freitas (2013), uma pesquisa aplicada gera conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos. Portanto, esse trabalho possui esta classificação pois envolve um problema específico, sendo ele a análise de mensagens de inicialização de um grupo determinado de aeronaves de uma empresa aeroespacial.

Quanto aos objetivos é uma pesquisa exploratória pois se o trabalho encontra na fase preliminar e assume, em geral, as formas de pesquisas bibliográficas e estudos de caso pois as mensagens de inicialização devem ser analisadas e verificadas a fim de proporcionar mais informações sobre o assunto que será investigado, possibilitando sua definição e seu delineamento, isto é, facilitar a delimitação do tema da pesquisa “A pesquisa exploratória possui planejamento flexível, o que permite o estudo do tema sob diversos ângulos e aspectos. Em geral, envolve levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos que estimulem a compreensão” (PRODANOV; FREITAS, 2013, p. 52).

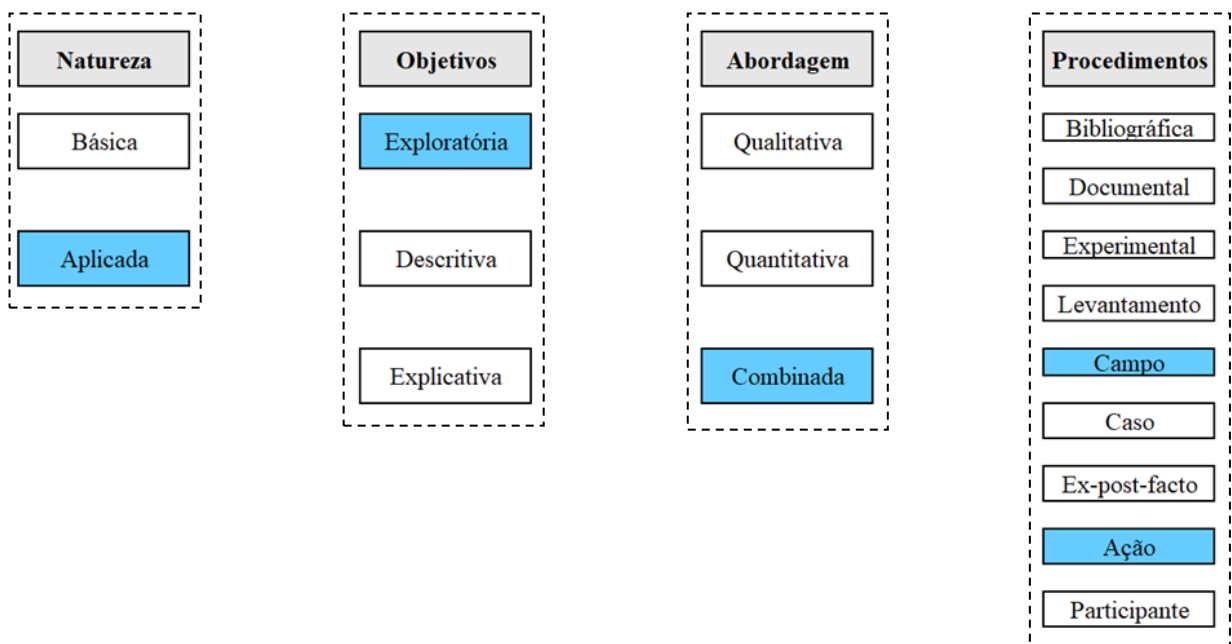
A abordagem utilizada é combinada. O aspecto qualitativo está presente, porque é buscado o entendimento do assunto e da percepção das mensagens recebidas durante a inicialização do avião. “Na abordagem qualitativa, a pesquisa tem o ambiente como fonte direta dos dados” (PRODANOV; FREITAS, 2013, p. 70). O aspecto quantitativo está presente por

meio da utilização de estatística para análise dos dados obtidos. E isso, conforme Provanov e Freitas (2013) significa traduzir numericamente as opiniões recebidas.

Os procedimentos de pesquisa são de campo, utilizada na observação de fatos e coleta de dados a eles referentes e no registro de variáveis que se presumem relevantes, para analisá-los e a pesquisa-ação pois para a análise das mensagens foram envolvidos vários engenheiros em suas respectivas áreas a fim de entender se há alguma anormalidade ou não nos itens avaliados. “Nesse tipo de pesquisa, os pesquisadores e os participantes envolvem-se no trabalho de forma cooperativa. A pesquisa-ação não se refere a um simples levantamento de dados ou de relatórios a serem arquivados. Com a pesquisa-ação, os pesquisadores pretendem desempenhar um papel ativo na própria realidade dos fatos observados” (PRODANOV; FREITAS, 2013, p. 66).

A Figura 1 apresenta, esquematicamente, a classificação da pesquisa deste trabalho com o destaque em azul.

Figura 1 – Classificação da pesquisa.



Fonte: Fonte: Adaptado de Prodanov e Freitas (2013) e Miguel et. al. (2012), (2021).

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em cinco capítulos, dentre estes o capítulo dois apresenta uma breve revisão da literatura sobre o tema, no qual são abordadas informações específicas das

tecnologias e sistemas aviônicos. Os conceitos técnicos envolvendo a análise realizada, bem como a apresentação dos softwares utilizados são desenvolvidos no capítulo três.

No capítulo quatro são feitas as análises, utilizando a base de dados confidencial das aeronaves. O capítulo cinco traz as considerações finais da pesquisa realizada.

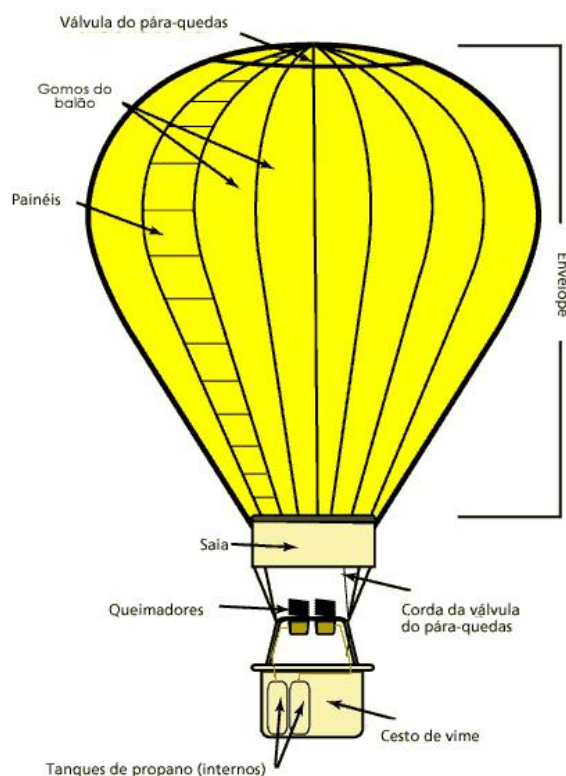
2 OS SISTEMAS AERONAUTICOS NUMA VISÃO GERAL

No universo da aeronáutica é de significativa importância o entendimento dos termos que estão relacionados com a operação de uma aeronave e, em particular, no contexto deste trabalho, os quais buscam a correta interpretação das ocorrências associadas ao processo de energização elétrica de suas partes constituintes.

2.1 BREVE HISTÓRIA DO ADVENTO DO AVIÃO

Antes dos primeiros projetos e protótipos do avião, muitos experimentos e testes foram realizados com o objetivo de voar. Um deles foi o balão de ar quente, inventado em 1709 por Bartolomeu de Gusmão, o projeto ainda não era capaz de carregar um homem, mas foi bem-sucedido depois de alguns protótipos. A parte que infla com o ar quente é chamada de envelope, e quando está cheio se torna a ser menos denso que o ar, o balão sai do chão, iniciando o voo, e pousa quando o piloto esfria o ar quente que se encontra no envelope, tornando o balão mais pesado que o ar, forçando-o a descer (AVENTURAS NA HISTORIA, 2020). A Figura 2 mostra a estrutura de um balão.

Figura 2 – Estrutura balão de ar quente.



Fonte: Balonismo Aventura (2020).

O avião está dentre dos mais representativos inventos da humanidade, isto por que o desejo de voar sempre esteve nas lendas e mitologias. Foi por volta do século XIX que as invenções dos aviões começaram a se tornar famosas (ADS LATIN, 2020).

A história da aviação tem início em 1906, na França, quando Santos Drumont conseguiu: taxiar, decolar, voar nivelado e posar com um aparelho que se deslocava com recursos próprios (FAJER, 2009). Mas, segundo notícias divulgadas à época, desde 1903 os irmãos Wright obtinham sucesso com suas experiências de voo. Porém, somente em 1908 se tornaram públicas, que teriam mantido em segredo por cinco anos, alegando temer que seus avanços fossem patenteados por outras pessoas (MELLO, 2014).

Foi durante a Primeira Guerra Mundial, com o contínuo crescimento do desenvolvimento tecnológico da aviação de combate propiciou vários novos usos e táticas, especialmente quando a maior autonomia e alcance das aeronaves permitia a imersão em profundidade no território inimigo, elemento este que mais tarde viria a consolidar o ápice do uso de aeronaves numa guerra: o emprego estratégico do bombardeio aéreo (SCHRAMM, 2019).

A evolução ocorrida nestes poucos anos foi marcante. Com o final da Primeira Grande Guerra (1914 – 1918) foi possível organizar os fundamentos da atividade aérea. A crise econômica do pós-guerra e a diminuição da necessidade por aeronaves militares fizeram com que a aviação passasse a buscar novos desafios, abrindo-se para o mercado da aviação civil. Os desafios se modificaram com o crescimento da aviação civil, estabelecendo novos marcos de utilização, sendo os voos transatlânticos e de longa duração metas a serem atingidas e a indústria aeronáutica acompanhava esta evolução (CROUCH, 2008).

