

FACULDADE SENAC BLUMENAU
Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas

Gabriel Fernando Kraetzer
Hernani Steinheuser Boaski
Leandro da Silva Junior
Wemerson Natanael Silva dos Santos

**PROTÓTIPO DE SISTEMA DE APOIO PARA MONITORAR O DESLOCAMENTO
DE VEÍCULOS NA ÁREA DE MOVIMENTAÇÃO DO AEROPORTO
INTERNACIONAL DE NAVEGANTES**

Blumenau
2020

**Gabriel Fernando Kraetzer
Hernani Steinheuser Boaski
Leandro da Silva Junior
Wemerson Natanael Silva dos Santos**

**PROTÓTIPO DE SISTEMA DE APOIO PARA MONITORAR O DESLOCAMENTO
DE VEÍCULOS NA ÁREA DE MOVIMENTAÇÃO DO AEROPORTO
INTERNACIONAL DE NAVEGANTES**

Trabalho apresentado a Faculdade Senac Blumenau
como requisito parcial para obtenção do título de
Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas.

Orientador: Claudio Ratke,
Fabiano Oss
Lariana Luy Peixoto.

Blumenau

2020

Ficha de identificação da obra

P967 Protótipo de sistema de apoio para monitorar o deslocamento de veículos na área de movimentação do Aeroporto Internacional de Navegantes / Gabriel Fernando Kraetzer, Hernani Steinheuser Boaski, Leandro da Silva Junior [e] Wemerson Natanael Silva dos Santos. – 2020.
Dados eletrônicos (1 arquivo, 75 f. : il.)

Modo de acesso: Word Wide Web

Orientadores: Claudio Ratke, Fabiano Oss [e] Lariana Luy Peixoto.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade Senac Blumenau, Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, 2020.

1. Geolocalização de veículos – Protótipo. 2. Aeroporto Internacional de Navegantes – Incursão em pista. I. Faculdade Senac Blumenau.

II. Kraetzer, Gabriel Fernando. III. Boaski, Hernani Steinheuser.

IV. Silva Junior, Leandro da. V. Santos, Wemerson Natanael Silva dos.

CDD 22. ed.: 629.136

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Sandra Cristina da Silva, Msc – CRB 14/945



Creative Commons - Atribuição-NãoComercial CC BY-NC

Gabriel Fernando Kraetzer
Hernani Steinheuser Boaski
Leandro da Silva Junior
Wemerson Natanael Silva dos Santos

**PROTÓTIPO DE SISTEMA DE APOIO PARA MONITORAR O DESLOCAMENTO
DE VEÍCULOS NA ÁREA DE MOVIMENTAÇÃO DO AEROPORTO
INTERNACIONAL DE NAVEGANTES**

Trabalho apresentado na Faculdade Senac Blumenau
como requisito parcial para obtenção do título de
Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas.

Orientador: Claudio Ratke, Fabiano Oss e Lariana Luy
Peixoto.

Banca:

Cláudio Ratke, MSc – Orientador

Lariana Luy Peixoto, MSc- SENAC Blumenau - SC

Fabiano Oss, MSc- SENAC Blumenau - SC

Mara Paz Mauricio Nowazick, MSc- SENAC Blumenau – SC

Blumenau, 18 junho 2020

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho apresentado aos nossos colegas de classe que sempre passaram maus bocados conosco, além disso, agradecer aos nossos mestres sempre acreditamos que poderíamos passar de ano e sempre nos incentivaram, compreendendo nossos momentos de angústia pela conclusão desse projeto.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecemos aos nossos companheiros de classe, que sempre nos auxiliaram durante toda a trajetória dos anos decorridos, e aos nossos professores que se dedicaram ao máximo nos passando todos os conteúdos desses semestres.

Não deixaremos de agradecer aos nossos familiares e amigos próximos que ficaram ao nosso lado nos momentos mais difíceis dessa etapa em nossas vidas. A ajuda deles foi de extrema importância, pois foram pilares quando nosso teto estava desmoronando.

E por fim, não podemos esquecer-nos de todas as pessoas que nos auxiliaram através de fóruns e grupos de estudos sobre assuntos relacionados ao nosso projeto, saciando nossas dúvidas durante o desenvolver do trabalho.

RESUMO

Dentro dos processos executados nos aeródromos, grande parte da comunicação é feita via rádio. Para melhorar a troca de informação entre os operadores, realiza-se o desenvolvimento de um protótipo que permite o monitoramento, através da geolocalização, dos veículos de apoio dentro da área de movimentação do aeródromo. Permitindo que seja conferida a geolocalização do veículo no momento da autorização do fluxo no perímetro de segurança durante os procedimentos. Nos processos de carga, descarga, reabastecimento, inspeção de pista, entre outros, é necessário que haja uma assertividade nas ações prestadas por todos envolvidos no processo. O protótipo conta com uma camada de hardware feita com um microcontrolador para fornecer informações através da tecnologia LoRa à central que processa e lista, de forma visual, um mapa reduzido da área de movimentação com todos os equipamentos.

Palavras-chave: Aeródromo, NodeMCU, LoRa, Geolocalização, Incursão em pista.

ABSTRACT

Within the accomplished processes in the airfield a large amount of the communication is made by radio to improve the information exchange between the operators. It is achieved the development of a prototype that allows the monitoring, through geolocation, of the support vehicle inside the airfield movement area which gives permission to a specific vehicle flow in the safe perimeter while the procedures are being done. It is necessary assertive actions taken by all the parts in the process in loading unloading and replenishment procedures and also in the runway inspection. The prototype has a hardware layer made with a microcontroller to supply information through LoRa technology to the network center that processes and lists in a visual way a reduced map of the movement area with all equipment.

Keywords: Aerodrome, NodeMCU, LoRa, Geolocation, Runway incursion.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Dados estatísticos nos voos domésticos no Brasil.....	14
Figura 2 - Número de acidentes por ano a cada 1.000.000 de decolagens	15
Figura 3 - Área de Movimento do Aeroporto de São Paulo/Congonhas.....	20
Figura 4 - Sinalização Horizontal.....	24
Figura 5 – Luz de Indicação de Área de Movimentação em Operação.....	25
Figura 7 - Linha de demarcação da área protegida na área de movimentação	27
Figura 8 - Funcionamento do Recebimento dos sinais de GPS	29
Figura 9 – Triangulação dos Satélites de GPS.....	29
Figura 10 - Urna eletrônica criada para a realização de votações	30
Figura 11 - Divisão do comportamento do sistema embarcado	31
Figura 12 - Microcontroladores.....	35
Figura 13 - Estrutura Interna de um Microcontrolador	35
Figura 14 - Diagrama do fluxo principal do sistema	41
Figura 19 - Diagrama representando a arquitetura do sistema embarcado	46
Figura 20 - Rotina de validação das coordenadas geográficas.....	48
Figura 21 - Rotina responsável por empacotar e enviar os dados via rede LoRa	48
Figura 22 - Rotina responsável por interpretar a entrada de dados via rede LoRa ...	49
Figura 23 - Rotina responsável por publicar a mensagem no broker MQTT	50
Figura 24 - Diagrama ilustrando a arquitetura do sistema web	51
Figura 25 - Código responsável por interpretar o retorno do broker MQTT	52
Figura 26 - Código responsável por emitir o evento.....	53
Figura 27 – LED de notificação ativo e a mensagem de alerta na tela	54
Figura 28 - Mapa da aplicação web mostrando a localização dos veículos	55
Figura 29 - Identificação dos veículos no mapa da aplicação	56
Figura 30 - Mapa da aplicação sem a marcação da área protegida.....	57

LISTA DE SIGLAS

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil.

BDD – *Behaviour Driven Development* – Desenvolvimento Guiado por Comportamento.

CPU - *Central Processing Unit* – Unidade Central de Processamento.

GPS - *Global Positioning System*.

IATA - Associação Internacional de Transporte Aéreo.

IoT – *Internet Of Things*.

LPWAN – *Low Power Wide Area*.

NBR – Norma Técnica.

RBAC – Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil.

RST – *Runway Safety Team*.

SGSO – Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional.

SOCMS – Sistema de Orientação e Controle da Movimentação no Solo.

TWR – *Aerodrome Control Tower* - Torre de Controle de Aeródromo.

USOAP-CMA – *Universal Safety Oversight Audit Program – Continuous Monitoring Approach*.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	13
1.1.1 Objetivo geral	13
1.1.2 Objetivos específicos	13
1.2 JUSTIFICATIVA	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 TRANSPORTE	17
2.1.2 Transporte Aéreo	18
2.2 AERÓDROMO	19
2.2.1 Segurança Operacional	21
2.2.1.1 Incursão de Pista	23
2.2.1.2 Áreas Delimitadas	26
2.3 GEOLOCALIZAÇÃO	28
2.4 SISTEMAS EMBARCADOS	30
2.4.1 Internet das coisas	31
2.4.2 Microcontrolador	34
2.4.3 Rede LoRa	36
2.4.4 MQTT	37
3 METODOLOGIA	39
4 DESENVOLVIMENTO	40
4.1 - DESCRIÇÃO DO PROJETO	40
4.1.1 - Histórias do usuário	41
4.1.2 - Histórias Spikes	43
4.2 - ARQUITETURA DO SISTEMA	43
4.2.1 - Tecnologias utilizadas	44
4.2.2 - Sistema embarcado	45
4.2.2.1 - Validação da área protegida	47
4.2.2.2 - Envio das coordenadas por rede LoRa	48
4.2.2.3 - Envio das coordenadas para o broker MQTT	49
4.2.3 - Sistema web	50
4.2.3.1 Leitura das coordenadas do broker MQTT	51
4.2.3.2 Propagação das coordenadas para a interface de usuário	52
4.3 QUALIDADE DE SOFTWARE	53
4.4 OPERACIONALIZAÇÃO DO SISTEMA	53
4.5 RESULTADOS	57
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
REFERÊNCIAS	61
APÊNDICE A – Histórias de usuário	65
APÊNDICE B – Pesquisa sobre o impacto de uma incursão em pista	68
APÊNDICE C – Resultados da pesquisa sobre o impacto de uma incursão em pista	69

1 INTRODUÇÃO

O setor de transporte aéreo possui um papel importante perante a sociedade, não apenas em relação a movimentação de passageiros, mas também com o transporte de cargas. Dentro dos modais do setor, registram-se números que indicam a preferência pelo serviço na distribuição de cargas por conta da sua velocidade de entrega comparado com o transporte terrestre.

A velocidade de entrega, bem como as atividades executadas nos aeródromos são complexas e exigem muita atenção dos envolvidos. Para garantir um pouso ou uma decolagem de forma segura, é necessária uma operação coordenada para evitar acidentes, trazendo mais segurança para os passageiros que utilizam o serviço aéreo.

Por necessitar de segurança em níveis mais rígidos, surgem oportunidades de desenvolver ferramentas para auxiliar a operação de cada aeroporto, surgindo também tecnologias que por mais simples que sejam resolvem problemas complexos enfrentados por profissionais que estão na linha de frente da operação.

O mundo vive em uma era de transformação suportada pelo avanço da conectividade entre aparelhos celulares, eletrodomésticos, sensores e muitos tipos de aparelhos por meio do conceito de Internet das Coisas. Partindo dessa visão, utilizá-la em regiões que não possuem uma forma simples de compartilhamento de dados é permitir que sejam feitas mudanças benéficas em processos manuais, como os realizados na área de manobra de um aeroporto.

No perímetro demarcado como área de segurança dentro de um aeroporto, existe a necessidade de trocar informações durante a operação dos veículos de apoio na área de movimentação. Para que não haja incidentes, ou até mesmo colisões fatais, a administração dos recursos durante as operações é feita/através de processos manuais, via rádio.

A ideia de melhorar a integridade das informações através de processos manuais permite que os operadores de voos tenham mais precisão em suas ações. Tendo em vista a importância do transporte aéreo, promover a evolução tecnológica e garantir a segurança das operações realizadas nos aeródromos.

Frente ao exposto acima, a proposta deste trabalho é desenvolver um protótipo de software que entrega aos operadores de voo informações em tempo

real da localização geográfica dos veículos terrestres que estão transitando na área de movimentação dentro do aeródromo.

1.1 OBJETIVOS

O desenvolvimento do protótipo tem como objetivo a evolução do setor aeroviário utilizando a tecnologia a seu favor.

1.1.1 Objetivo geral

Desenvolver um protótipo de sistema de apoio para monitorar o deslocamento de veículos na área de movimentação do aeroporto internacional de Navegantes.

1.1.2 Objetivos específicos

Com o intuito de fundamentar a realização do objetivo geral caracterizado anteriormente, serão listados a seguir os objetivos específicos a serem atingidos durante a realização do estudo.

- a. Desenvolver o protótipo de um dispositivo que monitore as coordenadas geográficas de um veículo conforme ele se desloque.
- b. Desenvolver o protótipo de um software para exibir a localização dos veículos monitorados pelos dispositivos.
- c. Estabelecer uma comunicação entre os dispositivos e o software através de uma rede sem fios em conexão com a internet para enviar as coordenadas geográficas dos veículos coletadas pelos dispositivos até o software.

1.2 JUSTIFICATIVA

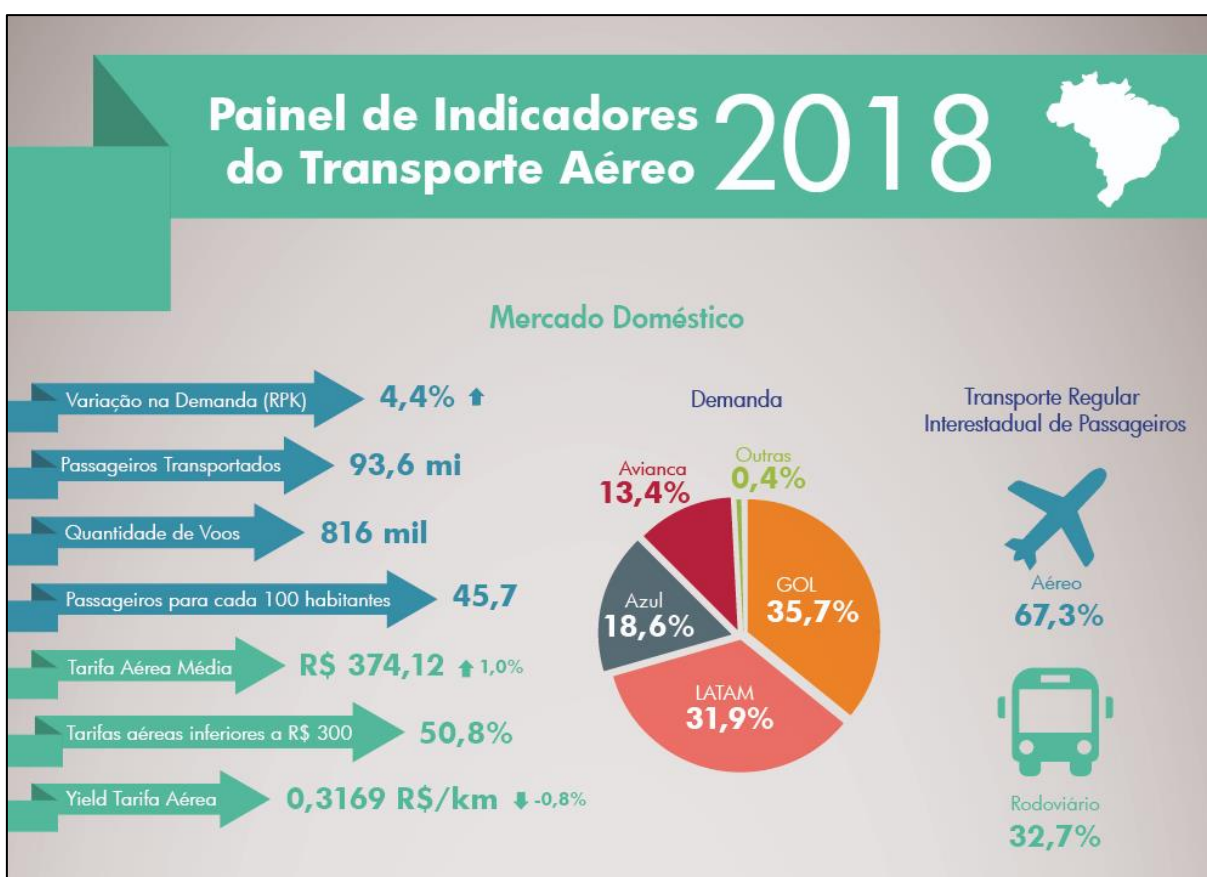
Segundo economistas, o transporte é considerado como um diferencial entre atividades econômicas concorrentes, na qual leva-se em consideração a distribuição regional das microeconomias conforme a disposição dos centros de distribuição, mostrando que a ciência regional é necessária com o desenvolvimento das cidades (ALVES-CAETANO, 2015).

Nota-se que a representatividade dos transportes aéreos obteve uma evolução nos anos de 2015 e 2016, causado por influência do órgão regulador em

manter um ambiente de livre concorrência e que tende a estimular a inovação, otimização de custos, melhoria da eficiência, entre outros aspectos (ANAC, 2016).

O setor aeroportuário no Brasil registrou movimentações financeiras muito relevantes, de acordo com os dados disponibilizados através da Superintendência de Acompanhamento de Serviços Aéreos, em 2018 as empresas brasileiras de aviação obtiveram a receita estimada em R\$ 43,2 bilhões (ANAC, 2018). Observa-se na Figura 1 os números do ano de 2018.

Figura 1 - Dados estatísticos nos voos domésticos no Brasil



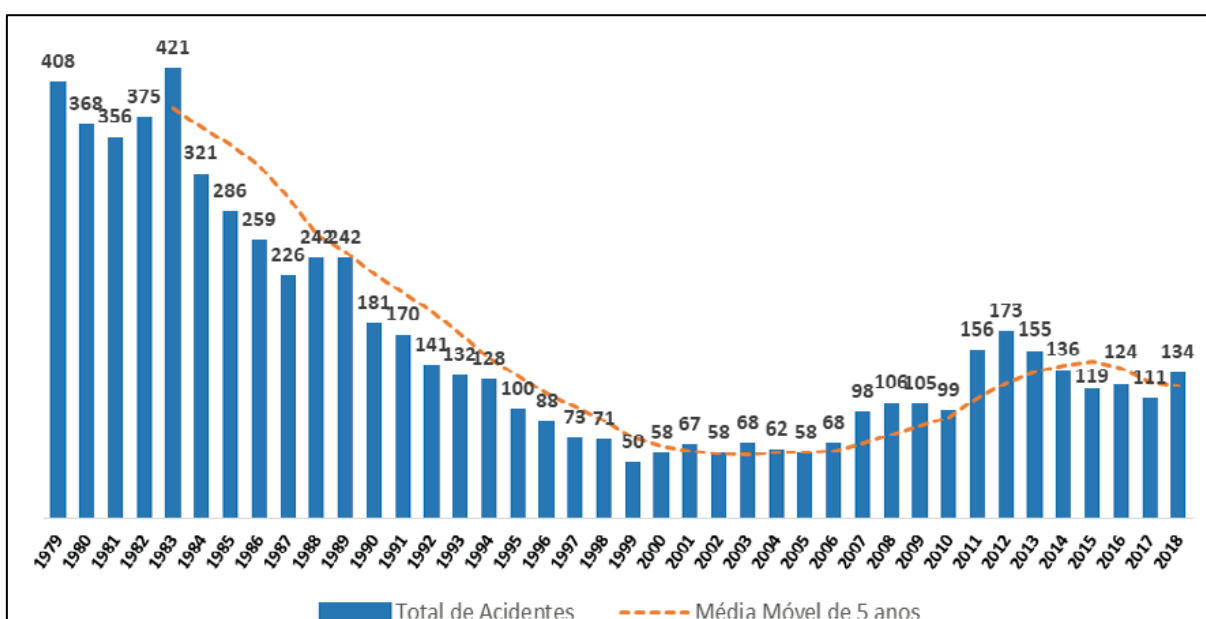
Fonte: Anac (2018).

Segundo o relatório anual de segurança operacional da ANAC, ano após ano, são divulgados resultados de pesquisas operacionais, nos quais relatam uma constante diminuição dos acidentes, afirmando que dentre os modais de transporte, a aviação é um dos mais seguros na atualidade, reforçando ainda mais a necessidade de métodos de monitoramento operacional mais enxutos (ANAC, 2018).

Para garantir a avaliação mais precisa do desempenho da estrutura de aviação de um estado, são utilizados os indicadores do programa USOAP-CMA, no qual o objetivo é realizar a vigilância de segurança operacional dentro das suas determinadas estruturas. Os dados são coletados através de uma auditoria e com o preenchimento de formulários sobre os protocolos utilizados no procedimento em relação aos padrões internacionais (ANAC, 2018).

De acordo com o relatório anual da ANAC, houve um crescimento na pontuação durante a última auditoria realizada no país, o indicador obteve uma melhora, passando de 87,60% em 2009 para 95,14%. Em 2018 ocorreu a última auditoria, destaca-se também o aumento no número de voos e a importância de manter um processo mais enxuto de monitoramento dos processos realizados na área protegida dentro do aeródromo, como ilustrado na Figura 2 (ANAC, 2018).

Figura 2 - Número de acidentes por ano a cada 1.000.000 de decolagens



Fonte: ANAC (2018).

Com base nos dados obtidos no RASO (2018), pode-se observar um crescimento na demanda aeroportuária e infelizmente um aumento de incidentes no ano de 2018, com relação aos três anos anteriores. Levando em consideração esses dados, é necessário evoluir o acesso a informações relevantes durante as operações terrestres dentro da área de movimentação, como por exemplo o

posicionamento dos veículos de apoio em solo, assim como controlar o acesso em perímetros restritos (ANAC, 2018).

Levando em consideração o crescimento do setor, nota-se que não é apenas na quantidade de voos, mas também nas estruturas dos aeroportos, que tendem a acompanhar o volume de pousos e decolagens, obrigando a ampliação de espaço para manobras em terra e por consequência um processo com maior grau de acerto, garantindo os dados crescentes de segurança (ANAC, 2018).

Para observar a relevância da segurança nos processos, foi elaborado uma pesquisa para colher dados de colaboradores que exercem algum cargo dentro da aviação, bem como na estrutura organizacional dos aeroportos. Nota-se que as informações obtidas revelam que cerca de 87% dos entrevistados já passaram por algum tipo de incidente. A pesquisa está disponível no Apêndice B.

Durante os processos executados na área protegida, é necessário que o controlador de tráfego saiba a localização de todos os veículos de apoio terrestres que receberam a permissão de acesso no mesmo. O processo ajuda a evitar o que se denomina de incursão de pista, no qual um veículo ou pessoa permaneça em uma determinada área sem acesso autorizado. Dá-se o acesso durante um período de acordo com a disposição da pista para eventuais pousos e decolagens.

Para facilitar a visualização dos veículos e evitar os pontos cegos na área de movimentação é importante ter a informação das coordenadas geográficas em tempo real, garantindo que seja efetuado com sucesso um pouso ou decolagem sem que coloque dezenas ou até centenas de vidas em risco durante as operações.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção serão abordados os seguintes conceitos: Contexto histórico sobre a aviação, Incursão de pista de acordo com a documentação de SGSO (Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional), Internet das Coisas, GPS, bem como um detalhamento sobre as tecnologias de comunicação LoRa e MQTT.

2.1 TRANSPORTE

No início do século XX, durante a crise de 1929, August Lösch criou formas de compreender a importância da localização espacial de microeconomias e quais motivos dificultavam o crescimento das mesmas perante a outros cenários, incorporado por um estudo sobre a criação das cidades e os cenários diferentes e complexos para determinar a melhor localização de atividades econômicas (ALVES-CAETANO, 2015).

Durante o desenvolvimento das pesquisas, uma das métricas foi a de proporcionar a escolha da localização aonde o empresário realizaria a sua atividade econômica, com relação aos seus concorrentes, notou-se que a influência da distância entre os centros de distribuição e de consumo impactavam diretamente em suas atividades (ALVES-CAETANO, 2015).

Com o avanço da pesquisa foi possível observar a importância de transportes e qual o valor agregava na mercadoria. Empresários que praticavam suas atividades econômicas em locais com melhor localização, em rotas de transportes por exemplo, teriam vantagem sobre suas concorrentes. É possível entender qual a relevância de ter o transporte como um aliado econômico na região (ALVES-CAETANO, 2015).

Na década de 1950, o economista Walter Isard, com base nos estudos econômicos da escola alemã, na qual August Lösch pertence, criou várias obras relacionadas ao tema. Na obra *Location and Space Economy* (1950), tratou sobre o quanto de investimento as empresas optariam por aplicar no produto, bem como no transporte (ISARD, 1950).

Conforme Isard (1950), a igualdade na relevância entre preço de custo do produto e preço de custo do transporte seriam aplicadas com o mesmo peso nos processos para maximizar o lucro. Com isso deu-se origem à Ciência Regional, que

trata sobre o conjunto de técnicas em diversas áreas para o planeamento regional (ISARD, 1950).

2.1.2 Transporte Aéreo

No mundo, durante a segunda Guerra Mundial, houve um incrível crescimento no setor aeroportuário. Marcada por grandes ataques aéreos, o período de guerra foi importante para a evolução das tecnologias de navegação e de fabricação em massa de aeronaves. Ao final do período de guerra, o mundo possuía uma frota muito grande que contribuiu para o desenvolvimento do setor (BIELSCHOWSKY, 2011).

Dados históricos mostram que a partir da década de 1950, o sistema aeroviário mundial era dominado pela tecnologia e por empresas norte-americanas. Nessa época, o setor brasileiro passou a contar com a expansão das empresas aéreas impulsionadas pelas previsões de demanda no setor para os anos seguintes (BIELSCHOWSKY, 2011).

Na década de 1980, houve uma retração no setor por conta das previsões de demanda que não se concretizaram, subindo os preços das passagens, bem como os serviços prestados pelas empresas aéreas em geral. Nos anos seguintes, em meados de 1986 o foco era controlar a inflação, o que causava uma estagnação no setor (CUSTÓDIO, 2011).

Durante a crise na década de 1990, houve uma desregulamentação do setor aéreo inibindo a entrada de novas empresas no mercado. Foram 3 fases de regulamentação para permitir a volta, a última em 2003. A partir desse período as empresas voltaram a crescer e desenvolver, bem como ganhar novos concorrentes de mercado (CUSTÓDIO, 2011).

A mudança da política cambial, e a consequente desvalorização de nossa moeda no início de 1999 afetaram, profundamente, o desempenho da atividade de transporte aéreo, tanto pelo lado da elevação dos custos – no qual o componente câmbio é de grande representatividade devido a sua dependência a insumos em dólares – quanto pela retração das receitas, tendo em vista a diminuição constatada na demanda por passageiros, notadamente no mercado internacional (BNDES, 2001, p.3).

Segundo a ANAC (2016), entre os anos de 2007 e 2016, a demanda doméstica praticamente dobrou, tendo um crescimento médio anual de 7,7%, que

somam 95% dentro de todo o período. Com essa sequência de altas na demanda, os resultados representaram uma evolução de cinco vezes o Produto Interno Bruto (PIB).

Desde 2010, o avião tem sido a preferência da população para viagens interestaduais, esses dados foram levantados dentre os modais aéreo e rodoviário. Houve uma inversão de valores na representação do mercado, em 2007 o transporte aéreo era de 41,3% em relação ao transporte rodoviário, em 2016, esse número se modifica, passando a ser 65,4% contra 34,6% (ANAC, 2016).

Dados da ANAC de 2016 evidenciam que em viagens internacionais, a demanda aumentou em 80% desde 2007, sejam elas viagens com destino ou origem no Brasil. Os transportes de cargas tiveram um total de 419 mil toneladas em viagens domésticas, além de 726 mil toneladas de cargas pagas em viagens internacionais em 2016, mesmo em uma perspectiva de crescimento o resultado representou uma queda em relação a 2015 de 4,8% (ANAC, 2016).

O órgão da Associação Internacional de Transporte Aéreo (IATA) disponibilizou dados que indicam cerca de 5,7 milhões de passageiros oriundos do Brasil em viagens aos EUA. No Brasil, segundo dados da IATA (2018), a modalidade aérea dos transportes representou 1,4% do PIB brasileiro, empregando cerca de 1,1 milhão de pessoas, contribuindo com 25 bilhões de dólares em valor agregado na economia.

Em 2019 durante o carnaval, o aeroporto internacional de navegantes, entre os dias 9 e 15 de fevereiro, foram registrados de 33.550 passageiros, além da alta nos números de passageiros, a quantidade de voos aumentou em 9,2%, representando ao todo 330 voos (ANAC, 2019).

2.2 AERÓDROMO

Aeródromo é todo sítio do que popularmente chama-se de aeroporto, abrangendo as pistas, o prédio do aeroporto, torre de controle, hangares, etc. O aeroporto é um aeródromo e de área pública que permite o acesso do público com principal objetivo de embarque e desembarque. Permite-se também o despacho de cargas (ANAC, 2012).

A Área de Movimento pertence a um local dentro de um aeródromo, que representa a área onde as aeronaves realizam as decolagens, pousos e manobras (ANAC, 2012). A Figura 3 mostra a área denominada Área de Movimento.

Figura 3 - Área de Movimento do Aeroporto de São Paulo/Congonhas



Fonte: Kontik (2018), adaptado pelos autores.

Conforme o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil, a entrada para o interior da Área de Movimento segue regras rígidas quando se trata de veículos, onde deve ser realizados treinamentos pelo Profissional Operador de Aeródromo (ANAC, 2011).

De acordo com a ANAC (2011), a entrada de veículos deve respeitar os seguintes requisitos na seção 156.37 da RBAC de nº 156 Emenda nº 00:

- (3) O treinamento sobre condução de veículos na área operacional, destinado a todos os profissionais que conduzam ou pretendam conduzir veículos na área operacional, deve conter:
 - (i) familiarização com a área operacional, que compreende:
 - (A) vias de circulação (configuração / cruzamentos / velocidades); e
 - (B) leiaute da área de movimento;
 - (ii) comportamento na área operacional, com enfoque em direção defensiva;
 - (iii) atividades relacionadas à condução de veículos, o que compreende:
 - (A) comunicação e fraseologia padronizada em radiotelefonia;
 - (B) acesso e permanência na área de manobras; e
 - (C) prevenção de incursão em pista. (ANAC, 2011, p.17).

Compreende-se então, que toda entrada de veículos terrestre deve respeitar um conjunto de regras e, contudo, respeitar os treinamentos orientados, visto que a entrada de um veículo em condições inseguras pode provocar uma incursão em pista.

2.2.1 Segurança Operacional

No Brasil, foi adotado o conceito de gerenciamento de Segurança Operacional com base na diretriz da Organização de Aviação Civil Internacional - OACI, que atendendo o estado de contratante da Convenção da Aviação Civil Internacional garante que seja estabelecido o Programa de Segurança Operacional. O programa exige que todos os signatários tenham níveis aceitáveis nas atividades de aviação civil (ANAC, 2016).

Chamado de Programa de Segurança Operacional Específico da Agência Nacional de Aviação Civil (PSOE-ANAC), possui diretrizes e requisitos que orientam todas as implementações de processos voltados a segurança operacional dentro das atividades na aviação civil. A evolução dentro dos processos é estruturada para que a melhoria do serviço possa garantir um nível de segurança para todos os envolvidos (ANAC, 2016).

De acordo com a ANAC, o gerenciamento de segurança operacional é dividido em duas categorias, uma delas denomina-se Safety, que é responsável pelo gerenciamento de segurança operacional, este que é determinado com base nas decisões tomadas por toda a direção do aeroporto, bem como os profissionais do nível operacional (ANAC,2016).

As ações executadas pela divisão de Safety abrangem orientações para a implementação de Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional (SGSO), estabelecimento e monitoramento dos indicadores de desempenho da segurança operacional, gerenciamento de riscos à segurança operacional durante obras e serviços de manutenção realizados na área de manobras, avaliação e monitoramento da condição do pavimento das pistas de pouso e decolagem e gestão do Sistema de Resposta à Emergência Aeroportuária - SREA (ANAC, 2016).