Os aeronautas, que em 1910 eram classificados na categoria de artistas por seus feitos circenses, passaram pela imagem de heróis durante os anos da Primeira Grande Guerra, à de aviador temerário e imprudente, dispostos a realizar feitos de habilidade e coragem e ousadia, no pós-guerra. Como esta imagem não era adequada para vender passagens aéreas, a partir de 1932, programas de formação e treinamento passaram a ser ministrados dentro das companhias aéreas. A aviação civil faz surgir também novas profissões ligadas às necessidades da atividade, como os controles em terra de aeronaves e escalas (FAJER, 2009).

A Convenção Internacional sobre a Navegação Aérea foi assinada em 13 de outubro de 1919, por 27 países, reconhecendo o direito de cada país em controlar o próprio espaço aéreo. Nos Estados Unidos, surge a *National Advisory Commite for Aeronautics* (NACA), recomendando que ficasse a cargo do governo federal a responsabilidade de licenciar pilotos e inspecionar e certificar aviões e estabelecer e manter aeroportos (CROUCH, 2008).

Os avanços na ciência da aerodinâmica, melhoras das técnicas na construção das aeronaves, nos equipamentos e controle permitiram que os voos se realizassem a altitudes maiores, mais rapidamente e levando mais carga e passageiros (MELLO, 2019).

2.2 PRINCIPAIS SISTEMAS EM AVIÕES COMERCIAIS

O setor Aeronáutico é caracterizado pela elevada complexidade de desenvolvimento de projeto e de integração de sistemas. Sendo a integração um fator que aumenta a complexidade e as possibilidades de falhas sistemáticas. Os erros nos requisitos, concepção e implementação são os principais fatores (OLIVEIRA, 2008).

Para isso existe o ARP 4754A (*Guidelines for Development of Civil Aircraft and Systems*, em português, Guia para o Desenvolvimento de Aeronaves e Sistemas Civis), o qual é um guia que aborda o ciclo de desenvolvimento de aeronaves e sistemas que implementam funções aeronáuticas. É um documento muito importante a ser seguido para evitar falhas e conseguir a certificação necessária do avião (REGINATO, 2012).

O avião é dividido em vários sistemas que, no contexto deste trabalho, são destacados: elétrico, comandos de voo, trem de pouso, propulsão e sistemas ambientais.

2.2.1 Sistemas Elétricos

A geração de energia elétrica e sistema de distribuição (EPGDS) é composto de fontes de energia Corrente Alternada (CA) e Corrente Contínua (CC). O sistema CA é composto por geradores de corrente alternada, acionado pelos motores. O sistema CC é composto por baterias e unidades retificadoras.

Há sistemas de geração que são de suporte em caso de emergência, providenciando energia ao avião caso os geradores principais falhem. No painel de comando elétrico, na cabine de pilotos, tem-se acesso aos comandos de controle dos geradores. No solo, fontes externas podem alimentar a aeronave em suas respectivas tomadas, CA e CC; esse serviço geralmente é utilizado para ações de manutenção.

O sistema de geração e distribuição de energia elétrica são providos por conjuntos de distribuição de energia secundária (SPDA), os quais fazem interface com o sistema aviônico. Com o centro de controle integrado e com vários controles e displays da cabine de pilotos, os SPDAs são partes integrantes do sistema de gerenciamento de utilidades do avião para prover controle e monitoramento de vários sistemas da aeronave.

Estas funções são executadas usando-se a energia recebida das várias barras elétricas e distribuindo aos sistemas em conformidade com a lógica e a configuração específica da aeronave, baseada em vários fatores, tais como, posicionamento de chaves e controles na cabine de piloto.

O computador de manutenção central (CMC) é uma ferramenta de apoio ao técnico, usado para manter a confiabilidade dos sistemas da aeronave. O interfaceamento do sistema de geração e distribuição elétrica é usado para reportar falhas ou estado de sistemas membros ao CMC. As mensagens são apresentadas no mostrador de indicação do motor e de alerta da tripulação (EICAS).

Em operação normal a informação será armazenada em uma memória não volátil quando a falha for detectada e confirmada. Algumas informações adicionais como a identificação do avião, data e hora do voo e fase do voo também serão armazenadas se estas informações estiverem disponíveis na barra de comunicações da aeronave.

Nas operações de manutenção, o CMC pode ordenar a um sistema membro que execute testes iniciais para mostrar parâmetros do sistema ou pode executar o upload do conteúdo da memória de um sistema membro.

Condições anormais de operação no EPGDS serão apresentadas à tripulação no display do EICAS por suas correspondentes mensagens de alerta (*CAS, Crew Alert System*). As mensagens são divididas em níveis, situação, aviso, atenção e alerta. Para assegurar redundância efetiva conforme a lista de equipamento mínimo (MEL) controladores secundários operando como backups tem lógica apropriada para geração das necessárias mensagens CAS.

2.2.2 Sistemas De Comandos De Voo

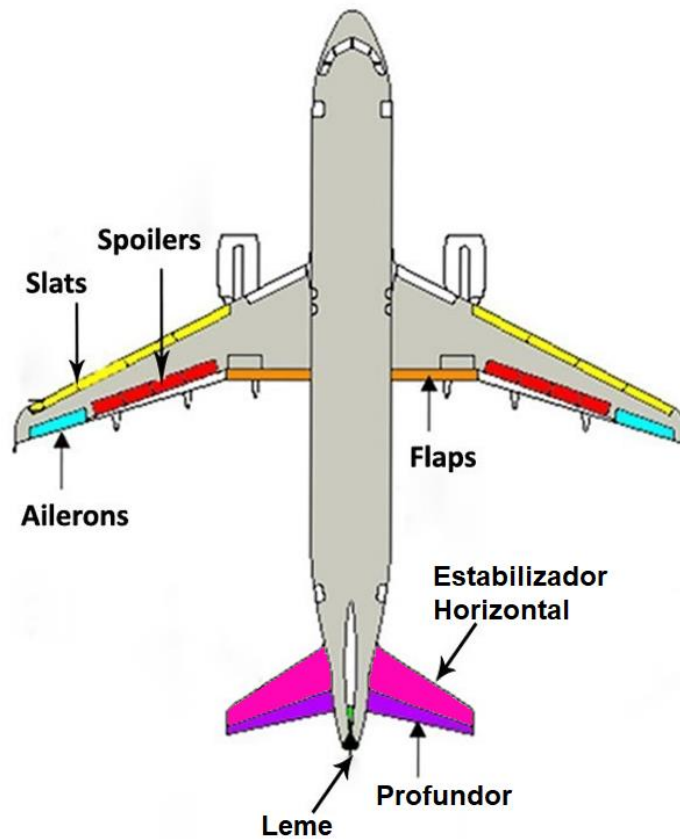
A habilidade de manobrar o avião na posição desejada é possível por meio do sistema de controle do voo (FCS). Em uma aeronave de asa fixa esses sistemas consistem em superfícies de controle de voo, e seus respectivos controles na cabine de piloto, conexões com os links de controle, e os mecanismos necessários para operar a direção em voo da aeronave.

O FCS compreende os sistemas de controle do voo primário e secundário e os componentes dos sistemas associados.

O sistema de comandos de voo primário consiste dos ailerons e dos spoilers, dos profundos e do leme de direção, cada um responsável por um eixo de controle da aeronave, na Figura 3 é possível analisar cada componente e onde estão acoplados na aeronave.

Para o sistema de comandos de voo secundário tem-se o estabilizador horizontal, flaps e slats, representados também na Figura 3.

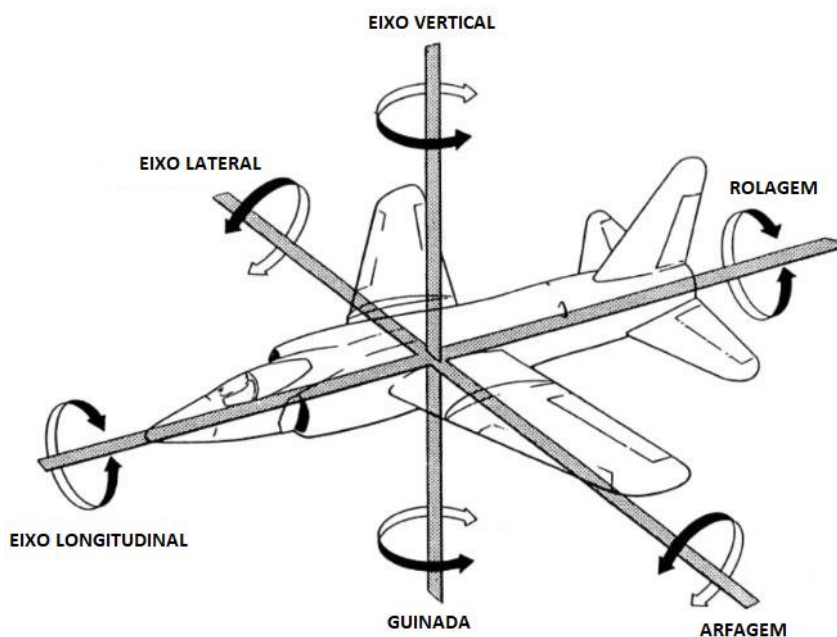
Figura 3 – Componentes que integram o FCS.



Fonte: Adaptado de Aero Simplified (2021).