Segundo os procedimentos da ANAC, os operadores devem estabelecer os processos a serem seguidos no perímetro de um aeródromo, onde devem estabelecer e implementar o sistema chamado SOCMS – Sistema de Orientação e

Controle da Movimentação no Solo de acordo com a regência brasileira ANAC descrita no arquivo com os requisitos definidos na seção 156.109 do RBAC 156.

Os responsáveis pela atuação no controle da infraestrutura e procedimentos executados no aeródromo em base na implementação do SOCMS é assegurar a prevenção de colisões que envolve aeronaves, veículos de apoio e serviços que circulam dentro do aeródromo, equipamentos e pessoas. Auxilia também na prevenção de incursão inadvertida ou não autorizada de aeronaves, pessoas ou veículos em pista de pouso e decolagem (ANAC, 2011).

De acordo com os requisitos definidos na seção 156.109 do RBAC 156 (XXXX) o aspecto da área de movimentação dentro do perímetro do aeródromo controla bem como a velocidade que os gases dos motores são expelidos das aeronaves posicionados em direção aos equipamentos, construções veículos e demais operadores, durante uma operação ou manobra aérea não é permitido que ultrapasse a velocidade de 56 km/h quando tocar a superfície desses elementos próximos (ANAC,2011).

Conforme a ANAC 2011, os requisitos definidos na seção 156.109 do RBAC de nº 156 de Emenda nº 00:

(e) Os requisitos definidos no SOCMS devem ser estabelecidos entre o operador de aeródromo e o responsável pelo controle do tráfego aéreo do aeródromo, consolidados em acordo operacional assinado pelas partes, definindo-se os meios e procedimentos necessários para a coordenação de todas as atividades relacionadas ao fluxo de aeronaves, veículos, equipamentos e pessoas na área de movimento e a responsabilidade de cada um dos entes envolvidos(ANAC, 2011, p.38).

Conforme o arquivo de regulamentação da ANAC (2011, p.38), afirma que “O acordo operacional deve ser respeitado por todas as pessoas que atuam ou pretendam atuar no sítio aeroportuário”, sendo assim as operações executadas no aeródromo têm como dever respeitar as restrições impostas por meio das normas descritas no arquivo da ANAC, afim de evitar incursões em pista e evitar incidentes e eventuais acidentes na área de movimentação do aeródromo.

As movimentações de aeronaves, equipamentos, veículos e demais pessoas na área operacional, tem como responsabilidade dos operadores do aeródromo o dever de permitir ou proibir o acesso e permanência no perímetro estabelecido sem sua devida autorização. A solicitação da requisição de autorização para o acesso no

entorno do aeródromo de veículos e pessoas encontram-se definidos no regulamento RBAC nº156de Emenda nº 00no parágrafo 156.107(ANAC,2011).

Os operadores da área de movimentação têm o dever de fiscalizar e proibir qualquer tipo de movimento operacional sendo veículo ou equipamentos de apoio dentro da área protegida do aeródromo por condutores sem suas credenciais e sem qualificação exigidas para a operação proposta. Conforme o arquivo da ANAC com os requisitos definidos na seção 156.109 do RBAC de nº 156 de Emenda nº 00:

(1) Requisitos de credenciamento de pessoas, veículos e equipamentos encontram se definidos em regulamento(s) específico(s) sobre segurança da aviação civil contra atos de interferência ilícita. Data do arquivo: 10 de janeiro de 2012 RBAC nº 156 Emenda nº 00 Origem: SIA 39/96

(2) Requisitos de qualificação e treinamento do condutor de veículos e equipamentos dentro da área operacional encontram-se dispostos, respectivamente, nas seções 156.35 e 156.37 deste Regulamento e demais normas vigentes (ANAC, 2011, p.38).

Sobre os veículos usados nas operações aeroportuárias todos deve estar dentro das conformidades exigidas nos requisitos estabelecidos pela ANAC (2012, p. 39) “ABNT/NBR 8919 - Aeronave - Equipamento de apoio no solo – Sinalização”. Todos os veículos que circulam no entorno do aeródromo devem possuir um medidor de velocidade, onde a sua velocidade é controlada pela TWR – Torre de Controle de Aeródromo sendo estabelecida uma velocidade de é de 20km/h, sendo de 30 km/h no restante do pátio com exceção dos veículos de emergência, porém somente em situações de ocorrências emergenciais.

2.2.1.1 Incursão de Pista

Incursão de pista, de acordo com a ANAC, é todo e qualquer risco de segurança forçando a aeronave a realizar manobras indesejadas ou inseguras dentro da área de movimentação (ANAC, 2017).

Para ANAC (2017), os motivos que levam à incursão de pista são aeronaves, veículos ou pessoas posicionadas na área protegida de forma irregular enquanto há pouso ou decolagem e para evitar acidentes é necessário realizar manobras indesejadas da aeronave. A ANAC (2017) descreve como desvio quando não respeita uma autorização ou erro operacional a causa da incursão de pista.

- a. Desvio de Piloto (PD, sigla em inglês): uma ação do piloto que provocou a incursão em pista. Exemplo: Um piloto realiza o táxi em direção a uma pista de pouso e decolagem, cruzando a posição de espera sem autorização da TWR.
- b. Erro Operacional (OE, sigla em inglês): um desvio operacional do controlador que resulta numa incursão em pista. Exemplo: O controlador autoriza a decolagem da aeronave enquanto havia um veículo fazendo vistoria na pista.
- c. Desvio de Motorista/Pedestre (V/PD, sigla em inglês): uma ação de um motorista ou pedestre que resulta numa incursão em pista. Exemplo: Um motorista da equipe de manutenção entra na pista para trocar uma lâmpada sem autorização da TWR (ANAC, 2016, p.1).

Infraestrutura não é o suficiente para evitar a incursão em pista, é necessário também a colocação de sinalizadores horizontais na extensão da pista. Além de todo aparato chamativos, é necessário que exista a cultura de relatos de ocorrência de incursão em pista à torre de controle para que medidas sejam tomadas para evitar novamente o ocorrido, assim reforçando o treinamento de todos aqueles que acessam a área de movimentação (ANAC, 2017). A Figura 4 e Figura5 mostram alguns exemplos de sinalizadores utilizados nas áreas de movimentações.

Figura 4 - Sinalização Horizontal



Fonte: ANAC (2017).

Figura 5 – Luz de Indicação de Área de Movimentação em Operação



Fonte: ANAC (2017).

Para ANAC, existe uma forma de classificação da severidade da Incursão de pista(ANAC, 2017). O Quadro 1 mostra a classificação determinada pela ANAC.

Quadro 1 - Severidade da Incursão em Pista

Severidade	Descrição
A	A incursão só não gerou uma colisão com uma aeronave devida à realização de uma manobra evasiva por pelo menos um dos envolvidos. A proximidade entre os envolvidos reduziu rapidamente e, ao final do conflito, foi pequena.
B	Ocorrência em que a proximidade entre os envolvidos (horizontal ou vertical) foi reduzida havendo significado potencial de colisão e o tempo restante foi muito pequeno para a ação corretiva ou evasiva fossem realizadas para evitar a colisão
C	A incursão ocorreu, porém havia significativo tempo e distância para que manobras corretivas ou evasivas fossem realizadas para evitar a colisão.
D	Ocorrência que se enquadra na definição de incursão em pista, pois aconteceu a presença incorreta de um veículo, pessoa ou aeronave na área protegida, mas sem haver movimento conflitante com outra aeronave

Fonte: ANAC, com adaptação dos autores(2017).

A severidade serve como forma de classificar a causa da incursão em pista entre os envolvidos. Com a classificação enquadrada, usa-se esta informação para alimentar um software internacional de incursões em pista, onde compara-se outros aeródromos do mesmo nível de estrutura para obter a forma de prevenção adotada para prevenir uma nova incursão de pista semelhante (ANAC, 2017).

2.2.1.2 Áreas Delimitadas

Dentro do aeródromo existem várias delimitações necessárias para restringir os processos em cada uma das atividades na aviação civil. Cada área possui uma importância nos processos executados por determinadas funções de operação. As regulamentações são feitas através da normativa RBAC 153 (ANAC, 2012).

De acordo com a norma RBAC-153 do órgão regulador ANAC, é considerado como área protegida tudo o que compreende como pista de pouso e decolagem, *stopway* e área de segurança de fim de pista (ANAC, 2011). Essa delimitação é

considerada para que todos os pousos e decolagens tenham a maior segurança possível.

Segundo a ANAC:

- (1) Área de manobras significa a parte do aeródromo utilizada para decolagem, pouso e taxiamento de aeronaves, excluindo-se o pátio de aeronaves.
- (2) Área de movimento significa a parte do aeródromo a ser utilizada para decolagem, pouso e taxiamento de aeronaves, consistindo na soma da área de manobras e do pátio de aeronaves.
- (3) Área operacional, também denominada “lado ar”, significa o conjunto formado pela área de movimento de um aeródromo e terrenos e edificações adjacentes, ou parte delas, cujo acesso é controlado.
- (4) Área pavimentada significa a área composta de pavimento com revestimento à base de cimento asfáltico, cimento Portland ou pavimento intertravado (ANAC, 2012).

Na Figura 7, nota-se a organização da área protegida através da norma RBAC 153.

Figura 6 - Linha de demarcação da área protegida na área de movimentação



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Com base nas normas de delimitações propostas pelo órgão regulamentador, há possibilidade de identificar a necessidade de demarcar os locais através de um software para facilitar o trabalho de administração de acessos nas determinadas áreas.

2.3 GEOLOCALIZAÇÃO

Sistema de Posicionamento Global, em inglês *Global Positioning System*, popularmente chamado com a abreviação de GPS, foi criado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América, que buscava facilitar o envio de tropas para campos desertos com destinos precisos com base na geolocalização obtida por satélites e receptores dos sinais destes satélites, tornando um projeto principal de sistema de navegação do exército americano (ALBURQUERQUE; SANTOS, 2003).

O GPS é um auxiliar para diversas atividades, de acordo com ARAÚJO e CARVALHO (2009).

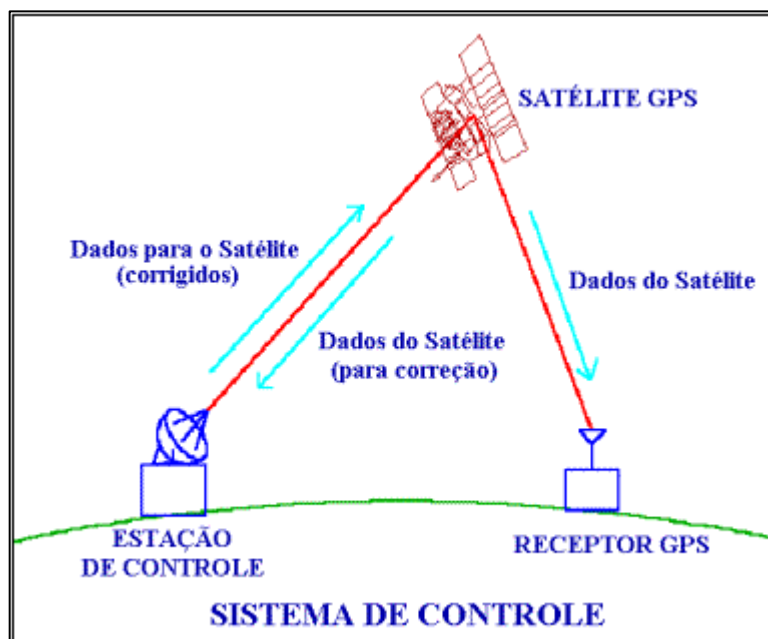
O GPS tem como objetivo auxiliar as atividades de navegação e realização de levantamentos geodésicos e topográficos. O sistema opera ininterruptamente, 24 horas por dia, independentemente das condições meteorológicas (muito embora essas condições possam provocar algum tipo de interferência na qualidade dos resultados do levantamento) (ARAÚJO; CARVALHO, 2009 p. 4).

O GPS é muito utilizado e vai além do uso para o exército norte americano, pois pode ser usado também por qualquer pessoa ou objetos nos dias atuais, pois com ajuda de qualquer aparelho tecnológico que tenha um receptor de sinal GPS é possível compartilhar sua posição geográfica no mapa e em tempo real.

O projeto iniciou-se na década de 1960 e foram necessários 30 anos de desenvolvimento para alcançar o seu funcionamento ideal. Com tudo, foi necessário lançar 24 satélites que hoje orbitam o globo terrestre e comunicam-se via rádio com os receptores em terra, que possuem a precisão de até 1 metro em aparelhos receptores convencionais (FARIA, 2018).

A Figura 8 mostra como os satélites se comunicam quando um objeto solicita sua posição geográfica com um aparelho receptor de sinal de GPS.

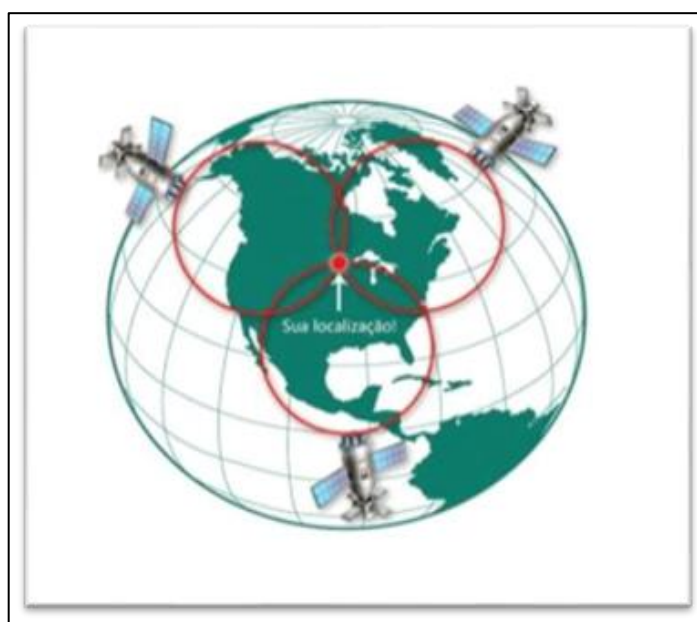
Figura 7 - Funcionamento do Recebimento dos sinais de GPS



Fonte: UFPEL (2017).

Para garantir uma precisão de até 20 metros no GPS, são necessários apenas 3 satélites, que enviam os seus sinais até o receptor mais próximo. Utilizando o tempo de resposta entre os satélites em nanosegundos, é realizado o cálculo para obter-se a localização geográfica (MARTINS, 2009). A Figura 9 mostra como a triangulação se comporta.

Figura 8 – Triangulação dos Satélites de GPS



Fonte: Oficinada Net (2014).

De acordo com Nelson, no primeiro semestre de 2019, entre os 10 aplicativos mais baixados na plataforma APP STORE da APPLE, está o GOOGLE MAPS, aplicativo de mapas que usa a geolocalização para encontrar melhor rota para restaurantes, praças, parques, shoppings etc. (NELSON, 2019).

Constata-se pela pesquisa de NELSON (2019), que a utilização da geolocalização se tornou popular pela facilidade ao seu acesso, convivendo com o uso desta tecnologia para, por exemplo, obter rotas mais rápidas ou uma simples procura pelo supermercado mais próximo com o uso de um smartphone.

2.4 SISTEMAS EMBARCADOS

De acordo com SOUZA (2018), sistemas embarcados são sistemas microprocessados utilizando um computador totalmente encapsulado destinado a realizar tarefas pré-programadas. O propósito se dá ao seu tamanho físico cujo realiza tarefas com baixa capacidade computacional, custeando todo o acervo necessário para execução do sistema incluindo seu gasto em energia (SOUZA, 2018).

A Figura 10 mostra uma urna eletrônica, que é composto por um sistema embarcado utilizado para votar no candidato político em eleições no Brasil.

Figura 9 - Urna eletrônica criada para a realização de votações



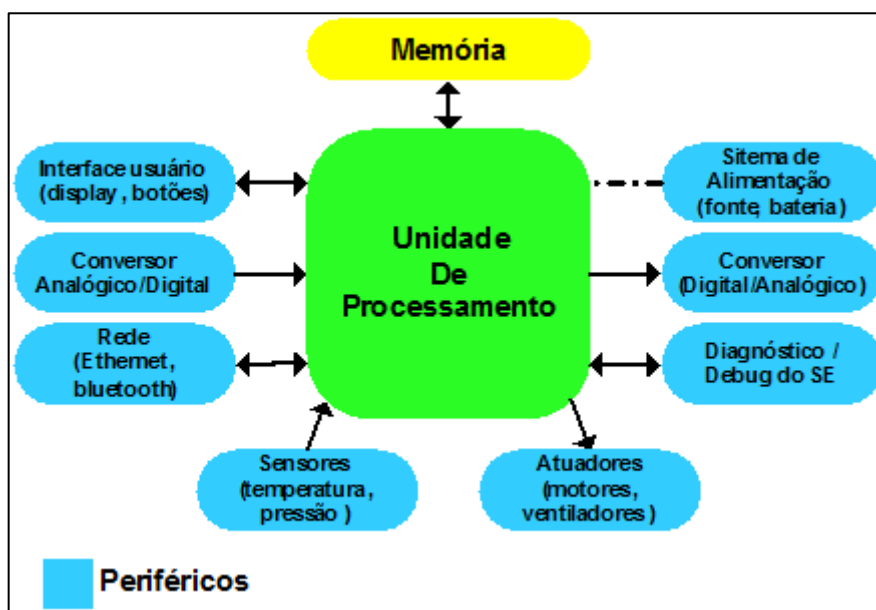
Fonte: Direito e Liberdade (2014).

Sua função, de modo geral, serve tanto para realizar tarefas simples, podendo ser utilizado como exemplo um MP3 *player*, quanto para realizar tarefas de muita

importância como freios ABS de um veículo, controle de semáforos, sistema de monitoramento médicos etc. (SOUZA, 2018). O microcomputador onde o sistema embarcado emprega é suscetível a manipular ou receber informações de periféricos, que constitui de sensores térmicos, LEDs, botões, displays etc. (DELAI, 2013).

A Figura 11 mostra como se comporta os periféricos no sistema embarcado.

Figura 10 - Divisão do comportamento do sistema embarcado



Fonte: Hardware (2013).

Os periféricos são a comunicação primordial fornecida ao sistema embarcado e assim receberá essa comunicação de forma binária e processará conforme programado (DELAI, 2013).

2.4.1 Internet das coisas

O conceito de internet das coisas foi criado para tratar a forma de comunicação entre objetos físicos através de alguma rede (WIFI, *Bluetooth*, LoRa). Se comunicam com o próprio usuário, utilizando sensores e softwares. Com isso, nota-se que no presente há cada vez mais tecnologia embarcada em objetos simples e de uso cotidiano como, por exemplo, um relógio de pulso (VILLARINO, 2016).

A existência da internet das coisas se dá ao seu conforto em obter informações e automaticamente há produtividade quando usado em estratégia de negócios. Há também informações obtidas por estes objetos com conectividade em rede sobre informações de trânsito, vagas de estacionamento livres e até mesmo realizar monitoramento de saúde (VILLARINO, 2016).

O uso dos dados obtidos pela internet das coisas pode ser cruzado com todos os objetos que um usuário utiliza para oferecer sugestões de música, restaurantes, lugares, melhores rotas com menor trânsito etc. A internet das coisas também é utilizada como ferramenta de negócios, onde também se obtém dados sigilosos. Com isso é necessário pensar na segurança e privacidade destes dados (VILLARINO, 2016).

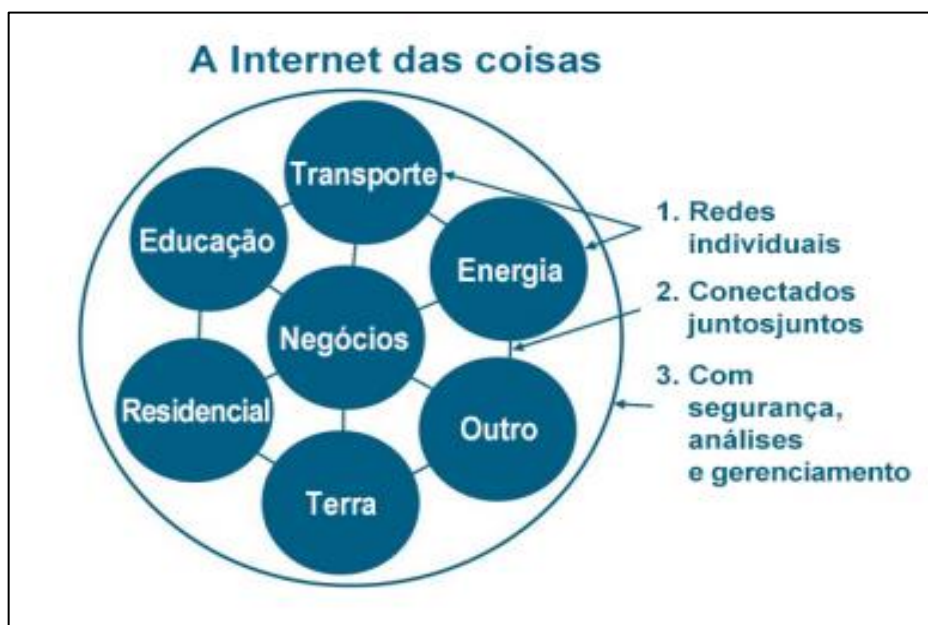
De acordo com Evans (2011), no momento, a IoT é composta por uma coleção livre de redes diferentes e criadas para determinada finalidade. Por exemplo, os carros atuais têm várias redes para controlar a função do motor, recursos de segurança, sistemas de comunicação e assim por diante. Os prédios comerciais e residenciais também têm vários sistemas de controle para aquecimento, ventilação e ar-condicionado (HVAC), serviços telefônicos, segurança e iluminação (EVANS, 2011).

Com o grande crescimento da tecnologia o IoT ficará ainda mais forte no mercado, de acordo com Evans.

À medida que a IoT evolui, essas redes e muitas outras estarão conectadas com mais recursos de segurança, análise e gerenciamento. Isso permitirá que a IoT se torne ainda mais poderosa com relação ao que pode fazer para ajudar as pessoas a obterem novas conquistas (EVANS, 2011 p. 4).

A Figura 12 mostra como a Internet das Coisas se comporta diante a vários cenários.

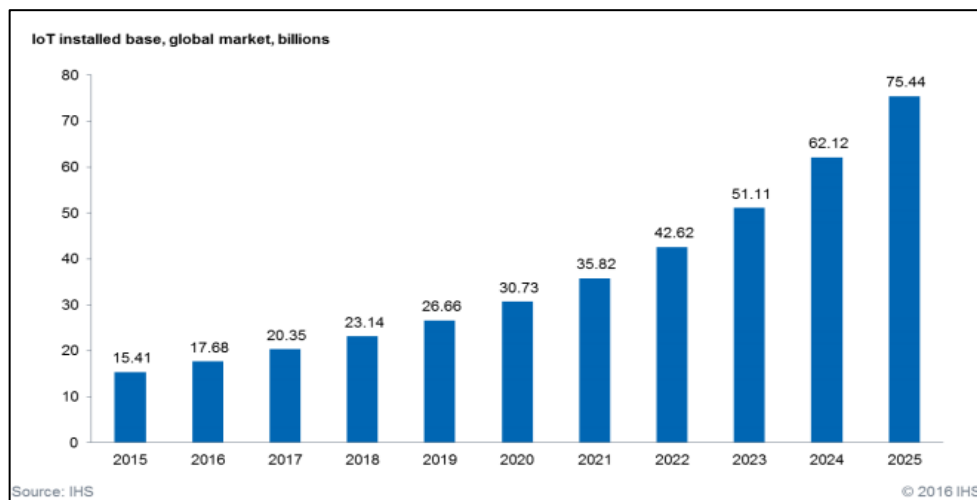
Figura 12–IoT a rede das redes



Fonte: adaptado de Cisco IBSG (2011).

De acordo com pesquisas realizadas pelo IHS Markit (LUCERO, 2016) pode ser percebido o avanço nos dispositivos que estarão conectados em todo o mundo entre os anos de 2015 a 2025. Conforme estudos realizados “A IHS prevê que o mercado de IoT crescerá de uma base instalada de 15,4 bilhões de dispositivos em 2015 para 30,7 bilhões dispositivos em 2020 e 75,4 bilhões em 2025” (LUCERO, 2016). A Figura13 – Mostra o avanço dos dispositivos conectados à Internet das Coisas.

Figura 13 - Dispositivos conectados à Internet das Coisas em todo mundo entre 2015 a 2025 (em bilhões)

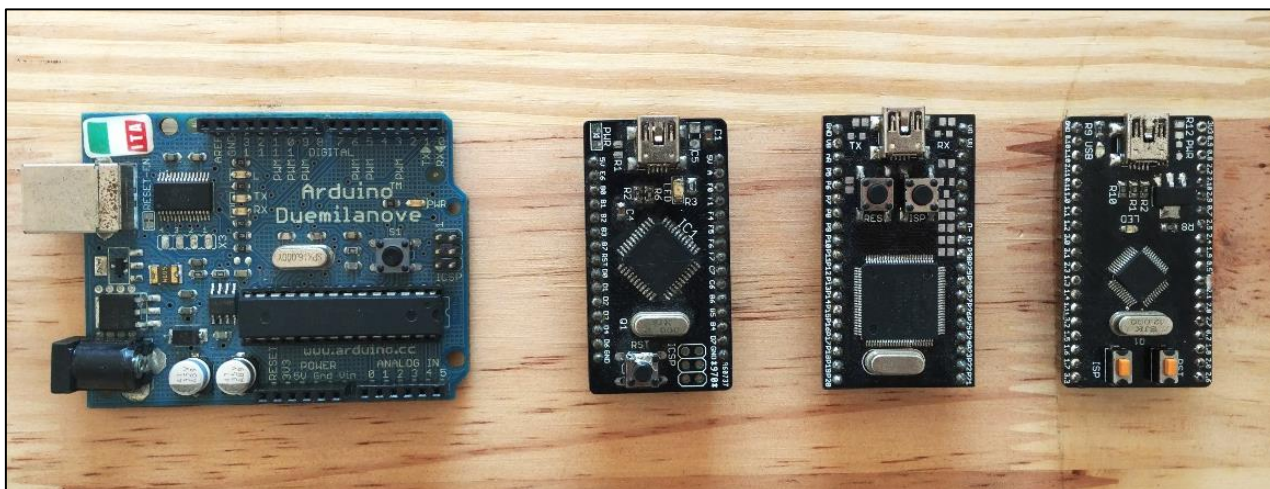


Fonte: IHS Markitcom adaptação dos autores (2016).

2.4.2 Microcontrolador

Microcontrolador é um circuito integrado que serve como berço para aplicações de sistemas digitais embarcados. É composto por uma unidade central de processamento (CPU), memória de armazenamento para armazenar o programa, memória de armazenamento de variáveis e alguns microcontroladores possui integrado periféricos de comunicações, podendo também ser adicionado periféricos para auxiliar na obtenção de dados (AURELIANO, 2017). A Figura 12 mostra exemplos de microcontroladores e seu tamanho físico entre outros vários modelos.

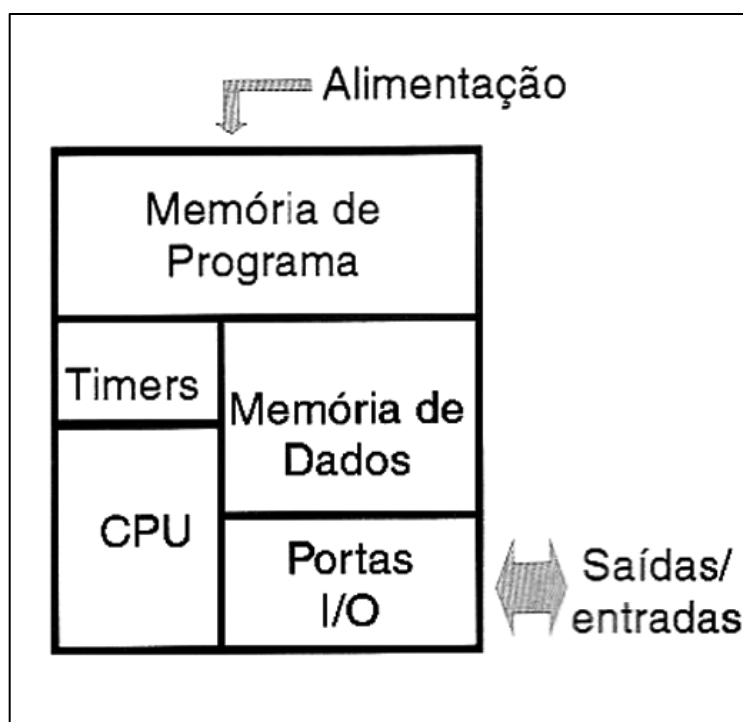
Figura 11 - Microcontroladores



Fonte: Fiozera (2013).

O microcontrolador é um dispositivo que se assemelha a um computador, pois possui basicamente os hardwares que constitui um. Além dos hardwares sua linguagem também é idêntica, e sua linguagem mais utilizada é a linguagem de computador C++ para se comunicar com os hardwares e periféricos (AURELIANO, 2017). A figura 13 a seguir mostra a estrutura interna de um microcontrolador.

Figura 12 - Estrutura Interna de um Microcontrolador



Fonte: Newtonbraga (2013).

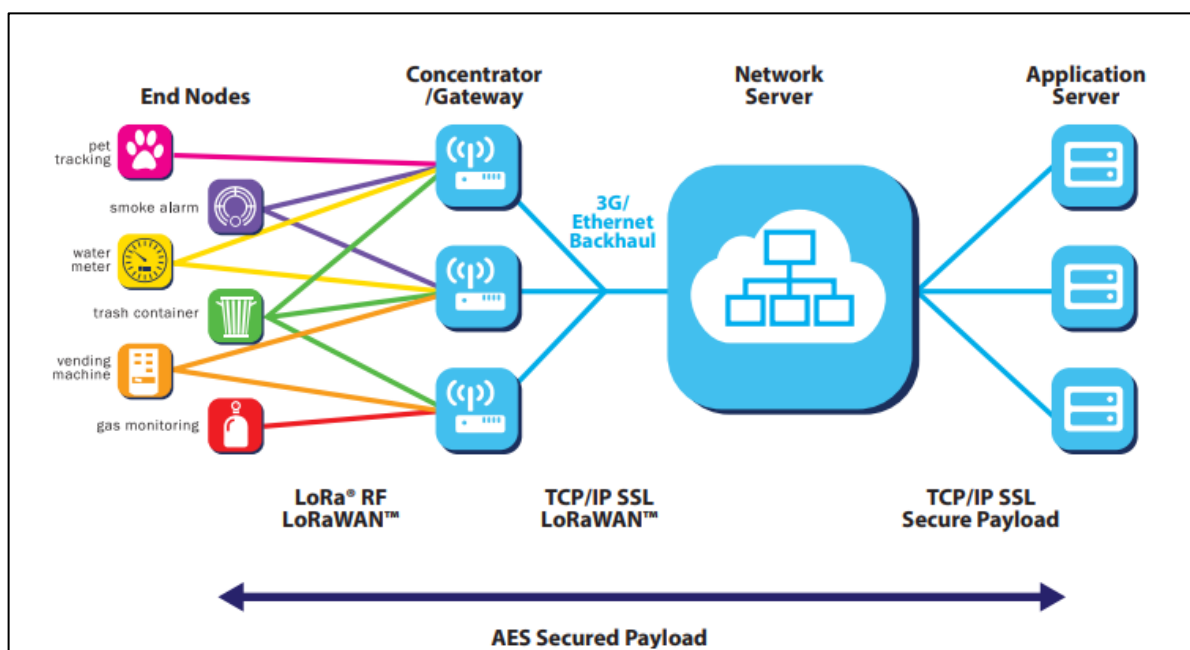
O microcontrolador trabalha com a CPU no centro de toda a arquitetura. O sistema programado está armazenado na memória de programa, onde o sistema passa dados iniciais e instruções para a CPU. A CPU trabalha com esses dados com cálculos matemáticos, logo guardando-as na memória de dados, e por fim, passa estes valores para as saídas do microcontrolador. Este fluxo pode se repetir se o programa estiver trabalhando com *Timers*, cujo é programado, no fim do processo do sistema programado, o tempo para reiniciar o programa e refazer todos os cálculos ou incrementá-los. A repetição pode ser programada para repetir infinitamente ou até quando o sistema for determinado à sua finalização de execução (BRAGA, 2013).