Os sistemas de controle de voo são os métodos básicos que utilizam diferentes mecanismos para controlar uma aeronave durante a realização de várias atividades, tais como rolagem, arfagem e guinada. Os eixos de voo são controlados por três tipos diferentes de superfícies de controle - respectivamente; ailerons, profundores e leme. Cada superfície de controle tem a responsabilidade de manobrabilidade da aeronave dentro de um dos eixos: longitudinal (rolagem), lateral (arfagem) e vertical (guinada), como mostra a Figura 4.

Figura 4 – Eixos de controle do avião.



Fonte: Adaptado de Mechead (2021).

O FCS utiliza atuadores hidráulicos para comandar a superfícies de controle de voo, estes atuadores são referidos como Unidades de Controle de Potência (PCUs), para o controle dessas superfícies, são utilizados cabos convencionais para alguns e para outras tecnologias fly-by-wire, o qual utiliza uma interface eletrônica para o comando. Nestes casos tanto os pilotos quanto o piloto automático possuem autonomia para controlá-los.

O sistema de comandos de voo faz interface com os seguintes sistemas da aeronave, sistema elétrico, sistema hidráulico, sistema de dados aerodinâmicos, sistema de controle automático de voo, sistema do trem de pouso, parâmetros do motor e ajustes de potência, e sistema de manutenção e diagnóstico da aeronave.

As indicações do sistema de comandos de voo possuem quatro grupos distintos na tela do EICAS, sendo situação, aviso, atenção e alerta. No mesmo mostrador de indicação, apresenta as posições de compensação de rolagem, arfagem e guinada. E também apresenta as posições do slat e flap.

2.2.3 Sistemas De Trem De Pouso

O trem de pouso de uma aeronave de asa fixa consiste de unidades principais e auxiliares, as quais podem ser retráteis ou não. As unidades principais formam o mais importante apoio da aeronave, no solo ou na água, e podem incluir alguma combinação de rodas, flutuadores, esquis,

equipamentos, amortecedores, freios, mecanismos de retração com controles e dispositivos de aviso, carenagens, acabamentos e membros estruturais necessários para fixar algum dos itens citados à estrutura da aeronave. As unidades auxiliares do trem de pouso consistem de instalações para roda do nariz ou de cauda, flutuador e esqui, por exemplo, com os necessários reforços e carenagens (AVIAÇÃO MARTE, 2021).

A maioria das aeronaves utilizam o sistema de trem de pouso triciclo, composto por duas pernas de força principais e uma perna de força de nariz, e o número e a localização das rodas dessas pernas principais podem variar, dependendo do tamanho e função da aeronave. Na Figura 5 tem-se um exemplo de um avião com duas rodas por trem de pouso.

Figura 5 – Perna de força principal com a instalação de duas rodas.



Fonte: Business Traveller (2021).

O sistema do trem de pouso é formado por muitos conjuntos e partes. Estes consistem de: amortecedores a óleo/ar, unidades de alinhamento das pernas principais, unidades de suporte, mecanismos de segurança e retenção, mecanismo de proteção da perna de força auxiliar, sistemas de direção da roda do nariz, rodas da aeronave, pneus câmaras de ar e sistemas de freio da aeronave (AVIAÇÃO MARTE, 2021).

2.2.4 Sistemas De Propulsão

O sistema de propulsão do avião inclui cada componente que seja necessário para propulsão, componentes que afetam o controle das unidades principais de propulsão e componentes que afetam a segurança da operação das unidades principais de propulsão (ANAC, 2021).

O motor aeronáutico é composto por quatro partes: compressor, câmara de combustão, turbina e *fan*. A função dos compressores é aumentar o nível de energia do ar recebido pelo motor, comprimi-lo e entregar a câmara de combustão. Se a combustão ocorresse na pressão normal da atmosfera seria necessário mais ar do que o disponível para poder gerar energia para o motor. Num motor padrão existem duas seções de compressores, de baixa pressão e de alta pressão, montado nessa ordem. A função é aumentar gradualmente a compressão do ar (AERO MAGAZINE, 2021).

Após o ar passar pelo compressor, que o entrega com fluxo e pressão corretos, é a câmara de combustão que vai processar a queima do ar/combustível, fornecendo à turbina os gases que lhe permitem desenvolver seu trabalho. Já as turbinas possuem a finalidade de extrair a energia cinética dos gases em expansão e transformá-los em energia mecânica, sendo assim após os gases saírem da câmara de combustão, a energia de seu deslocamento faz todo o conjunto girar e a turbina transforma essa força em energia mecânica, fazendo todo o conjunto do motor girar. Nos aviões comerciais a jato modernos, o motor ainda conta com o *fan*, que é a parte visível quando se observa o motor de frente. Sua função é fornecer uma grande massa de ar para os compressores e outra parte é destinada a tração (AERO MAGAZINE, 2021). Este conjunto a partir daqui será denominado no texto apenas como motor.

O controle do motor é totalmente eletrônico composto por um controlador digital, de uma unidade dosadora de combustível, alternador de ímãs permanentes, sensores do motor, atuadores, sistema de ignição, chaves e controladores para ignição, partida e corte, SPDAs e módulos de controle.

O sistema que controla o motor tem resposta aos comandos efetuados e envia além das informações necessárias para a cabine de comando mensagens de manutenção e dados para monitoramento da condição do motor.

O monitoramento do motor é executado pelo controlador eletrônico por meio de sinais provenientes de várias fontes, pela execução de teste de falha e verificação de limites excedidos. O controlador fornece os parâmetros da condição do motor para os demais sistemas aviônicos da aeronave e disponibiliza as informações para auxiliar na detecção e registros de falhas e

dados de nível do desgaste. Caso alguma falha seja detectada uma mensagem será exibida para o piloto.

O computador central de manutenção armazena as mensagens de falha para exibição quando requerida pela manutenção. O CMC procura relacionar as mensagens do EICAS com as mensagens de falha do controlador, de modo que a manutenção possa utilizar o manual do CMC para pesquisa de partes, interpretação das indicações de falha do controlador e determinar qual componente falhou.

2.2.5 Sistemas Ambientais

Este sistema contém o funcionamento do ar condicionado e seus ciclos de refrigeração, componentes do sistema de pressurização, proteção contra gelo, sistemas de proteção em voo, sistema de oxigênio emergencial e componentes do sistema pneumático.

O sistema de ar condicionado supre as cabines de comando e passageiros com ar para controle de pressurização e controle ambiental. Este sistema inclui alguns subsistemas, sistema de sangria de ar que fornece ar quente sangrado ao sistema de arrefecimento, sistema de controle de temperatura que regula a temperatura do fluxo de ar para o controle de aquecimento e pressurização da cabine de comando e de passageiros.

O sistema de proteção contra gelo possui os alguns subsistemas que garante a funcionalidade e visibilidade que o avião precisa para operar. O sistema de detecção juntamente com os sensores de temperatura e pressão, ativa automaticamente esta proteção. O motor também possui esta proteção e o ar quente é que garante a não formação de gelo.

O sistema de oxigênio fornece oxigênio para os membros da tripulação e para os passageiros em caso de depressurização da cabine. Possui um sistema gasoso e químico, sendo o gasoso compreende o sistema de oxigênio para a tripulação e o sistema portátil. O químico compreende o sistema de oxigênio para os passageiros. Isso significa que o oxigênio utilizado pelos passageiros vem de uma reação química. De acordo com o site *Air Way*, a máscara possui um “cartucho químico” chamado *Oxygen Generator*, que fica localizado acima das caixas nas quais as máscaras ficam armazenadas.

O sistema pneumático supre os sistemas de ar condicionado, e de anti-gelo com o ar de sangria controlado. As funções de comando do sistema pneumático são integradas com as funções do anti-gelo e ar condicionado através do sistema de gerenciamento de ar.

O status do sistema de sangria pode ser monitorado pelo CMC, indicações que são usadas pela manutenção e pelo EICAS são utilizadas pela tripulação para segurança de voo.

2.3 COLETA DE DADOS EM AVIÕES COMERCIAIS

Com relação ao funcionamento das aeronaves, antes dela decolar e levar os passageiros para os devidos destinos, ela deve ser ligada e os sistemas iniciados pelos pilotos e verificar se as funções e procedimentos estão corretos. Pela cabine de comando é possível fazer esta verificação através das CAS de indicações que são mostradas nos painéis, a Figura 6 retrata o cockpit, no qual essas mensagens são mostradas.

Figura 6 – Cockpit e seus displays com as indicações.



Fonte: Embraer (2021).

As informações que são geradas se dão por meio de diversos sensores que se encontram nos sistemas aeronáuticos. Todas as mensagens que são mostradas no CAS são salvas no CMC podendo ser obtidos por meio de conexão USB ou cartões de memória e são utilizados para a realização de investigações de falhas e análises de comportamento da aeronave e seus sistemas.

Quando as mensagens mostradas são consideradas de nível alto, ou seja, as mensagens mostradas em vermelho no CAS como relatado anteriormente nas descrições dos sistemas, o avião não tem permissão de decolar. Sendo assim, enquanto a falha não é consertada tem-se um prejuízo momentâneo para as companhias pelo tempo que o avião fica no chão, caso a manutenção seja demorada.

3 MATERIAL E MÉTODO

A escolha dos materiais e quais os métodos de abordagem constituem etapa importante no desenvolvimento do trabalho, pois permite identificar e avaliar os elementos de interesse para a pesquisa, bem como articulá-los segundo conceitos e definições visando uma melhor apreciação dos processos envolvidos e, posteriormente, na síntese dos resultados na busca dos objetivos propostos.

3.1 IDENTIFICAÇÃO DO OBJETO DE ANÁLISE

Ao se inicializar o avião, mensagens são mostradas no CAS localizada na cabine, para que o piloto tenha acesso às informações que estão acontecendo com os sistemas. Como discutido no Capítulo 2 essas mensagens são divididas em níveis, e caso a mensagem mostrada seja do nível alerta a aeronave não poderá decolar até o problema seja resolvido.

O conjunto de mensagens que são analisadas já estão decodificadas a uma sintaxe própria, isso significa que a lógica e os códigos são interpretados internamente nos sistemas, os quais aparecem na tela de interface de comunicação já está no modo string (textos associados aos códigos).

Após a análise das mensagens cada engenheiro responsável pelo time do sistema irá realizar um estudo baseado em informações técnicas e experiências acumuladas durante os anos sobre as mensagens recebidas durante a inicialização da aeronave e constatar se a mensagem está dentro da normalidade ou não, e caso não esteja informar o possível motivo da falha ocorrer. Caso seja constatado que existe um problema correlacionado, o time de engenharia, responsável pela atualização do software do avião será acionado.

3.2 MENSAGENS: TIPOS E FORMAS DE AQUISIÇÃO

Como foi informado anteriormente o avião quando inicializado pode gerar mensagens espúrias, isso significa que as mensagens são transitórias, surgem no CAS podendo desaparecer sozinhas depois de uma reinicialização do sistema ou exigem uma ação de manutenção, a qual não é a troca de componentes. Isso pode comprometer a companhia aérea pois se a manutenção atrasar o avião ficará no chão sem ser utilizado, aguardando a liberação.

A obtenção dessas informações foi possível devido ao acesso a uma base restrita e anônima de dados reais com arquivos que estão disponíveis no CMC. Dentre os parâmetros disponíveis, foram selecionados aqueles que têm relação com a inicialização da aeronave e são

descritos no Quadro 1, sendo que só estão representados os parâmetros que são de importância para a presente análise, outras informações foram omitidas.

Quadro 1 – Lista de parâmetros utilizados.

Num_Serie	Data_Hora	CAS_MSG	Nivel_CAS	Descrição_Estado
Numero Avião 1	mm/dd/aaaa	Mensagem 1	Situação	Ativo
			Aviso	
	hh:mm:ss		Atenção	Inativo
			Alerta	
Numero Avião 1	mm/dd/aaaa	Mensagem 2	Situação	Ativo
			Aviso	
	hh:mm:ss		Atenção	Inativo
			Alerta	
Numero Avião 1	mm/dd/aaaa	Mensagem 3	Situação	Ativo
			Aviso	
	hh:mm:ss		Atenção	Inativo
			Alerta	
Numero Avião 2	mm/dd/aaaa	Mensagem 4	Situação	Ativo
			Aviso	
	hh:mm:ss		Atenção	Inativo
			Alerta	
Numero Avião 2	mm/dd/aaaa	Mensagem 5	Situação	Ativo
			Aviso	
	hh:mm:ss		Atenção	Inativo
			Alerta	
Numero Avião 3	mm/dd/aaaa	Mensagem 6	Situação	Ativo
			Aviso	
	hh:mm:ss		Atenção	Inativo
			Alerta	
Numero Avião 4	mm/dd/aaaa	Mensagem 7	Situação	Ativo
			Aviso	
	hh:mm:ss		Atenção	Inativo
			Alerta	

Fonte: Produção da própria autora (2021).

O Quadro 1 é apenas uma representação da tabela de dados que serão analisados no próximo capítulo, sendo o Num_Serie, o número serial que cada avião recebe e funciona para identificação dos mesmos. O mesmo avião pode aparecer várias vezes, mudando a mensagem, o nível e a descrição com a hora e a data dos eventos. A mensagem que será mostrada na CAS

pode se repetir também e o nível irá informar se há alguma falha grave ou apenas informando o status da aeronave.

3.3 FERRAMENTAS UTILIZADAS

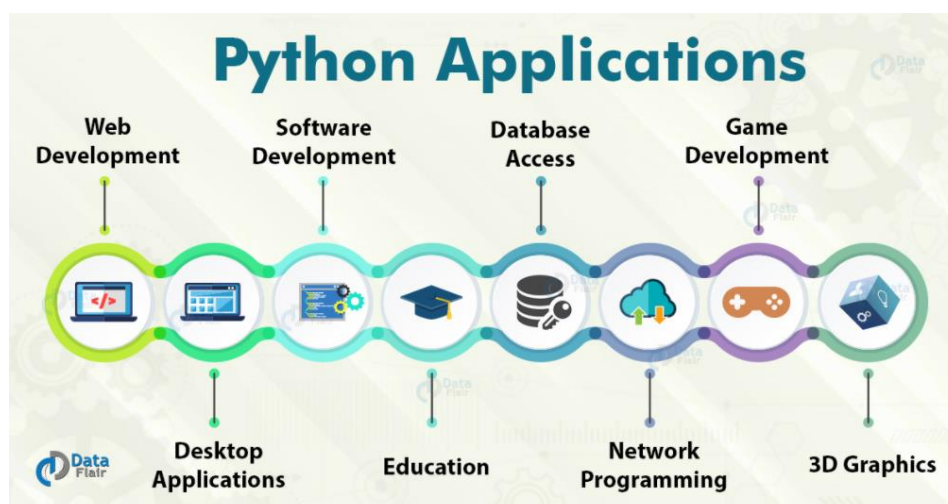
A análise das situações envolvidas nesta pesquisa requer ferramentas específicas para este propósito, visando a análise das mensagens, bem como a ampliação dos conhecimentos associados à análise, propriamente dita, e das ferramentas empregadas.

3.3.1 Linguagem De Programação

A linguagem de programação utilizada é Python 3, escolhida devido às diversas bibliotecas disponíveis e por ser uma linguagem de alto nível tem uma tipagem dinâmica, utiliza recurso em script e é orientada a objetos (LEWAGON, 2021).

Segundo DataFlair Team (2021), Python possui inúmeros tipos de aplicações, a Figura 7 ilustra as áreas de aplicação desta linguagem.

Figura 7 – Aplicações do Python.



Fonte: DataFlair (2021).

Desta forma, Python possui uma ampla gama de possibilidades de se trabalhar soluções web, aplicações de processamento de texto, *machine learning* e análise de dados. A aplicação desenvolvida foi numérica e científica, uma das mais difundidas, segundo DataFlair, da programação Python.

As bibliotecas utilizadas foram,

- Pandas para a análise de dados e modelagem,
- NumPy que permite lidar com cálculos numéricos complexos,
- e Matplotlib para a visualização de dados.

3.3.2 Plataforma De Desenvolvimento

A plataforma de desenvolvimento é o Jupyter Notebook, um software de código e modelos abertos, que permite que a criação e compartilhamento de documentos com códigos, equações, visualizações e textos explicativos. Jupyter é especialmente usado para operações de física computacional e análises de grande volume de dados pois é possível fazer anotações durante o processo. E possui serviços de computação interativa através de dezenas de linguagens de programação (JUPYTER, 2021).

Uma vantagem do Jupyter Notebook é oferecer um ambiente para exploração, colaboração e visualização. Uma outra vantagem é que ele é configurado em um ambiente de cluster, isso significa que vários computadores estão interligados para executar processos em paralelo, o que permite a utilização dos recursos do laptop e operar junto a um sistema complexo de dados online sem precisar baixar uma cópia local. Alguns dos principais recursos do software são facilidade para criar protótipos de forma rápida, execução e visualização da saída do código em cada célula, interface amigável, sendo possível atualizar o notebook (ou partes dele) com novos dados, executando novamente as células. Você também pode copiar a célula e executar a cópia novamente apenas se desejar manter um registro da tentativa anterior e facilita o fluxo de trabalho desde a fase de testes até a implementação do código (DOJO BYLEARN, 2021).

3.3.3 Ferramenta Exploratoria Para Análise De Dados

Microsoft Excel é um software de planilha que permite aos usuários manipular, armazenar e gerar gráficos de dados. O Excel é utilizado na maioria das áreas e com muitas utilidades dentro das corporações, isto porque é uma ferramenta simples que possui muitas funções que podem ser utilizadas de maneira rápida e eficaz (SUPORTE MICROSOFT, 2021).

No trabalho o Excel é utilizado como uma ferramenta para análise estatística, utilizando as funções disponíveis no software para classificar a quantidade de vezes que ocorreram a

mesma mensagem e sendo classificada em ordem decrescente, sendo assim a mensagem com maior número de registros será a primeira da lista.

3.4 PROCESSAMENTO DE DADOS E CONCEITOS

Para analisar e entender um conjunto de dados relevante ao seu objetivo de estudos é necessário trabalhar os dados para transformá-los em informações, para compará-los com outros resultados, ou ainda para julgar sua adequação a alguma teoria.