Todas as informações geradas pelo microcontrolador podem ser enviadas pelas portas de saídas como sinais sonoros, visuais, telas de LEDs, comunicação sem fio para envio de dados via Wi-Fi ou *Bluetooth* e etc. (AURELIANO, 2013).

2.4.3 Rede LoRa

A Rede LoRa é um sistema de comunicação via rádio de baixa frequência com base na topologia de rede em estrela. São divididos em pequenos grupos, também chamados de nós, onde *gateways* LoRa fazem o trabalho de interligar os equipamentos finais com os seus devidos servers. Os *gateways* são conectados utilizando um IP fixo, sendo que todas as conexões são bidirecionais (LORA ALLIANCE, 2015). A Figura 14 mostra os processos de comunicação usando a rede LoRa.

Figura 14 - Processo de comunicação através da rede LoRa



Fonte: Lora Alliance (2015).

Segundo a empresa Lora Alliance, é utilizado um conceito de LPWAN, que significa *Low Power Wide Area Network*, que permite um alcance maior por utilizar uma frequência menor, sendo assim sendo possível enviar pequenos pacotes em uma distância mais larga. Essa tecnologia é voltada para o conceito de IoT (Internet of Things) (LORA ALLIANCE, 2015).

Em uma aplicação IoT, ter um consumo baixo de energia permite que um equipamento se torne mais viável na implementação das funcionalidades. Por utilizar o conceito de LPWAN, permite um menor consumo de energia em relação a outros equipamentos (LORA ALLIANCE, 2015).

2.4.4 MQTT

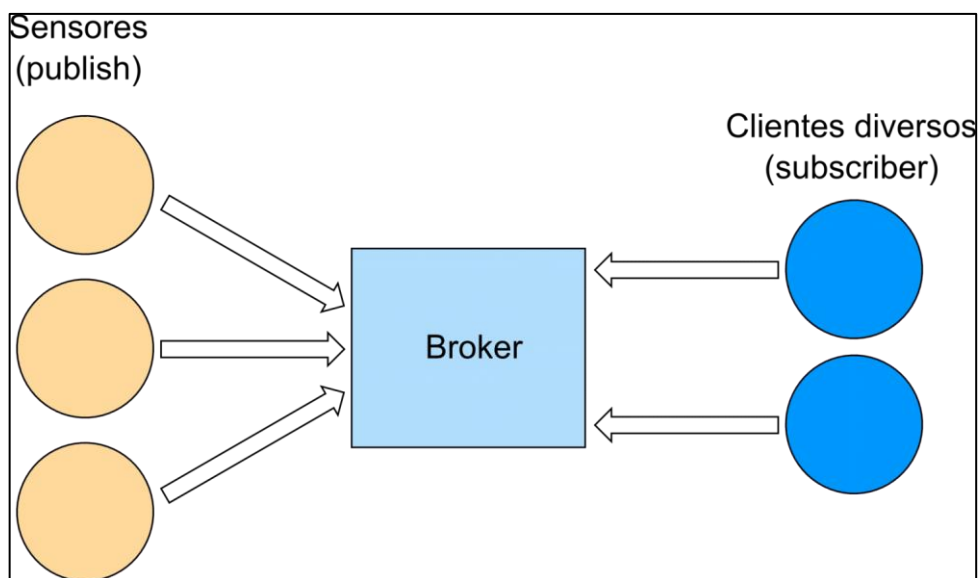
O MQTT foi criado pela IBM para ser utilizado como um protocolo de mensageria no fim da década de 1990, originalmente utilizado para vincular sensores de gasodutos de petróleo com satélites. É um protocolo de mensagem assíncrona entre os equipamentos, garantindo uma certa escalabilidade em redes com pouca infraestrutura (YUAN, 2017).

O serviço fica disponível em um servidor que se encarrega de enviar as mensagens para os seus respectivos destinos, essa função é destinada ao que se

chama de *Broker*. As informações que chegam até o *broker* são roteadas para os demais clientes vinculados(YUAN, 2017).

Para alimentar o *broker*, é utilizado um publicador que fornece dados que serão disponibilizados para os demais clientes. Trata-se de clientes todos os dispositivos capazes de interagir com o *broker* (BARROS, 2015). A Figura 15 mostra o processo de comunicação utilizando o *broker* para receber pacotes de dados.

Figura 15 - Processo de comunicação utilizando um *broker*



Fonte: Embarcados (2015).

Apesar de ser antiga, a tecnologia utiliza a comunicação TCP e se enquadrou bem nos conceitos de IoT, sendo utilizada em aplicações que possuem pequenos pacotes de dados que precisam ser centralizados em um serviço de processamento. A demanda diz se o uso é aconselhado para a implementação, tendo em vista que é voltado para pequenas a aplicações (BARROS, 2015).

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do referente trabalho, foi realizado uma análise da importância da evolução nos processos de segurança no segmento aeroportuário, levando em consideração a necessidade tecnológica.

A pesquisa caracteriza-se por ser exploratória, descritiva, por objeto bibliográfico e com pesquisa de campo, na qual foi feita uma visita no Aeroporto Internacional de Navegantes Ministro Viktor Konder.

No dia 16/5/2020, os integrantes Gabriel Fernando Kraetzer e Leandro da Silva Junior, participaram de uma visita técnica, na ocasião foram recebidos pelo superintendente do aeroporto, bem como a coordenadora de segurança operacional. A pauta do encontro engloba informações sobre as delimitações físicas dentro dos processos de segurança, bem como características específicas envolvendo a comunicação entre os colaboradores durante os mesmos.

Para obter as regulamentações que fundamenta o projeto, utilizou-se informações de órgãos nacionais e internacionais que detêm o respaldo e credibilidade no segmento aeroportuário, são eles ANAC, IATA e ICAO. Para a fundamentação dos itens técnicos do projeto, utilizou-se de pesquisas bibliográficas.

No gerenciamento do projeto foi utilizado uma ferramenta que nos possibilita o uso do *Kanban*, que é uma forma de controlar o fluxo de produção das necessidades na pesquisa. Foi feita a divisão das atividades, classificando-as da seguinte forma: *To Do* (para fazer), *Doing* (fazendo), *Review* (revisão) e *Done* (pronto); na qual é possível a realização de rápidos retornos de informação em cada item em desenvolvimento. A ferramenta utilizada se chama Trello.

A documentação dos processos de desenvolvimentos através de metodologias ágeis fazendo uso das histórias de usuário e histórias *spikes* para descrever, respectivamente, as funcionalidades e as características de arquitetura de sistemas do projeto. A pesquisa possui um caráter quantitativo no levantamento de informações de acidentes em relação a processos dentro do segmento aeroportuário.

4 DESENVOLVIMENTO

Nessa seção será feita uma abordagem dos tópicos referentes a análise e desenvolvimento do protótipo de sistema, abrangendo desde a descrição do projeto até o detalhamento da sua arquitetura e funcionalidades, bem como os resultados obtidos após o protótipo ser concluído.

4.1 DESCRIÇÃO DO PROJETO

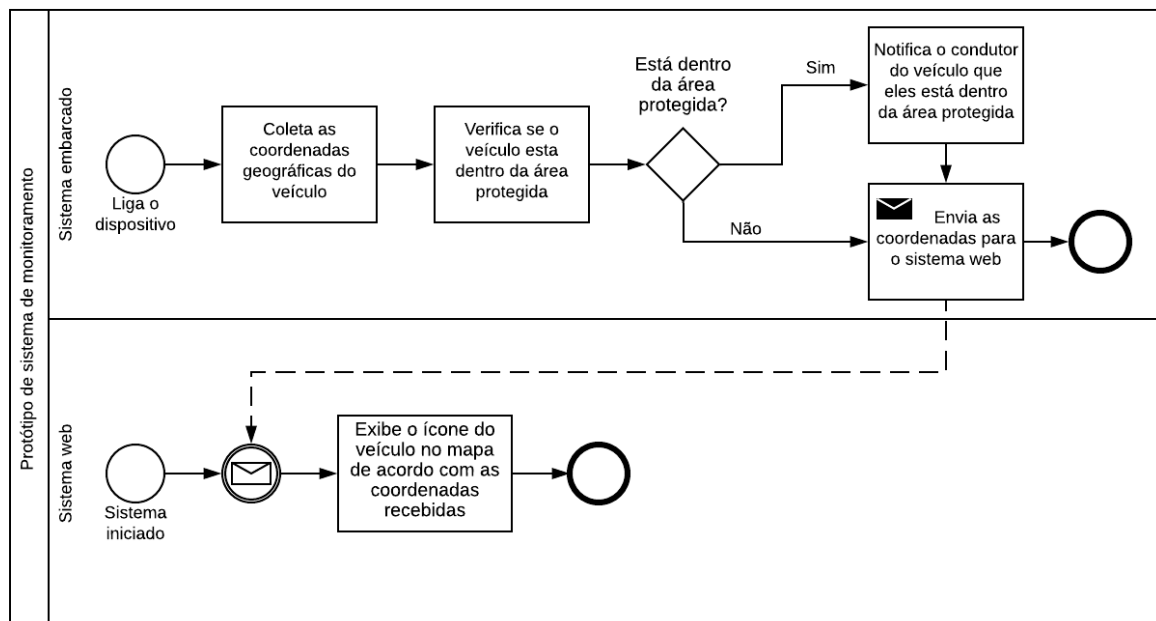
O projeto tem como finalidade o desenvolvimento de um protótipo de aplicação mista, composto por um sistema embarcado em um ou mais dispositivos micro controladores e um sistema web dotado de uma interface de usuário para operacionalização.

O sistema embarcado no dispositivo micro controlador tem por finalidade primordial coletar as coordenadas geográficas do veículo que o carrega de acordo com o deslocamento deste veículo pela área de movimentação do aeródromo e as envia para o sistema web. Além disto, o sistema embarcado é responsável também por notificar o condutor do veículo quando o mesmo se encontra na área protegida configurada no sistema.

O sistema web possui a função de exibir para os controladores de voo um mapa abrangendo as dependências do aeródromo onde serão mostrados todos os veículos que carregam um dispositivo com o sistema embarcado. A posição dos veículos no mapa corresponde a sua localização real dentro da área de movimentação e é atualizada conforme eles se deslocam utilizando as coordenadas enviadas pelos dispositivos com o sistema embarcado.

O diagrama apresentado na Figura 14 ilustra o fluxo principal da aplicação de acordo com o que foi exposto anteriormente.

Figura 13 - Diagrama do fluxo principal do sistema



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

4.1.1 - Histórias do usuário

As funcionalidades presentes no sistema foram estruturadas com base nos desejos do usuário que serão apresentados no Quadro 2. Estes desejos foram definidos a partir da perspectiva dos principais usuários do sistema, sendo eles, os condutores de veículos na área de movimentação do aeródromo e os controladores de voo.

Quadro 2 - Desejos do Usuário

Identificação	Descrição
Desejo 01	Eu, como condutor, desejo ser avisado quando adentrar ou me aproximar da área protegida para que não cometa uma entrada não autorizada
Desejo 02	Eu, como controlador de voo, desejo saber a posição exata dos veículos na área de movimentação para que possa ter mais informações na hora de autorizar a entrada de um veículo na área protegida

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Com base nos desejos é possível estruturar histórias de usuário, estas histórias detalham mais a fundo as funcionalidades que o sistema deve exercer para atender os desejos já mencionados. A Quadro3 apresenta as histórias de usuário que foram geradas a partir de cada um dos desejos, relacionando-as com os mesmos.

Quadro 3 - Histórias de Usuário

Desejos	Tecnologia	Utilização
Desejo 01	História 01	Eu, como condutor, quero que o dispositivo de monitoramento acione o sinal luminoso sempre que eu me aproximar da área protegida para que possa estar ciente caso esteja me aproximando dela.
Desejo 01	História 02	Eu, como condutor, quero que o dispositivo de monitoramento mantenha o sinal luminoso desligado sempre que não estiver próximo da área protegida para que possa estar ciente de que não estou próximo dela.
Desejo 02	História 03	Eu, como controlador de voo, quero que o sistema exiba um mapa do aeródromo para que possa ter uma visão geral da área de movimento do aeródromo.
Desejo 02	História 04	Eu, como controlador de voo, quero que o sistema exiba um marcador para cada veículo monitorado dentro do mapa para que possa visualizar todos os veículos monitorados.
Desejo 02	História 05	Eu, como controlador de voo, quero que o sistema atualize em tempo real a posição dos marcadores dos veículos monitorados no mapa para que possa saber a localização atual dos veículos monitorados conforme eles deslocam dentro da área de movimentação do aeródromo.
Desejo 02	História 06	Eu, como controlador de voo, quero que o sistema exiba uma demarcação no mapa que represente a área protegida para que possa saber quais veículos encontram-se dentro e fora da mesma.

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Informações mais detalhadas sobre as histórias de usuário podem ser encontradas no Apêndice A.

4.1.2 - Histórias Spikes

Conforme explica AMARAL (2019) as *spikes* são recursos utilizados para explorar e analisar as melhores maneiras de se implementar algo ou potenciais soluções de um problema.

Para que as histórias de usuário sejam plenamente atendidas pelo protótipo da aplicação é necessário que algumas demandas de arquitetura de sistemas sejam atendidas de modo a suportar a aplicação e suas funcionalidades, para tal, foram definidas algumas *spikes* para analisar estes requisitos. O Quadro 4 mostra as *spikes* criadas.

Quadro 4 - Spilkes

Identificação	Descrição
Spike 01	Estudar uma arquitetura que permita executar o protótipo em ambiente web.
Spike 02	Estudar as melhores práticas de desenvolvimento que permita ao sistema ser compatível com os principais navegadores do mercado, como por exemplo: Microsoft Edge, Internet Explorer 11, Google Chrome, Firefox e Safari.
Spike 03	Analisar as opções de dispositivos micro controladores e sensores disponíveis no mercado para prototipação de sistemas embarcados, que possa atuar como dispositivo de monitoramento coletando a posição geográfica de um veículo, possuindo fonte de alimentação elétrica própria
Spike 04	Analisar as tecnologias disponíveis no mercado para comunicação sem fio entre dispositivos micro controladores sem conexão com a internet

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

4.2 - ARQUITETURA DO SISTEMA

A partir das especificações definidas nos *spikes* do projeto, foi desenvolvida uma arquitetura de sistema dividida entre um sistema embarcado em dispositivos microcontroladores e um sistema web.

4.2.1 - Tecnologias utilizadas

As tecnologias escolhidas e aplicadas no desenvolvimento da aplicação foram essenciais para chegar no protótipo requerido, entregando todas as funcionalidades para atender as necessidades dos usuários.

Para o desenvolvimento do sistema web foi utilizada a linguagem de programação *JavaScript*. A implementação do sistema embarcado foi feita utilizando a ferramenta ArduinoIDE juntamente com o microcontrolador Heltec Esp32 LoRa, na qual foi utilizada a linguagem de programação C++ para realizar a codificação das funcionalidades. Também foram incluídas algumas bibliotecas de funções para comunicação entre o sensor de GPS NEO 6m.

Além da linguagem de programação, foram adotadas algumas bibliotecas e frameworks disponíveis no mercado. As ferramentas que serão citadas a seguir foram escolhidas pois se propõem a lidar com alguns aspectos tecnológicos presentes em diferentes pontos do fluxo de funcionamento do sistema como, comunicação com filas de mensageria, estruturação de ambiente de execução em servidor, criação de interface de usuário, comunicação entre sensores e microcontrolados Esp32 dentre outras.

O Quadro 5 apresenta as tecnologias utilizadas e as relaciona com o papel que cada uma desempenha no funcionamento do protótipo.

Quadro 5 - Tecnologias Utilizadas

Tecnologia	Utilização
Vue.js	Framework utilizado na construção da interface de usuário do sistema web.
Leaflet.js	Biblioteca responsável por exibir e tornar interativo o mapa apresentado na interface de usuário do sistema web.
Socket.IO	Biblioteca responsável por estabelecer a sincronização das informações enviadas pelo sistema embarcado entre todas as instancias da interface de usuário do sistema web.
Node.js	Framework responsável pela execução do código JavaScript no ambiente do servidor web.
Express.js	Framework responsável por gerenciar parte as requisições http do sistema web.
MQTT.js	Biblioteca responsável por estabelecer a comunicação do sistema web com o <i>broker</i> MQTT e consumir as mensagens publicadas nele.
TinyGPS	Biblioteca responsável por gerenciar o sensor de GPS e fornecer as coordenadas geográficas obtidas pelo mesmo.
Heltec ESP32 Dev-Boards	Biblioteca responsável por inicializar o módulo de rede LoRa no sistema embarcado.
PubSubClient	Biblioteca responsável por estabelecer a comunicação do sistema embarcado com o <i>broker</i> MQTT e publicar mensagens nele.

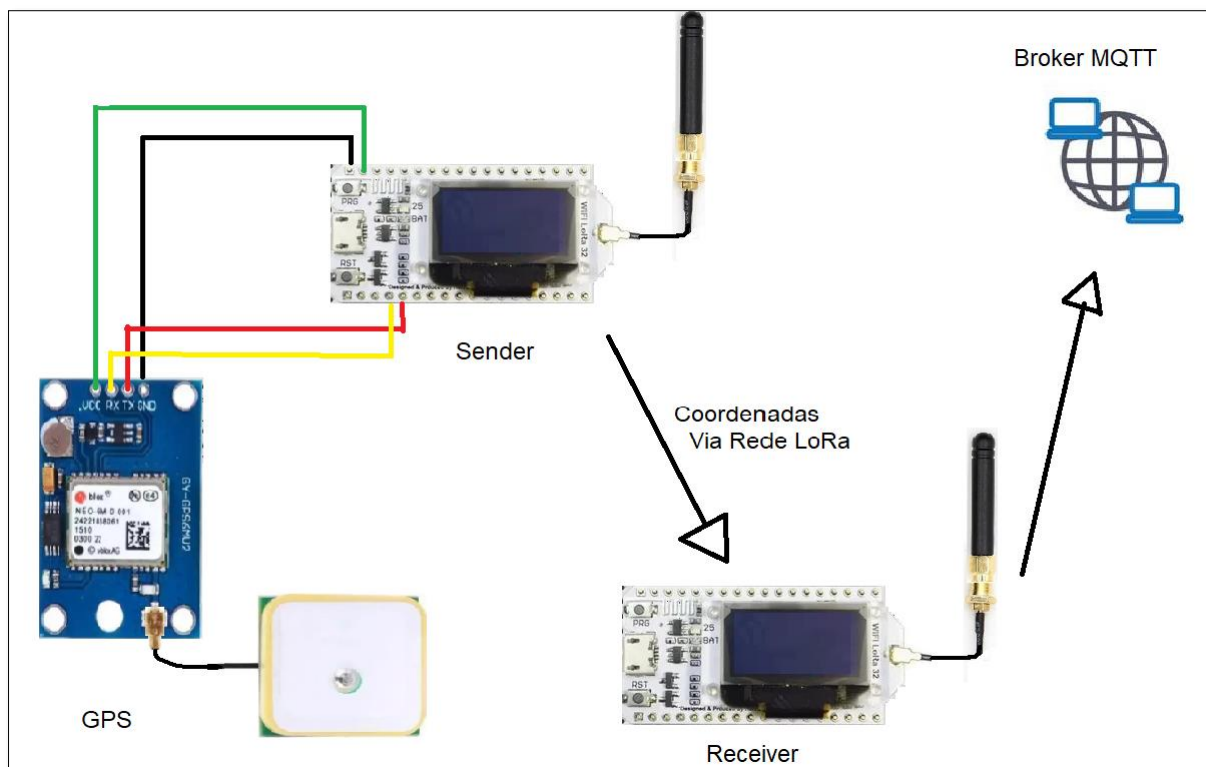
Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

4.2.2 - Sistema embarcado

No contexto do sistema embarcado, é realizada a coleta dos dados de localização do veículo. Foi estabelecido a nomenclatura de *sender* para o equipamento que realiza a coleta. O dado é formado por um valor de latitude e outro de longitude, no qual são processados a cada 500 milissegundos. Após coletar esses dados, o sistema efetua a validação da localização do veículo em relação a área de movimento pré-determinada seguindo a normas da ANAC.

Na Figura 19 podemos observar como é a arquitetura do sistema embarcado.

Figura 14 - Diagrama representando a arquitetura do sistema embarcado



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Para realizar a validação da área de segurança, foram estabelecidas coordenadas específicas para demarcar todo o terreno. Por meio de um cálculo matemático o sistema é capaz de definir se está ou não dentro dessas coordenadas. Caso seja confirmada a posição dentro da área de segurança, ocorre uma sinalização visual em que um *led* branco é acessado e uma mensagem no *display* de *ledé* exibido.

Determinada a localização do equipamento, é executada a rotina de envio das informações através da rede LoRa. Após exibir as sinalizações, é realizada a montagem de um texto, contendo a identificação, latitude e longitude separados por vírgula (,) e por uma barra (/) respectivamente. Assim ocorre o envio da mensagem através de um sinal de rádio de baixa frequência, utilizando a 915mhz de frequência.

Os dados são enviados para um segundo equipamento, que chamamos de *receiver*. Este tem a função de receber as informações dos equipamentos dispostos

nos veículos do aeroporto e disponibilizá-las no *broker* MQTT, para que seja alimentado o sistema *WEB*. Esse equipamento possui a funcionalidade de um gateway.

No equipamento chamado de *receiver*, o dado é checado a cada 300 milissegundos, para evitar a demora na leitura dos dados vindos pelo sinal da rede LoRa. Quando é identificado o recebimento, o sistema efetua a validação de pacotes, tendo em vista receber apenas o texto enviado pelo equipamento *sender*. Após a validação o sistema monta uma mensagem em texto para que seja possível publicá-la no *broker* MQTT.

Para que seja possível publicar os dados no *broker*, o equipamento *receiver* necessita de uma conexão com a rede de internet, na qual deverá ter acesso ao *broker* do MQTT. Dentro do processamento do recebimento, é efetuada a publicação da mensagem da fila do *broker*, bem como é atualizado o display de *led* com as informações recebidas via rede LoRa. As informações no display são caracterizadas por *Id*, *Lat* e *Long*, simbolizando a identificação do equipamento, latitude e longitude respectivamente.

O processo é contínuo desde que o equipamento possua uma disponibilização de energia. Sempre que iniciado o sistema faz automaticamente todos os processos descritos.

4.2.2.1 - Validação da área protegida

A funcionalidade foi feita utilizando um algoritmo matemático, no qual traça-se uma linha em cima da longitude e outra linha através da latitude. Para que seja identificado o veículo na área de segurança, as coordenadas geográficas recebidas pela função necessitam ter uma intersecção dos pontos estabelecidos. São obtidos dois vetores com a latitude e longitude que estabelecem a área de segurança respectivamente.

O processamento consiste em percorrer os vetores que possuam as coordenadas, para cada posição desse vetor são verificados os parâmetros recebidos da atual coordenada, quando a condição for verdadeira, será retornado um valor verdadeiro ou falso indicando que a coordenada pertence ao local pré-estabelecido.

Na Figura 20 é possível verificar a rotina que realiza o cálculo.

Figura 15 - Rotina de validação das coordenadas geográficas

```

bool Poly::IsPointInPolygon(double lt, double lg)
{
    int i, j;
    bool c = false;
    j = 7;
    for (i = 0; i < 8; j = i++)
    {
        if ((
            ((_Lt[i] <= lt) && (lt < _Lt[j])) ||
            ((_Lt[j] <= lt) && (lt < _Lt[i]))
        ) &&
            (lg < (_Lg[j] - _Lg[i]) * (lt - _Lt[i]) / (_Lt[j] - _Lt[i]) + _Lg[i]))
        {
            c = !c;
        }
    }
    return c;
}

```

Fonte:Elaborado pelos autores (2020).

4.2.2.2 - Envio das coordenadas por rede LoRa

Ao coletar os dados através do sensor de gps, é realizado a chamada da rotina em que envia os dados através da rede LoRa. Ao iniciar o sistema operacional é criado uma instância de uma classe responsável por se comunicar com o microcontrolador que converte a mensagem do comando *LoRa.print ()* em sinais de rádio. Na Figura 21 podemos observar o empacotamento dos dados da mensagem que será enviada através da rede LoRa.

Figura 16 - Rotina responsável por empacotar e enviar os dados via rede LoRa

```

void sendMessage () {
    LoRa.beginPacket ();
    LoRa.setTxPower (14, RF_PACONFIG_PASELECT_PABOOST);
    LoRa.print (getMessage ());
    LoRa.endPacket ();

    counter++;
}

```

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Após o envio de um dado pelo *sender*, o outro equipamento chamado de *receiver* é responsável por interpretar os sinais de rádio em que o módulo de LoRa recebe. Na Figura 22 é possível identificar a rotina responsável por interpretar os dados de entrada através do módulo de rede LoRa.

Figura 17 - Rotina responsável por interpretar a entrada de dados via rede LoRa

```
void onReceive(int packetSize){
    packet = "";
    packSize = String(packetSize,DEC);

    while (LoRa.available()){
        packet += (char) LoRa.read();
    }

    if (packet.startsWith("m")) {
        equip = packet.substring(0, packet.indexOf(","));
        lat = packet.substring(packet.indexOf(",") + 1, packet.indexOf("/") - 1);
        lng = packet.substring(packet.indexOf("/") + 1);
    } else {
        counter = packet;
    }
    valor = "{\"id\" : \"" + equip + "\", \"position\": {\"lat\": " +
        lat + ", \"lng\": " + lng + "}}";

    rssi = "RSSI: " + String(LoRa.packetRssi(), DEC);
    receiveflag = true;
}
```

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A rotina recebe o tamanho do pacote identificado pelo módulo LoRa, é então convertido para um valor de texto responsável por identificar o tamanho o pacote. Após, é realizado a leitura através das portas de comunicação do equipamento e efetuado uma validação na formatação da mensagem recebida. Caso ela possua um determinado caractere, é feita a quebra dessa mensagem e inicializado as variáveis responsáveis por montar a mensagem de envio ao *broker*.

4.2.2.3 - Envio das coordenadas para o broker MQTT

Seguindo a ordem lógica do processo, após o recebimento é realizado a publicação das informações no *broker* MQTT. Para fazer isso é necessário que

utilizar a biblioteca que faz a comunicação com o *broker*. Na Figura 23 é possível identificar a implementação da funcionalidade.

Figura 18 - Rotina responsável por publicar a mensagem no *broker* MQTT

```
const char* mqtt_server = "test.mosquitto.org";
String valor;
const char* fila = "teste-lora-tcs";

if (receiveflag) {
  digitalWrite(25, HIGH);
  displaySendReceive();
  delay(1000);
  receiveflag = false;
  send();
  LoRa.receive();
  displaySendReceive();

  if (equip.length() > 0)
    client.publish(fila, (char*) valor.c_str());
}
```

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

4.2.3 - Sistema web

A partir das especificações definidas nos *spikes* do projeto foi desenvolvida uma arquitetura de sistema mista, dividida entre um sistema embarcado em dispositivos micro controladores e um sistema web.

A arquitetura do sistema web é dividida entre *back-end*, que representa o lado do servidor onde são executadas as regras de negócio, e *front-end*, que representa a interface do usuário e é responsável pela interação com o mesmo.

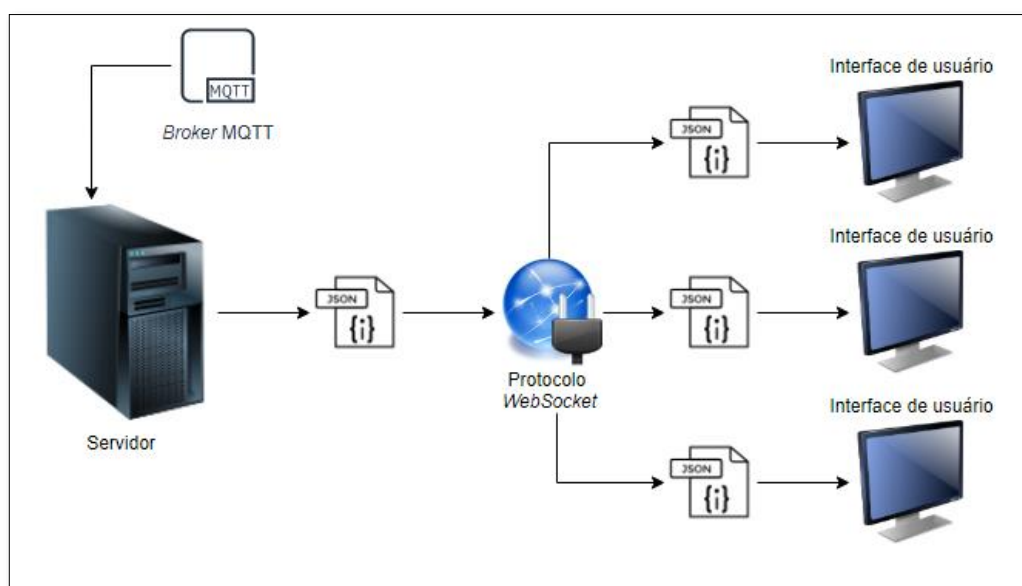
O *back-end* é constituído por um servidor executado em um ambiente de execução *JavaScript*, as principais funções deste servidor são: coletar as coordenadas publicadas no *broker* MQTT e propagar as coordenadas coletadas para todos os clientes que estiverem executando a interface de usuário.

O *front-end* trata-se uma página web responsável por exibir para o usuário o mapa com a representação dos veículos monitorados pelos dispositivos com o sistema embarcado. A exibição do mapa é feita através de uma biblioteca que fornece recursos simplificados para constituição de mapas interativos, sendo ela

também responsável pela exibição e interação dos ícones que representam os veículos.

A comunicação entre o *back-end* e o *front-end* é estabelecida através do protocolo de comunicação *WebSocket*, é através desta conexão que o servidor envia as informações para as interfaces de usuário conectadas a ele. A Figura 24 demonstra um diagrama ilustrando a arquitetura geral do sistema web.

Figura 19 - Diagrama ilustrando a arquitetura do sistema web



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

4.2.3.1 Leitura das coordenadas do broker MQTT

Quando o servidor é iniciado uma das primeiras rotinas executadas é o estabelecimento da conexão com o *broker* MQTT. Esta conexão permite que o servidor faça a assinatura da fila do *broker* na qual o sistema embarcado dos dispositivos de monitoramento publica as mensagens contendo as coordenadas dos veículos.

Sempre que uma mensagem for publicada no *broker* o servidor será notificado e, por tanto, fará a leitura dessa mensagem para então processar essa informação e propagá-la para as interfaces de usuário ativas. A Figura 25 apresenta o trecho de código responsável pela leitura da mensagem publicada no *broker* MQTT.

Figura 20 - Código responsável por interpretar o retorno do *broker* MQTT

```
const client = mqtt.connect('mqtt://test.mosquitto.org:1883')

client.on('connect', function () {
  client.subscribe('GeoAirpot-queue-message');
  console.log("Broker MQTT conectado");
})

client.on('message', function (topic, message) {
  try {
    console.log(JSON.parse(message.toString()));
    updateMarkers(JSON.parse(message.toString()));
    io.sockets.emit('updatedPosition', markers);
  } catch (e) {
    console.log(e)
  }
})
```

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

4.2.3.2 Propagação das coordenadas para a interface de usuário

Quando acessada, a interface de usuário estabelece uma conexão com o servidor através do protocolo de comunicação *WebSocket*, esta tecnologia permite que o servidor conheça todas as interfaces de usuário ativas e possa interagir com elas ao mesmo tempo, de forma individual ou coletiva, através da emissão de eventos.