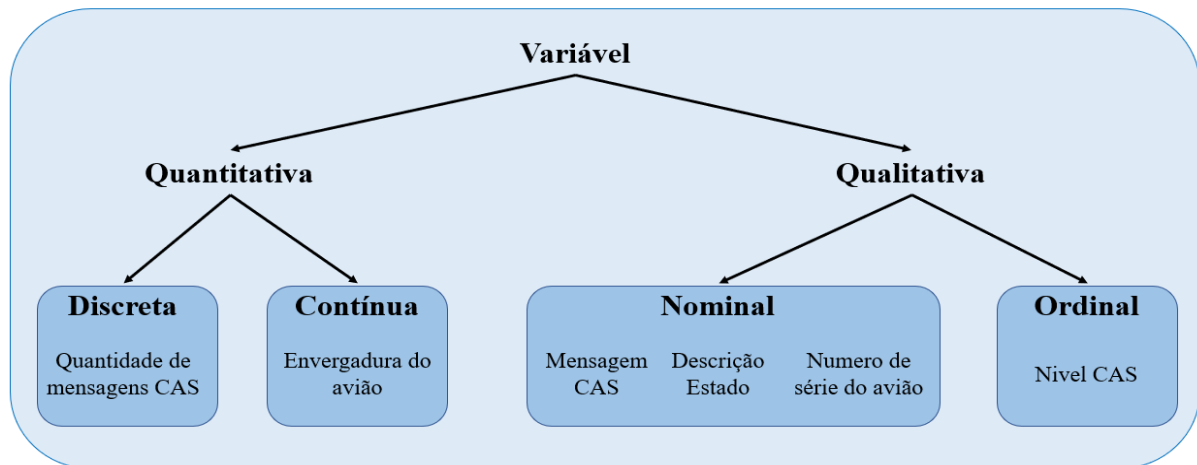
O formato de apresentação das informações utilizado neste trabalho é o gráfico, pois, normalmente, é mais apropriado ao entendimento da mensagem do que aquela contida em tabelas ou em valores numéricos. Os gráficos são utilizados para diversos fins (Chambers et al., 1983):

- (a) buscar padrões e relações;
- (b) confirmar (ou não) certas expectativas que se tinha sobre os dados;
- (c) descobrir novos fenômenos;
- (d) confirmar (ou não) suposições feitas sobre os procedimentos estatísticos usados; e
- (e) apresentar resultados de modo mais rápido e fácil.

3.4.1 Tipos De Variáveis

Existem dois tipos de variáveis, a qualitativa e quantitativa e dentro delas ainda é possível fazer uma distinção entre dois tipos: variável qualitativa nominal, para a qual não existe nenhuma ordenação nas possíveis realizações, e a variável qualitativa ordinal, para a qual existe uma ordem nos seus resultados. De modo análogo, as variáveis quantitativas podem sofrer uma classificação dicotômica, podendo ser variáveis quantitativas discretas, cujos possíveis valores formam um conjunto finito ou enumerável de números e que resultam, frequentemente, de uma contagem ou variáveis quantitativas contínuas, cujos possíveis valores pertencem a um intervalo de números reais e que resultam de uma mensuração. A Figura 8 representa esta classificação e alguns exemplos que podem ser atribuídos a ele.

Figura 8 – Classificação de uma variável.



Fonte: Adaptado de Morettin e Bussab e Freitas (2010).

Para cada tipo de variável existem técnicas apropriadas para resumir as informações, neste trabalho foi utilizado o método de distribuições de frequências.

3.4.2 Distribuições De Frequências

De acordo com Morettin e Bussab (2010), quando se estuda uma variável, o interesse é conhecer o comportamento dessa variável, analisando a ocorrência de suas possíveis realizações. A Tabela 1 apresenta um exemplo da distribuição de frequências da “variável” grau de instrução.

Tabela 1 – Frequências e porcentagens.

Mensagem CAS	Frequência (n1)	Proporção (f1)	Porcentagem (100*f1)
Mensagem 1	12	0,3333	33,33
Mensagem 2	18	0,5000	50,00
Mensagem 3	6	0,1667	16,67
Total	36	1,0000	100,00

Fonte: Adaptado de Morettin e Bussab e Freitas (2010), (2021).

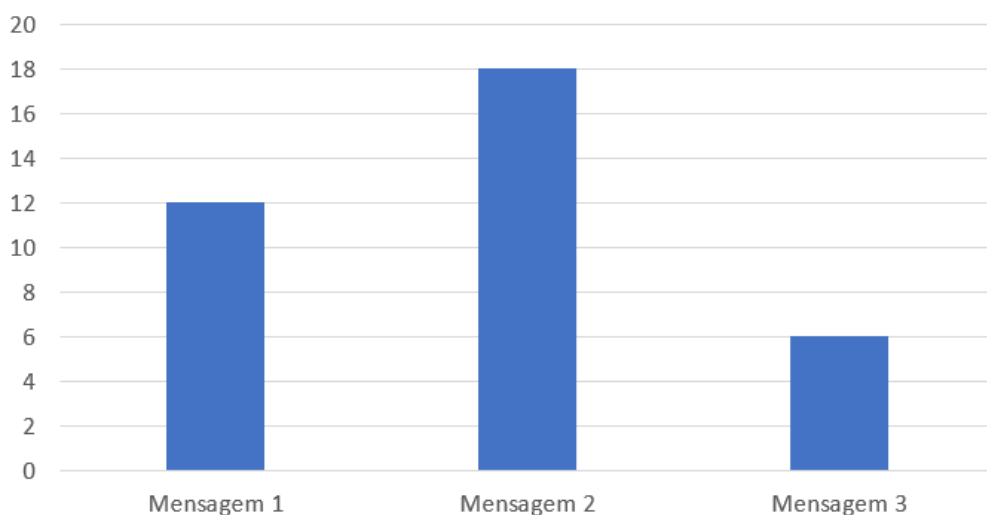
Observando os dados da segunda coluna, conclui-se que do total das 36 mensagens apresentadas, as 12 representam a Mensagem 1, outras 18 da Mensagem 2 e por fim 6 da Mensagem 3.

Uma medida bastante útil na interpretação de tabelas de frequências é a proporção de cada realização em relação ao total; assim, $6/36 = 0,1667$ das mensagens são do tipo 3. Na última coluna da Tabela 2 são apresentadas as porcentagens para cada realização da variável mensagem CAS. É usado a notação n_1 para indicar a frequência (absoluta) de cada categoria e a notação $f_1 = n_1/n$ para indicar a proporção (ou frequência relativa), sendo n a somatória de todas as frequências das mensagens.

3.4.3 Gráficos

O gráfico de barras utilizado foi para representar variáveis qualitativas. “O gráfico em barras consiste em construir retângulos ou barras, em que uma das dimensões é proporcional à magnitude a ser representada (n_1 ou f_1), sendo a outra arbitrária, porém igual para todas as barras. Essas barras são dispostas paralelamente umas às outras, horizontal ou verticalmente” (MORETTIN; BUSSAB, 2010, p. 15). A Figura 9 ilustra na variável Y as mensagens mostradas na CAS e a variável X a frequência.

Figura 9 – Gráfico em barras.



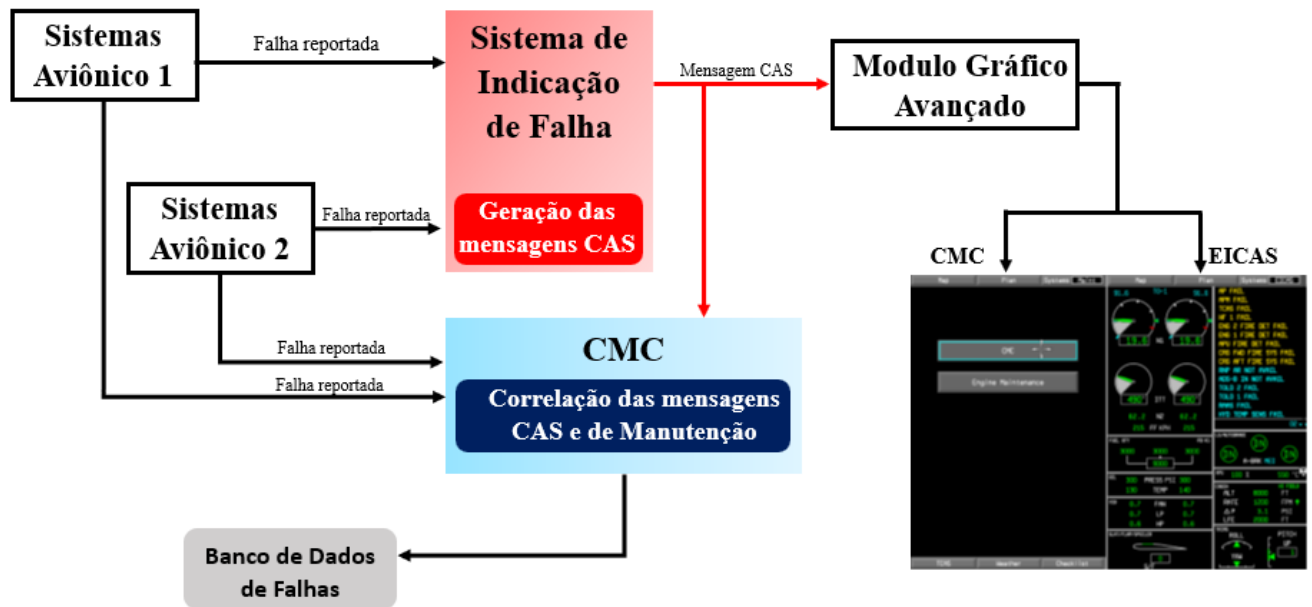
Fonte: Adaptado de Morettin e Bussab e Freitas (2010), (2021).

3.4.4 Sistema De Falha

Na aeronave existe um sistema de indicação de falha, este é o responsável pela geração das mensagens CAS. Quando uma falha é gerada em algum sistema, um número correspondente à esta falha é reportado ao sistema de indicação de falha, e nele é gerada a mensagem

correspondente que vai ser mostrada na CAS, logo em seguida a informação é enviada para o módulo gráfico avançado que gera a interface gráfica da CAS. Em paralelo a falha também é reportada para o CMC, que correlaciona as mensagens CAS (enviada pelo sistema de indicação de falha) e mensagens de manutenção, que irão ser gravadas em um relatório de banco de dados de falhas. A Figura 10 representa o fluxo das falhas.

Figura 10 – Diagrama de bloco das falhas.