Quando uma mensagem for lida do *broker* MQTT o servidor emitirá um evento através do protocolo *WebSocket* contendo as coordenadas atualizadas. Após a leitura do *broker*, as interfaces de usuário ativas receberão ao mesmo tempo essa informação e executaram a rotina responsável por atualizar a posição do ícone do veículo referente a coordenada recebida dentro do mapa. Desta forma, todas as interfaces ativas estarão exibidas exatamente as mesmas informações de forma sincronizada.

A Figura 26 demonstra o trecho de código responsável por emitir o evento contendo as coordenadas atualizadas no servidor e o trecho de código responsável por atualizar as coordenadas nas interfaces de usuário.

Figura 21 - Código responsável por emitir o evento

```
// Código da emissão do evento executado pelo servidor
io.sockets.emit('updatedPosition', markers);

// Código da atualização das coordenadas executado pelas interfaces de usuário
this.socket.on('updatedPosition', (markers) => {
|   this.markers = markers;
})
```

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

4.3 QUALIDADE DE SOFTWARE

Os testes de qualidade foram feitos no modelo de *Behaviour Driven Development*, em português, Desenvolvimento Guiado por Comportamento (BDD), que é “a escrita do cenário em uma linguagem em que pessoas da área de negócio possam ler/entender como as especificações” (JOSE, 2018).

Cada História de usuário possui um ou mais cenários de testes descritos no modelo citado acima, estes cenários foram detalhados no Apêndice A incluindo as histórias de usuário.

4.4 OPERACIONALIZAÇÃO DO SISTEMA

A operacionalização do protótipo da aplicação é realizada através da interação dos condutores de veículo com os dispositivos de monitoramento e dos controladores de voo com a interface de usuário do sistema web.

Enquanto o operador estiver conduzindo um veículo portando um dispositivo de monitoramento a sua localização estará sendo monitorada, a tela do dispositivo estará constantemente exibindo as suas coordenadas. Caso ele adentre na área de segurança com o veículo o dispositivo irá sinalizar um sinal luminoso através de um *led* e apresentara uma mensagem de alerta na tela para notificá-lo do ocorrido. A Figura 27 ilustra o dispositivo com o LED acesso e a mensagem de alerta na tela.

Figura 22– LED de notificação ativo e a mensagem de alerta na tela



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A interface de usuário do sistema web apresentará para o controlador de voo um mapa com visão de satélite de toda a área do aeródromo, este mapa exibira um ícone na forma de carro para cada veículo portador de um dispositivo de monitoramento conforme pode ser visto na Figura 28.

Figura 23 - Mapa da aplicação web mostrando a localização dos veículos



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Os ícones que representam os veículos monitorados se movimentarão dentro do mapa conforme os seus respectivos veículos se deslocarem. Ao posicionar o mouse sobre o ícone é apresentado ao usuário a identificação daquele veículo, geralmente representada pela sua placa. A Figura 29 ilustra esta funcionalidade.

Figura 24 - Identificação dos veículos no mapa da aplicação



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A área protegida do aeródromo é representada no mapa através de uma região de cor vermelha disposta sob o mapa, é possível ativar e desativar a visualização desta região através do botão “Alterar Visualização” localizado no canto inferior esquerdo. A Figura 30 ilustra o mapa com a região desativada.

Figura 25 - Mapa da aplicação sem a marcação da área protegida



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

4.5 RESULTADOS

Todos os objetivos, gerais e específicos, foram atingidos pelo resultado final do processo de desenvolvimento. As decisões tomadas durante o processo de escolha das tecnologias e de estruturação da arquitetura de software foram de suma importância para concluir com êxito o desenvolvimento da aplicação.

O sistema embarcado desenvolvido atende a necessidade de monitorar e conhecer a posição em tempo real dos veículos na área de movimentação conforme eles se deslocam. Através de testes realizados foi possível constatar um tempo de captura e envio de coordenadas muito bom levando em consideração o fato de que um veículo estará parado no momento que solicitar autorização para entrar na área protegida, ou ao menos estará com velocidade reduzida.

Tratando-se ainda do sistema embarcado, a necessidade de notificar o condutor através de um sinal luminoso quando ele adentrar a área protegida

também foi atendida. O algoritmo utilizado para validar se a posição atual do veículo está contida na região delimitada como área protegida demonstrou sucesso em todos os testes realizados.

A interface de usuário web atendeu a necessidade de apresentar ao controlador de voo um mapa contendo uma representação para cada um dos veículos monitoradores. Foi constatado que a atualização da posição de cada um dos veículos é realizada quase que instantaneamente após a coordenada ser coletada pelo dispositivo e enviada para o servidor, a informação é com compartilhada de forma sincronizada entre todas as interfaces ativas.

Um dos objetivos do trabalho era estabelecer uma maneira de transmitir as coordenadas coletadas pelos dispositivos para o servidor web levando em consideração a indisponibilidade de sinal *wi-fi* de internet na área de movimentação, para tal, a implementação da tecnologia LoRa foi o que permitiu com que este objetivo fosse alcançado. Nos testes conduzidos foi observado que a transmissão das informações através da rede LoRa ocorreu com sucesso em todos os casos.

Por fim, foi possível idealizar um protótipo de aplicação que entrega todas as funcionalidades e características descritas no projeto, sendo estas pautadas na intenção de fornecer ao aeroporto internacional de Navegantes uma solução capaz de apoiar os controladores de voo e os condutores de veículos na área de movimentação do aeródromo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o processo de maturação do conceito por trás do protótipo desenvolvido a equipe estudou e pode constatar na prática a importância dos procedimentos de segurança envolvidos na área de movimentação do aeródromo. Os profissionais que atuam diretamente nesta cadeia de processos carregam grandes responsabilidades e impactam diretamente a vida de várias pessoas que trabalham no aeroporto ou utilizam seus serviços.

É importante ressaltar que as funcionalidades fornecidas pelo protótipo da aplicação não interferem de forma alguma nos procedimentos de segurança já consolidados, tendo apenas o intuito de prestar apoio aos condutores de veículos e controladores de voo.

A pesquisa detalhada nos apêndices B e C, realizada pela equipe com profissionais do setor aeroportuário, demonstra uma aceitação pela maioria dos entrevistados em relação a presença de um sistema que monitore os veículos na área de movimentação e acreditam que um sistema como este pode auxiliar na diminuição do número de incursões em pista. Esta afirmação é feita levando em consideração as respostas fornecidas para as perguntas 6 e 7 que são direcionadas a opinião dos entrevistados em relação a presença de sistemas de monitoramento dos veículos dentro do aeroporto e o seu impacto na operação do mesmo.

Foram adotados conceitos e tecnologias completamente novos para a equipe no processo de desenvolvimento do protótipo, exigindo assim incontáveis horas de estudos que contribuíram para o crescimento e aprimoramento do conhecimento de todos os integrantes. O trabalho em equipe e a dedicação de todos os integrantes foram os principais fatores que concretizaram a entrega do projeto e permitiram que todos os obstáculos encontrados ao longo do processo fossem vencidos.

Todas as disciplinas ministradas no curso de análise e desenvolvimento de sistemas contribuíram para o desenvolvimento deste projeto, no entanto, deve-se ressaltar a relevância da disciplina de sistemas embarcados que foi responsável por introduzir os conceitos de IoT e instigado os integrantes da equipe a aplicar tais conceitos em um protótipo de aplicação com significado real. Para sugestões de futuras implementações no protótipo deixa-se como proposta a aplicação de persistência das coordenadas coletadas em banco de dados, permitindo assim que

históricos e relatórios possam ser extraídos a partir destes dados, bem como, exibidos de forma inteligente em um dashboard.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC), 1. 2017, Brasília. **Anuário do Transporte Aéreo**. Brasília: Agência Nacional de Aviação Civil, 2017. 228 p. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-do-transporte-aereo/arquivos/anuario_do_transporte_aereo_2016-1.pdf. Acesso em: 05 maio 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC), 2015, Brasil. **Painel de Indicadores do Transporte Aéreo. Brasil: Gerência de Acompanhamento de Mercado da Superintendência de Acompanhamento de Serviços Aéreos**, 2018. 1 p. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-de-transporte-aereo/painel-de-indicadores-do-transporte-aereo>. Acesso em: 01 maio 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Incursão em Pista**. 2016. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/aerodromos/certificacao/runway-safety/incursao-em-pista> Acesso em: 30 de abr. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Programa de Segurança Operacional Específico da Agência Nacional de Aviação Civil (PSOE-ANAC):** SGSO Aeródromos. 1 ed. Brasília: Anac, 2016. 1 p. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/aerodromos/certificacao/sgso-aerodromos>. Acesso em: 17 maio 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (Brasil). **Relatório Anual de Segurança Operacional (RASO) - 2018**. Brasil, 2018. 70 p. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/gerenciamento-da-seguranca-operacional/arquivos/RASO_2018_v4.pdf. Acesso em: 25 mar.2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. RBAC 153: AERÓDROMOS – OPERAÇÃO, **MANUTENÇÃO E RESPOSTA À EMERGÊNCIA**. 1 ed. Brasília: Anac, 2012. 88 p. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de-pessoal/2012/26s1/anexo-ii-2013-rbac-153-emd-00>. Acesso em: 10 maio 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. RBAC 156: AERÓDROMOS – OPERAÇÃO, **MANUTENÇÃO E RESPOSTA À EMERGÊNCIA**. 1 ed. Brasília: Anac, 2011. 96 p. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/participacao-social/consultas-publicas/audiencias/2012/04/7-rbac-156-anexo-i-o-resoluthoo.pdf>. Acesso em: 10 maio 2020.

ALBURQUERQUE, Paulo César Gurgel; SANTOS, Cláudia Cristina dos. **GPS PARA INICIANTES**. 1. Ed. Belo Horizonte: Mini Curso - XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento, 2003.

ALVES-CAETANO, António. Dois séculos de evolução do Pensamento Económico Espacial. **ASSOCIAÇÃO IBÉRICA DE HISTÓRIA DO PENSAMENTO ECONÔMICO**, v. 9, 2015.

AMARAL, Bruno. **Histórias Spike**. 2019. Disponível em: <<https://www.tiespecialistas.com.br/historias-spike-o-que-e-e-qual-e-sua-importancia/>>. Acessado em 17 de jun. de 2020.

AURELIANO, Andre. **Microcontroladores**. 2017. Disponível em <<https://fiozera.com.br/microcontroladores-914a59cbf7de>>. Acessado em 08 de jun. de 2020.

BARROS, Marcelo. **MQTT - Protocolos para IoT**. 2015. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/mqtt-protocolos-para-iot/>. Acesso em: 18 maio 2020.

BIELSCHOWSKY, Pablo. CUSTÓDIO, Marcos da Cunha. **A Evolução do Setor de Transporte Aéreo Brasileiro**. Revista Eletrônica Novo Enfoque. Vol. 13 P. 72-93. 2011.

BNDES. Aspectos de Competitividade do setor aéreo. **Informe Infra-estrutura**, n. 42, mar. 2001.

BRAGA, Newton. **O básico sobre os Microcontroladores – parte 1 (MIC139)**. 2013. Disponível em < <https://newtonbraga.com.br/index.php/electronica/52-artigos-tecnicos/artigos-diversos/13263-o-basico-sobre-os-microcontroladores-parte-1-mic139>>. Acessado em 08 de jun. de 2020.

CARVALHO, Edilson Alves de; ARAÚJO, Paulo César de. **Noções básicas de sistema de posicionamento global GPS**. 2. Ed. Rio Grande do Norte: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2009.

CISCO Internet Business Solutions Group (IBSG). **A Internet das Coisas**. Brasil, 2011. 4 p. Disponível em: https://www.cisco.com/c/dam/global/pt_br/assets/executives/pdf/internet_of_things_iot_ibsg_0411final.pdf. Acesso em: 01 jun. 2020.

DELAI, Andre Luis. **Sistemas Embarcados: a computação invisível**. 2013. Disponível em: <https://www.hardware.com.br/artigos/sistemas-embarcados-computacao-invisivel/conceito.html>. Acessado em 18 maio 2020.

EVANS, Dave. **A Internet Das Coisas: Como a próxima evolução da Internet está mudando tudo**. 2011. Disponível em: https://www.cisco.com/c/dam/global/pt_br/assets/executives/pdf/internet_of_things_iot_ibsg_0411final.pdf. Acessado em 20 maio de 2020.

FARIA, Caroline. **GPS (Sistema de Posicionamento Global)**. 2018. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/cartografia/gps-sistema-de-posicionamentoglobal/>>. Acesso em: 20 abr. 2020.

INOJOSA, Guilherme. **A urna eletrônica é realmente segura?** 2014. Disponível em <<https://direitoeliberdade.jusbrasil.com.br/artigos/131347059/a-urna-eletronica-e-realmente-segura>>. Acesso em 14 maio 2020.

ISARD, Walter. Interregional and Regional Input-Output Analysis: A Model of a Space-Economy. **The Review Of Economics And Statistics**. Cambridge, p. 318-328. nov. 1951.

KONTIK VIAJENS. **Voos sofrem cancelamentos e atrasos nos aeroportos de Congonhas e Santos Dumont**. 2018. Disponível em: <https://kontik.com.br/kontik_news/voos-sofrem-cancelamentos-e-atrasos-nos-aeroportos-de-congonhas-e-santos-dumont/> Acesso em: 09 maio 2020.

LORA ALLIANCE (California) (org.). **LoRaWAN™ What is it?: San Ramon: Lora Alliance**, 2015. 20 p. Disponível em: <https://lora-alliance.org/sites/default/files/2018-04/what-is-lorawan.pdf>. Acesso em: 10 maio 2020.

LUCERO, S. **IoT Platforms: Enabling the Internet of Things**. In: **HIS Technology**, 2016. (<https://cdn.ihs.com/www/pdf/enabling-IOT.pdf>)

MARTINS, Elaine. **Como funciona o GPS?** 2009. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/gps/2562-como-funciona-o-gps-.htm>>. Acesso em: 22 abr. 2020.

MEDEIROS, Higor. **Introdução a Requisitos de Software**. 2013. Disponível em <<https://www.devmedia.com.br/perfil/higor-medeiros>>. Acessado em 01 de jun. de 2020.

MICHAEL YUAN. Ibm. **Conhecendo o MQTT**. 2017. Disponível em: <https://developer.ibm.com/br/articles/iot-mqtt-why-good-for-iot/>. Acesso em: 18 maio 2020.

NBR, ABNT. **ABNT NBR 8919:2016 (Aeronaves – Equipamentos de apoio no solo - Sinalização)**. 2016. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=352337>>. Acesso em: 20 abr. 2020.

NELSON, Randy. **The Top Mobile Apps, Games, and Publishers of Q1 2019: Sensor Tower's Data Digest**. 2019. Disponível em: <<https://sensortower.com/blog/top-apps-games-publishers-q1-2019>>. Acessado em 18 maio 2020.

PHILIPPE, Gabriel. **Como funciona o GPS?** 2016. Disponível em: <https://www.oficinadanet.com.br/post/12406-como-funciona-o-gps>. Acesso em: 22 abr. 2020.

SIA, ANAC. **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (Segurança Operacional em Aeródromos – Operação, Manutenção e Respostas à Emergência)**. 2011. Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/participacao-social/consultas>>

publicas/audiencias/2012/04/7-rbac-156-anexo-i-o-resoluthoo.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2020.

SOUZA, Rafaela. **Sistemas Operacionais Embarcados**. 2018. Disponível em: <https://medium.com/@rafaelasouza_26759/sistemas-operacionais-embarcados-46eedef42acf>. Acesso em: 14 maio 2020.

VILLARINO, Julia. **Internet das Coisas: Um Desenho do Futuro**. 2016. Disponível em <<https://www.proof.com.br/blog/internet-das-coisas/>>. Acesso: em 19 maio 2020.