Fonte: Produção da própria autora (2021).

Deste modo é possível ter acesso a todas as mensagens relatadas durante a inicialização do avião, e a partir disso gerar as análises necessárias para identificar a mensagens coletadas.

4 DESENVOLVIMENTO

A partir de métodos e softwares dedicados foram obtidos de aeronaves os dados e os parâmetros de inicialização de seus funcionamentos, os quais são analisados e comentados. Como trata-se de dados sigilosos, as informações estão editadas a fim de que se possa entender os eventos, todavia, sem identificar a procedência e identidade do processo ou objeto de análise.

4.1 AMOSTRA ANALISADAS

Foram analisados mais 2500 parâmetros e utilizado 16 aviões de mesmo modelo em um determinado período de tempo que foi de setembro de 2019 a abril de 2020. O tempo de inicialização é de 15 minutos, sendo assim, se as mensagens ficaram em estado ativo e depois de 15 minutos não entrarem em modo inativo elas serão incluídas na análise e além disso só serão consideradas as mensagens que estiverem na janela de 4 horas antes da aeronave decolar, isso significa que uma mensagem irá avisar que o sistema de referência inercial está alinhado (SRI Alinhado).

No inglês este mesmo termo é chamado de *Inertial Reference System* (IRS) e é usado como uma descrição geral para uma grande variedade de sensores e sistemas de navegação de diferentes projetos, neste caso refere-se a uma unidade de estado sólido de três Giroscópios a Laser de Anel detectando acelerações em 3 dimensões; eles também podem conter acelerômetros de quartzo.

Já o outro termo utilizado existe, pois, um processo de inicialização estabelece a relação entre a "estrutura" da aeronave (os eixos de referência) e a referência geográfica (posição e orientação). Este processo é chamado de alinhamento. O alinhamento geralmente requer que a aeronave permaneça estacionária por um período de tempo a fim de inicializar-se totalmente. Os tempos de alinhamento variam de acordo com a tecnologia em uso e a precisão requerida pelo sistema (SKY BRARY, 2021).

Na Quadro 2 está a representação desses parâmetros de análises e como as mensagens são extraídos do FHDB, neste caso foi colocado apenas um avião modelo para a análise. A verificação da mensagem é feita analisando o modelo do avião, a data e a hora da ocorrência, o nível da mensagem e o estado dela.

Quadro 2 – Mensagens retiradas do FHDB.

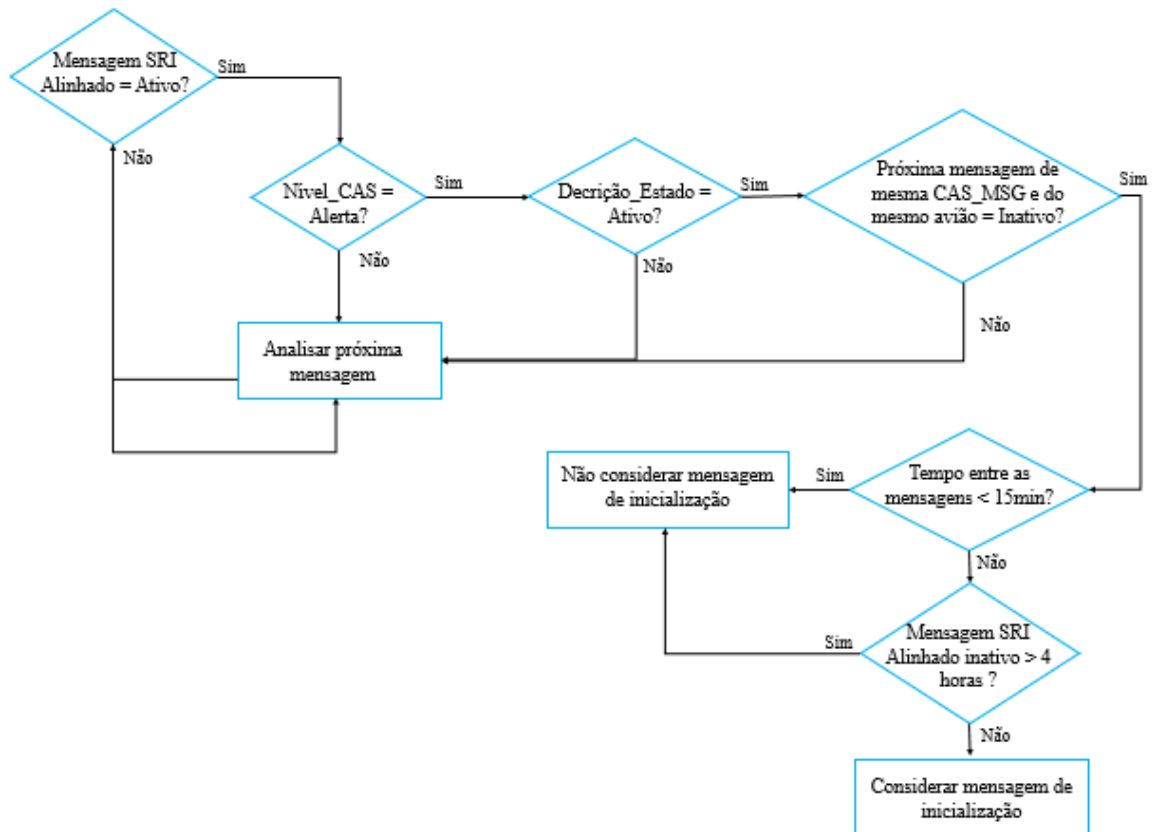
Num_Serie	Data_Hora	Ata	Fase_Voo	CAS_MSG	Nivel_CAS	Descrição_Estado
Avião 1	09/12/2019 11:46:19	X	FASE DE VOO	Mensagem CAS	Situação	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 11:47:32	X	FASE DE VOO	Mensagem CAS	Aviso	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 11:47:41	X	FASE DE VOO	Mensagem CAS	Alerta	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:16:46	X	FASE DE VOO	SRI ALINHADO	Aviso	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:16:46	1	FASE DE VOO	Mensagem CAS 1	Alerta	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:16:46	X	FASE DE VOO		Situação	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:16:46	5	FASE DE VOO	Mensagem CAS 5	Alerta	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:16:46	3	FASE DE VOO	Mensagem CAS 3	Alerta	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:16:46	4	FASE DE VOO	Mensagem CAS 4	Alerta	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:16:50	1	FASE DE VOO	Mensagem CAS 1	Alerta	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:16:50	2	FASE DE VOO	Mensagem CAS 2	Alerta	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:17:24	X	FASE DE VOO		Situação	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:17:24	2	FASE DE VOO	Mensagem CAS 2	Alerta	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:18:16	X	FASE DE VOO		Situação	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:23:04	3	FASE DE VOO	Mensagem CAS 3	Alerta	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:23:04	X	FASE DE VOO		Observação	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:23:08	X	FASE DE VOO		Situação	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:23:55	X	FASE DE VOO		Observação	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:23:57	X	FASE DE VOO	SRI ALINHADO	Aviso	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:26:22	1	FASE DE VOO	Mensagem CAS 1	Alerta	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:29:21	X	FASE DE VOO		Observação	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:29:24	X	FASE DE VOO		Situação	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:29:26	3	FASE DE VOO	Mensagem CAS 3	Alerta	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:31:33	2	FASE DE VOO	Mensagem CAS 2	Alerta	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:31:40	2	FASE DE VOO	Mensagem CAS 2	Alerta	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:50:57	X	FASE DE VOO		Observação	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:53:45	4	FASE DE VOO	Mensagem CAS 4	Observação	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:53:55	X	FASE DE VOO	Mensagem CAS	Situação	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:54:06	X	FASE DE VOO	Mensagem CAS	Observação	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:58:08	X	FASE DE VOO	Mensagem CAS	Observação	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:58:22	X	FASE DE VOO	Mensagem CAS	Aviso	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:59:22	5	FASE DE VOO	Mensagem CAS 5	Alerta	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:59:26	X	FASE DE VOO	Mensagem CAS	Aviso	ACTIVE

Fonte: Produção da própria autora (2021).

Para melhor compreensão serão analisadas algumas mensagens CAS e para isso será utilizado o fluxograma mostrado na Figura 11, o qual permite categorizar as mensagens do Quadro 2 e, neste caso, não entrarão na análise as mensagens que não são de nível alerta.

Seguindo o fluxograma da Figura 11, a mensagem que ativar e demorar mais de 15 minutos para entrar em modo inativo, dentro da janela da mensagem SRI Alinhado até 4 horas, serão consideradas na análise.

Figura 11 – Fluxograma para análise de dados.



Fonte: Produção da própria autora (2021).

O quadro 3 está destacado em vermelho quais mensagens irão entrar na análise seguindo o fluxograma acima, para o exemplo apresentado, as mensagens CAS 1, 3, 4 e 5 estarão na análise. As demais não foram consideradas por não entrar na lógica criada.

Quadro 3 - Mensagens retiradas do FHDB analisadas.

Num_Serie	Data_Hora	Ata	Fase_Voo	CAS_MSG	Nivel_CAS	Descrição_estado
Avião 1	09/12/2019 11:46:19	X	FASE DE VOO	Mensagem CAS	Situação	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 11:47:32	X	FASE DE VOO	Mensagem CAS	Aviso	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 11:47:41	X	FASE DE VOO	Mensagem CAS	Alerta	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:16:46	X	FASE DE VOO	SRI ALINHADO	Aviso	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:16:46	1	FASE DE VOO	Mensagem CAS 1	Alerta	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:16:46	X	FASE DE VOO		Situação	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:16:46	5	FASE DE VOO	Mensagem CAS 5	Alerta	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:16:46	3	FASE DE VOO	Mensagem CAS 3	Alerta	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:16:46	4	FASE DE VOO	Mensagem CAS 4	Alerta	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:16:50	1	FASE DE VOO	Mensagem CAS 1	Alerta	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:16:50	2	FASE DE VOO	Mensagem CAS 2	Alerta	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:17:24	X	FASE DE VOO		Situação	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:17:24	2	FASE DE VOO	Mensagem CAS 2	Alerta	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:18:16	X	FASE DE VOO		Alerta	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:23:04	3	FASE DE VOO	Mensagem CAS 3	Alerta	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:23:04	X	FASE DE VOO		Observação	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:23:08	X	FASE DE VOO		Situação	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:23:55	X	FASE DE VOO		Observação	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:23:57	X	FASE DE VOO	SRI ALINHADO	Aviso	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:26:22	1	FASE DE VOO	Mensagem CAS 1	Alerta	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:29:21	X	FASE DE VOO		Observação	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:29:24	X	FASE DE VOO		Situação	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:29:26	3	FASE DE VOO	Mensagem CAS 3	Alerta	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:31:33	2	FASE DE VOO	Mensagem CAS 2	Alerta	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:31:40	2	FASE DE VOO	Mensagem CAS 2	Alerta	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:50:57	X	FASE DE VOO		Observação	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:53:45	4	FASE DE VOO	Mensagem CAS 4	Observação	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:53:55	X	FASE DE VOO	Mensagem CAS	Situação	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:54:06	X	FASE DE VOO	Mensagem CAS	Observação	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:58:08	X	FASE DE VOO	Mensagem CAS	Observação	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:58:22	X	FASE DE VOO	Mensagem CAS	Aviso	ACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:59:22	5	FASE DE VOO	Mensagem CAS 5	Alerta	INACTIVE
Avião 1	09/12/2019 17:59:26	X	FASE DE VOO	Mensagem CAS	Aviso	ACTIVE

Fonte: Produção da própria autora (2021).

A função de considerar ou não a mensagem foi realizada utilizando a programação em Python 3, nela foi colocado todos os parâmetros que deveriam ser considerados e foi gerado um arquivo também em Microsoft Excel 2016 com a mensagens que entraram na categoria de mensagens de inicialização.

A partir da Tabela 2 foi possível colocar em ordem decrescente as mensagens de maior recorrência e com a coluna 'ATA' identificar qual sistema está envolvido com a falha, representando apenas as 50 primeiras mensagens considerando que depois disso o número de frequência é muito baixo para ser considerado na análise.

Uma vez dita que para a realização da análise é preciso verificar as mensagens de maior incidência e classificá-las se estão dentro da normalidade e funcionabilidade padrão, quando não, será passado para a engenharia visando a implementação das melhorias necessárias do sistema nas próximas atualizações de software.

Tabela 2 – Mensagens analisadas a partir do Python 3.

(continua)

CAS_MSG	ATA	Ativo > 15 min	
		Frequência	Porcentagem
Mensagem CAS 1	3	395	16,83%
Mensagem CAS 3	6	186	7,93%
Mensagem CAS 2	6	174	7,41%
Mensagem CAS 4	4	169	7,20%
Mensagem CAS 5	7	121	5,16%
Mensagem CAS 6	7	116	4,94%
Mensagem CAS 7	1	91	3,88%
Mensagem CAS 8	2	68	2,90%
Mensagem CAS 9	2	55	2,34%
Mensagem CAS 10	1	54	2,30%
Mensagem CAS 13	4	48	2,05%
Mensagem CAS 14	6	44	1,87%
Mensagem CAS 15	6	38	1,62%
Mensagem CAS 11	6	38	1,62%
Mensagem CAS 12	1	37	1,58%
Mensagem CAS 17	6	34	1,45%
Mensagem CAS 20	1	31	1,32%
Mensagem CAS 19	6	29	1,24%
Mensagem CAS 16	6	29	1,24%
Mensagem CAS 22	5	28	1,19%
Mensagem CAS 25	6	26	1,11%
Mensagem CAS 26	8	26	1,11%
Mensagem CAS 27	8	26	1,11%
Mensagem CAS 28	4	26	1,11%
Mensagem CAS 29	4	26	1,11%

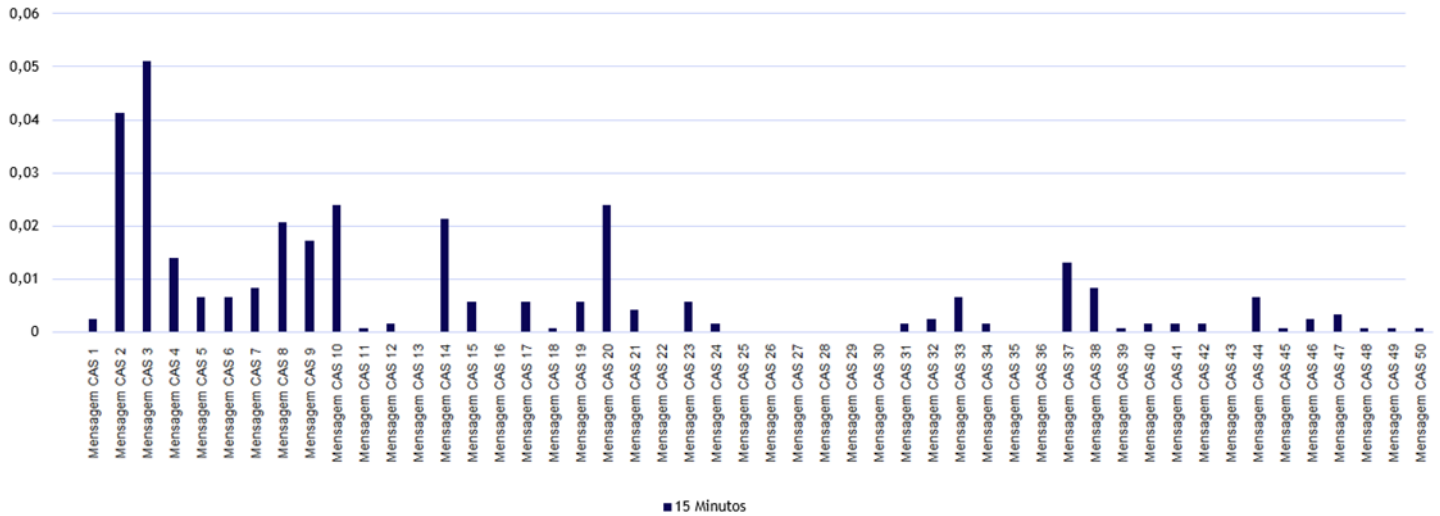
Tabela 2 – Mensagens analisadas a partir do Python 3.
(conclusão)

CAS_MSG	ATA	Ativo > 15 min	
		Frequência	Porcentagem
Mensagem CAS 21	2	25	1,07%
Mensagem CAS 23	2	23	0,98%
Mensagem CAS 24	7	22	0,94%
Mensagem CAS 18	1	22	0,94%
Mensagem CAS 30	4	22	0,94%
Mensagem CAS 35	8	22	0,94%
Mensagem CAS 36	8	22	0,94%
Mensagem CAS 37	5	21	0,89%
Mensagem CAS 38	2	21	0,89%
Mensagem CAS 39	5	21	0,89%
Mensagem CAS 31	6	18	0,77%
Mensagem CAS 33	6	18	0,77%
Mensagem CAS 40	1	18	0,77%
Mensagem CAS 41	4	18	0,77%
Mensagem CAS 42	2	17	0,72%
Mensagem CAS 44	2	16	0,68%
Mensagem CAS 48	2	16	0,68%
Mensagem CAS 32	6	14	0,60%
Mensagem CAS 45	7	14	0,60%
Mensagem CAS 46	4	14	0,60%
Mensagem CAS 49	7	14	0,60%
Mensagem CAS 50	7	14	0,60%
Mensagem CAS 34	1	8	0,34%
Mensagem CAS 43	6	6	0,26%
Mensagem CAS 47	6	6	0,26%

Fonte: Produção da própria autora (2021).

A Figura 12 é a representação gráfica da análise feita de uma das companhias analisadas, nele mostra como se comportam cada uma das mensagens CAS filtradas. Foi realizado a análise gráfica para todas as companhias, mas será colocado apenas um exemplo por ser tratar de uma informação sigilosa e não expor a quantidade de companhia analisada.

Figura 12 – Análise gráfica do comportamento das mensagens em uma companhia.



Fonte: Produção da própria autora (2021).

Destas 50 mensagens analisadas, 8 foram classificadas como de ocorrência normal dependendo de alguns eventos como por exemplo configuração de cabine, ação de manutenção e afins. Neste caso, a Tabela 3 representa as mensagens que foram retiradas a partir das análises dos engenheiros da área responsável.

Tabela 3 – Mensagens retiradas da lista.

CAS_MSG	ATA	Ativo > 15 min	
		Frequência	Porcentagem
Mensagem CAS 5	7	121	5,16%
Mensagem CAS 6	7	116	4,94%
Mensagem CAS 24	7	22	0,94%
Mensagem CAS 30	4	22	0,94%
Mensagem CAS 41	4	18	0,77%
Mensagem CAS 44	2	16	0,68%
Mensagem CAS 46	4	14	0,60%
Mensagem CAS 48	2	16	0,68%

Fonte: Produção da própria autora (2021).

Somando a porcentagem que totalizam as oito mensagens é de 14,71%, sendo assim, as outras 42 mensagens, totalizando 85,29%, serão enviadas para a área de software para estudo e atualização do sistema.

A partir das análises e da confirmação das não conformidades encontradas, o processo de atualização de software da aeronave se inicia. Neste momento, serão passados todo o conteúdo

analisado e um relatório indicando as mensagens e sistemas relacionados que aparecem com maior frequência para as pessoas integrantes da área responsável.

Existe um processo para a análise da programação, correção de lógica de inicialização dos sistemas e vários outros que acontecem afim de identificar e corrigir as falhas encontradas na análise. Na correção vários procedimentos são testados para verificar se houve êxito na elaboração da atualização e é feita também a checagem se outro problema detectado.

A plataforma que realiza esses testes reúne vários sistemas de aeronaves em um só lugar, mas sem fuselagem. A configuração permite imagens de Raio X de todos os componentes. Integra equipamentos e sistemas em uma única ferramenta e permite a bateria de testes. Para esta fase, os sistemas são montados para representar a forma como seriam instalados em uma aeronave real, a fim de estabelecer um ambiente realista para a realização de avaliações. (Embraer, 2021).

Na Figura 13 mostra como a plataforma é, suas estruturas proporcionam a simulação exata de uma aeronave.

Figura 13 – Plataforma de testes.



Fonte: Produção da própria autora (2021).

Desta forma, é possível testar todas as alterações e incrementos feitos nas atualizações de forma mais realista e complexa em relação a um software padrão de simulação. Este processo é vagaroso pois demanda muita burocracia e muitos conhecimentos técnicos aplicados a este tema.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os objetivos iniciais do presente estudo, verificou-se que estes foram cumpridos por meio da aplicação da análise proposta, os quais foram interpretadas e estudadas as mensagens recebidas na inicialização do avião, e ainda foi feita uma avaliação das falhas atreladas com os sistemas da aeronave. Depois disso um estudo estatístico foi realizado a fim de se conhecer quais mensagens eram de maior incidência, classificando-as dentro da normalidade ou não do funcionamento e a equipe responsável pela atualização de software receberam as mensagens analisadas, com isso, outros estudos e análises serão realizados a fim de descobrir as falhas que estão sendo geradas e saná-las.

Em relação ao desempenho do programa utilizando, o Python, foi de grande importância para a busca dos dados na base, filtrando e selecionando a aeronave que apresentava as falhas procuradas.

Para a análise dos eventos foi possível classificá-las e analisa-las mais profundamente em conjunto com os responsáveis de cada sistema determinar qual delas era comum ou não a indicação. Para isso foi possível estabelecer as 50 mensagens de maior frequência e após classifica-las e filtrar restaram 42 mensagens, o que totaliza 85,29% do total, o qual obteve-se resultados satisfatórios na análise dos parâmetros.

A contribuição deste trabalho apresentado resulta na diminuição do tempo, a medida em que o tempo para corrigir as mensagens é considerado longo podendo gerar atrasos nos voos e requer significativa mão de obra intensiva conforme o número de mensagens que aparece quando se inicializa o avião, tendo impacto significativo no capital gasto pelas companhias aéreas.

REFERÊNCIAS

ADS LATIN. **A incrível história do avião:** a máquina que revolucionou gerações. Disponível em: <https://adslatin.com/incrivel-historia-aviao/>. Acesso em: 12 mar. 2021.

AERO MAGAZINE. **Onde está a turbina?** 2017. Disponível em: https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/onde-esta-turbina_3402.html. Acesso em: 06 abr. 2021.

AERO SIMPLIFIED. **Flight Control Surfaces:** primary controls surfaces & secondary control surfaces. 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=SXDJO7KFr5M>. Acesso em: 12 mar. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Anacpédia.** Disponível em: <https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por-fra/tr654.htm>. Acesso em: 13 mar. 2021.

AIR WAY. **A difícil vida do trem de pouso.** 2016. Disponível em: <https://www.airway.com.br/dificil-vida-do-trem-depouso/>. Acesso em: 12 mar. 2021.

AIR WAY. **Como funcionam as máscaras de oxigênio do avião?** 2015. Disponível em: <https://www.airway.com.br/como-funcionam-as-mascaras-de-oxigenio-do-aviao/#:~:text=Ao%20contr%C3%A1rio%20do%20que%20muitos,quais%20as%20m%C3%A1scaras%20ficam%20armazenadas>. Acesso em 13 mar. 2021.

AVENTURAS NA HISTORIA. **O céu não é o limite:** o balão de Bartolomeu de Gusmão. 2019. Disponível em: <https://aventurasnahistoria.uol.com.br/noticias/reportagem/bartolomeu-gusmao.phtml>. Acesso em: 12 mar. 2021.

AVIAÇÃO MARTE. **Sistemas de trens de pouso.** Disponível em: <http://aviacaomarte.com.br/wp-content/uploads/2015/04/09Sistemas-de-Trem-de-Pouso-.pdf>. Acesso em 12 mar. 2021.

BALONISMO AVENTURA. **Como voam os balões de ar quente.** Disponível em: <https://www.balonismoaventura.com.br/index.php/curiosidades/como-voam-os-baloes-de-ar-quente>. Acesso em: 03 jun. 2020.

BUSSAB W. O.; MORETTIN P. A. **Estatística básica.** 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

CHAMBERS, J. M.; CLEVELAND, W. S.; KLEINER, B. e TUKEY, P. A. **Graphical methods for data analysis.** Nova York: Chapman and Hall, 1983.

CROUCH, T. D. **Asas:** uma historia da aviacao: das pipas a era espacial. Rio de Janeiro: Record, 2008.

DATAFLAIR TEAM. **Python applications:** 9 real world applications of python programming. Disponível em: <https://data-flair.training/blogs/python-applications/>. Acesso em: 23 maio 2021.

DOJO BYLEARN. **Por que usar o Jupyter Notebook para desenvolver Python?** Disponível em: <https://dojo.bylearn.com.br/python/por-que-usar-o-jupyter-notebook/>. Acesso

em: 23 maio 2021.

EMBRAER COMERCIAL. **E2 Iron Bird Makes its Debut**. Disponível em: <https://www.embraercommercialaviation.com/news/e2-iron-bird-makes-its-debut/>. Acesso em: 03 jun. 2020.

EMBRAER. **E2: the next generation**. 2013. Disponível em: <https://www.embraercommercialaviation.com/news/e2-next-generation/>. Acesso em: 06 abr. 2021.

EMBRAER. **Embraer lança sistema de manutenção preditiva IKON com big data e analytics baseado em nuvem da amazon web services**. 2019. Disponível em: <https://www.embraer.com/br/pt/noticias?slug=1206610-embraer-lanca-sistema-de-manutencao-preditiva-ikon-com-big-data-e-analytics-baseado-em-nuvem-da-amazon-web-services>. Acesso em: 30 set. 2021

FAJER, M. **Sistema de investigação dos acidentes aeronáuticos da aviação geral: uma análise comparativa**. 2009. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

HISTORY UOL. **"Padre-voador", Bartolomeu de Gusmão inventa o balão de ar quente**. Disponível em: <https://history.uol.com.br/hoje-na-historia/padre-voador-bartolomeu-de-gusmao-inventa-o-balao-de-ar-quente>. Acesso em: 03 jun. 2020.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Doc. 9859, Safety management manual**. 2. ed. 2009. Disponível em: http://www.icao.int/anb/safetymanagement/DOC_9859_FULL_EN.pdf. Acesso em: 30 set. 21.

JUPYTER. **Jupyter**. Disponível em: <https://jupyter.org/>. Acesso em: 23 maio 2021.

LEWAGON. **Python: o guia completo para aprender a programar nessa linguagem do zero**. 2020. Disponível em: <https://www.lewagon.com/pt-BR/blog/guia-aprender-programar-python>. Acesso em: 06 dez. 2020.

MECHEAD. **Principles of aircraft control system**. 2020. Disponível em: <http://www.mechead.com/principles-of-aircraft-control-system/>. Acesso em: 06 abr. 2021.

MELLO, P. M. **Aviação, estresse saúde dos profissionais**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Psicologia) – Faculdade de Psicologia, Universidade Anhanguera, Campinas, 2009.

OLIVEIRA, L. G. **O desenvolvimento de projetos de sistemas complexos na indústria aeronáutica: o caso de gestão integrada aplicada ao programa Embraer 170**. Brasília: Campus Universitário Darcy Ribeiro, 2008.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PUC RIO. **Fundamentos teóricos**. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/16198/16198_3.PDF. Acesso em: 06 abr. 20.

REGINATO, J. P. M. **Uma proposta de aperfeiçoamento de um processo de gerenciamento de requisitos de sistema e de software e sua aplicação a sistemas espaciais e aeronáuticos embarcados**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) – Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2012.

SCHRAMM, J. F. **O domínio do ar: surgimento, impacto e evolução do poder aéreo nas duas grandes guerras mundiais**. Rio de Janeiro: Revista da UNIFS, 2019.

SKY BRARY. **Inertial reference system (IRS)**. 2020. Disponível em: <https://support.microsoft.com/pt-br/office/usar-o-access-ou-excel-para-gerenciar-os-dados-09576147-47d1-4c6f-9312-e825227fcaea>. Acesso em: 06 abr. 2021.

SUPER ABRIL. **Como nasceu a indústria do transporte aéreo**. 2020. Disponível em: <https://super.abril.com.br/especiais/como-nasceu-a-industria-do-transporte-aereo/>. Acesso em: 30 set. 2021.

SUPORTE MICROSOFT. **Usar o access ou excel para gerenciar os dados**. 2020. Disponível em: <https://skybrary.aero/articles/inertial-reference-system-irs>. Acesso em: 06 abr. 2021.