APÊNDICE A – Histórias de usuário

História 1
<p>Descrição: Eu, como condutor, quero que o dispositivo de monitoramento acione o sinal luminoso sempre que eu me aproximar da área protegida para que possa estar ciente caso esteja me aproximando dela.</p> <p>Story points: 1</p>
<p>Cenário de Teste: Veículo adentrando a área protegida. Dado que eu estou transitando na área de movimentação do aeródromo Quando eu adentrar a área protegida Então um sinal luminoso será acionado no dispositivo de monitoramento do veículo.</p>

História 2
<p>Descrição: Eu, como condutor, quero que o dispositivo de monitoramento mantenha o sinal luminoso desligado sempre que não estiver próximo da área protegida para que possa estar ciente de que não estou próximo dela.</p> <p>Story points: 1</p>
<p>Cenário de Teste: Veículo transitando fora da área protegida. Dado que eu estou transitando na área de movimentação do aeródromo Quando eu não estiver dentro da área protegida Então o sinal luminoso do dispositivo de monitoramento do veículo ficara desligado.</p>
<p>Cenário de teste: Veículo saindo da área protegida. Dado que eu estou transitando na área de movimentação do aeródromo E que estou transitado dentro da área protegida Quando eu sair de dentro da área protegida Então o sinal luminoso do dispositivo de monitoramento do veículo será desligado.</p>

História 3

Descrição: Eu, como controlador de voo, quero que o sistema exiba um mapa do aeródromo para que possa ter uma visão geral da área de movimentação do aeródromo.

Story points: 4

Cenário de Teste: Usuário visualizando o mapa do aeródromo
Dado que eu estou com o sistema executando em um computador

Quando eu estiver na janela do navegador onde o sistema está executando

Então deverá apresentar o mapa com visão de satélite de toda a área do aeródromo.

História 4

Descrição: Eu, como controlador de voo, quero que o sistema exiba um marcador para cada veículo monitorado dentro do mapa para que possa visualizar todos os veículos monitorados.

Story points: 1

Cenário de Teste: Usuário visualizando os marcadores dos veículos

Dado que eu estou com o sistema executando em um computador

Quando eu estiver na janela do navegador onde o sistema está executando

Então deverá ser exibido uma marcação para cada veículo monitorado no mapa.

História 5

Descrição: Eu, como controlador de voo, quero que o sistema atualize em tempo real a posição dos marcadores dos veículos monitorados no mapa para que possa saber a localização atual dos veículos monitorados conforme eles se deslocam dentro da área de movimentação do aeródromo.

Story points: 10

Cenário de Teste: Usuário visualizando os marcadores dos veículos

Dado que eu estou com o sistema executando em um computador

Quando eu estiver na janela do navegador onde o sistema está executando

E um veículo monitorado deslocar-se pela área de movimentação

Então o marcador que o representa no mapa deverá ser reposicionado de acordo com a movimentação do respectivo veículo

História 6

Descrição: Eu, como controlador de voo, quero que o sistema exiba uma demarcação no mapa que represente a área protegida para que possa saber quais veículos encontram-se dentro e fora da mesma.

Story points: 1

Cenário de teste: Usuário visualizando a demarcação da área protegida

Dado que eu estou com o sistema executando em um computador

Quando eu estiver na janela do navegador onde o sistema está executando

E pressionar o botão que Habilita a visualização da demarcação da área protegida

Então deverá ser apresentado no mapa a demarcação que representa a área protegida do aeródromo.

APÊNDICE B – Pesquisa sobre o impacto de uma incursão em pista.

1. Qual a sua atividade no aeroporto?
 - b. Piloto
 - c. Controlador de Tráfego
 - d. Operações/Segurança Operacional

2. Ao longo de sua carreira, quantas vezes sua atividade foi ou quase foi afetada por uma incursão em pista?
 - a. Nenhum
 - b. 1-3
 - c. 4-6
 - d. Muito Alta

3. Cite dois fatores que você destacaria que podem contribuir para uma incursão em pista

4. Quais ações são tomadas para prevenir uma incursão?

5. Em sua opinião, qual o nível de risco que uma incursão em pista pode trazer para as operações aéreas? (1 menos crítico, 5 mais crítico)

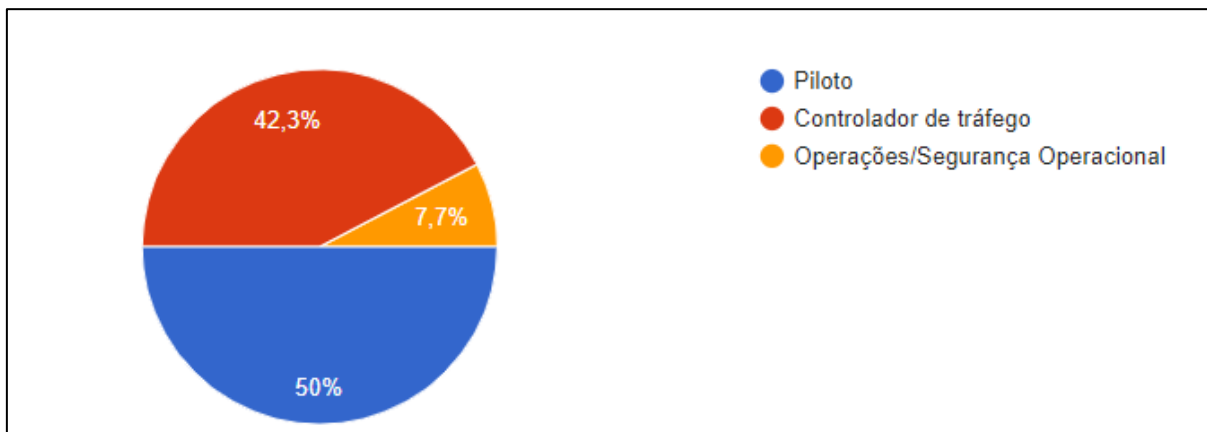
6. Se fosse criada uma ferramenta que pudesse auxiliar no monitoramento dos veículos que operam nas áreas internas do aeroporto, e ainda que avisasse ao motorista que ele está próximo de cometer uma incursão, como você classificaria a relevância dessa ferramenta? (1 pouco relevante, 5 muito relevante)

7. Um sistema informatizado ajudaria no momento de controle dos veículos que transitam no pátio (aeródromo)? Cite um aspecto que ajudaria.

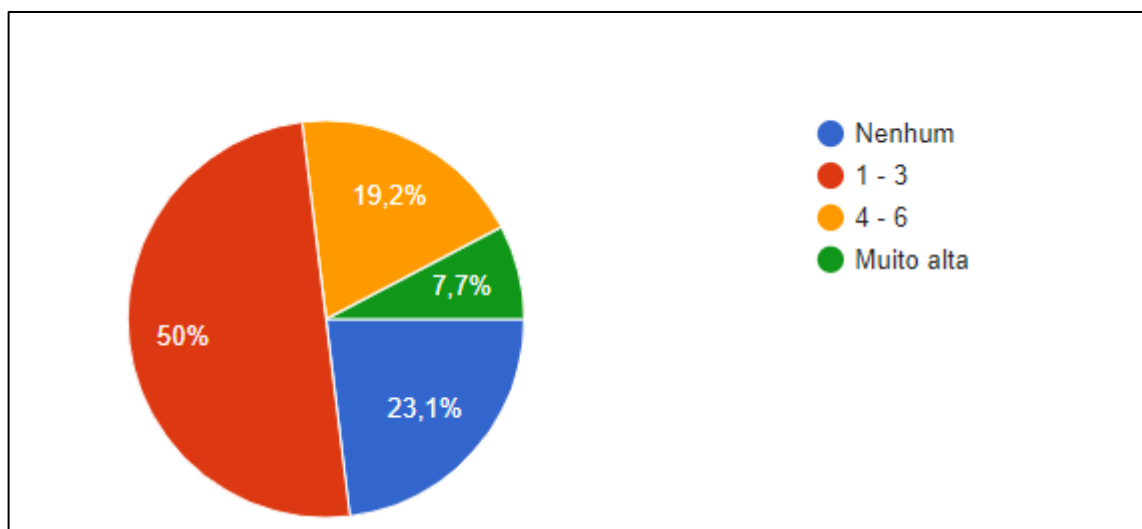
APÊNDICE C – Resultados da pesquisa sobre o impacto de uma incursão em pista.

A pesquisa foi respondida por 26 profissionais, a seguir poderão ser observadas as respostas:

1. Qual a sua atividade no aeroporto?



2. Ao longo de sua carreira, quantas vezes sua atividade foi ou quase foi afetada por uma incursão em pista?



3. Cite dois fatores que você destacaria que podem contribuir para uma incursão em pista

1	Animais soltos como cachorro, por exemplo. E em relação a outra aeronave é o que chamamos de "miscommunication", falha de comunicação que pode ser gerada pelo mal entendimento ou simplesmente a falta da comunicação.
2	Falta de atenção e configuração dos aeroportos, como pistas que se cruzam ou necessidade de cruzamento de uma pista para se chegar em outra...

3	Desatenção, Desinformação
4	Coordenação deficiente e treinamento
5	Uma boa sinalização de quaisquer entradas para a área de pouso e boa consciência situacional das pessoas envolvidas na operação ao redor do aeródromo.
6	Cercas aeroportuárias com falta de manutenção
7	- Consciência situacional - Sobremodulação de comunicações
8	Falta de padronização e infraestrutura aeroportuária sem manutenção
9	A falta de comunicação, atenção e acrescento mais uma, a falta de uma verificação visual.
10	Desatenção e falta de coordenação.
11	Falta de atenção às instruções dadas
12	Falta de Treinamento e Desatenção
13	Preocupação em inserir os dados do voo no sistema de navegação. (Automação da aeronave)
14	A falta de atenção por parte da aeronave ou veículo que solicita o cruzamento da pista ou ingresso para uma vistoria ou no caso do piloto não prestar atenção nas informações fadas pela torre.
15	Citarei apenas um. Falta de treinamento. No meu entender, qualquer outro fator viria da falta de treinamento.
16	Falta de consciência situacional e falha na comunicação
17	Falta de informação e qualificação das pessoas com credenciais para incursão / Aeródromos sem controle de acesso a pistas e pátios.
18	Falha nas comunicações e desatenção
19	Entendimento entre o que se fala e o que se houve. Algumas vezes as pessoas não se preocupam com o que o interlocutor pode entender, acreditando que pelo fato de ele entender daquela forma, todos também entenderão assim.
20	Falta de segurança perimetral e confusão nas comunicações.
21	Deficiente infraestrutura Comunicação inadequada Formação inadequada do piloto Carta aeronáutica pouco clara
22	Aeródromo com falhas no isolamento
23	Citarei apenas um. Falta de treinamento. No meu entender, qualquer outro fator viria da falta de treinamento.
24	Falha nas comunicações e desatenção

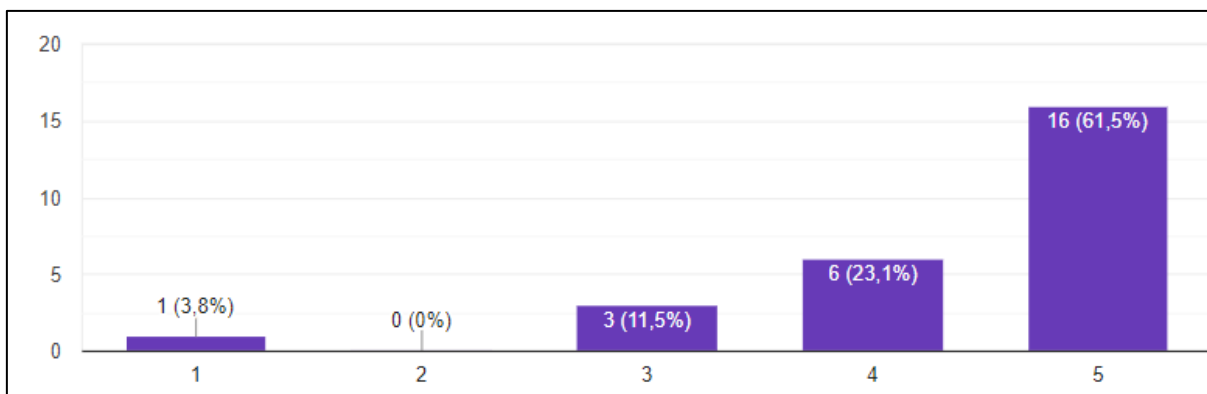
25	Falta de Treinamento e Desatenção
26	Entendimento entre o que se fala e o que se houve. Algumas vezes as pessoas não se preocupam com o que o interlocutor pode entender, acreditando que pelo fato de ele entender daquela forma, todos também entenderão assim.

4. Quais ações são tomadas para prevenir uma incursão?

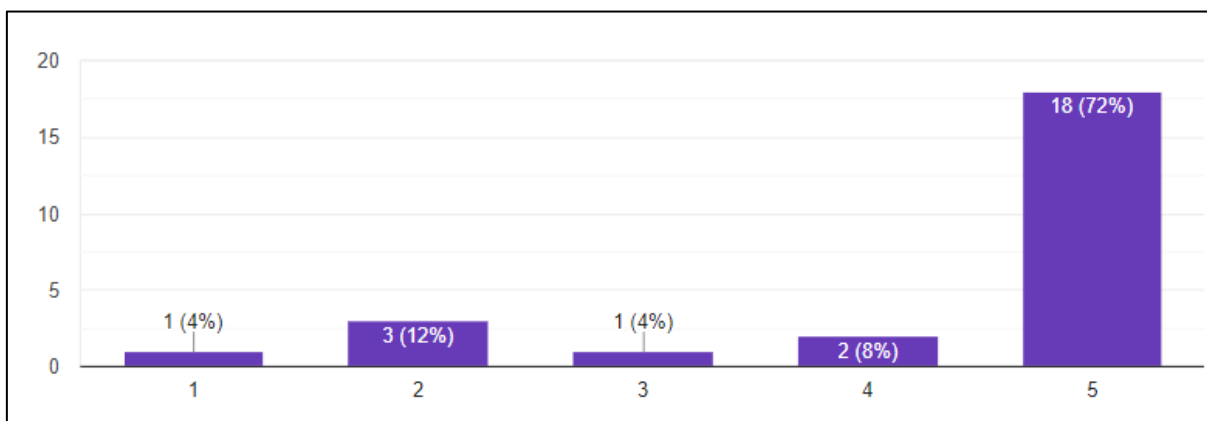
1	E relação aos animais é uma perfeita segurança da área do aeródromo com relação as cercas e em relação as aeronaves e veículos do aeroporto uma sempre comunicação e coordenação.
2	Palestras sobre o assunto.
3	Mais orientação por parte de quem trabalha diretamente no aeroporto e fiscalização mais intensa da área do perímetro do aeroporto.
4	Treinamento e varredura de pista
5	Prévia autorização da Torre e Stopways no final da cabeceira oposta à decolagem.
6	Cercas em bom estado e controle de aves na região aeroportuária
7	- Consciência situacional - Clareza nas transmissões - Atenção no cotejamento - Avisos às empresas aéreas alertando sobre o risco
8	Maior fiscalização e manutenção dos aeródromos e padronização em procedimentos
9	Hoje acredito que palestras e treinamento de equipes no solo.
10	Atenção ao seu redor e coordenação com os demais.
11	Treinamento, instruções...
12	Tecnologia, Implementação de Programas com Treinamento Específico
13	Padronizar a hora de cada ação.
14	Atenção, varredura da pista pelos controladores, e instruções claras e objetivas.
15	Treinamento integrado periódico.

16	Investigar ocorrências anteriores; padronização de procedimentos entre o tráfego aéreo e veículos que circulem no aeródromo; documentação formal e disponível desses procedimentos; garantir o treinamento (teórico e prático) periódico de todas as equipes, envolvendo fraseologia aeronáutica, procedimentos e consciência situacional; monitorar a eficácia dos procedimentos estabelecidos; monitorar e controlar as ocorrências que quase geraram incursão; visualização do tráfego envolvido; correta coordenação entre os órgãos de controle e veículos; correta coordenação na passagem de serviço nos órgãos de controle; manutenção adequada dos equipamentos de comunicação e sinalização.
17	Maio r controle de acesso as áreas restritas.
18	Arremetida, ponte para comunicação e ação do assistente
19	Muuuuita conversa sobre o assunto e treinamento de colaboradores que acessam a área operacional.
20	Ações preditivas de conscientização e segurança e uso de tecnologias como radar de superfície ou sensores.
21	Reavaliar a infraestrutura atualizar avisos aos aero navegantes Boa comunicação com os órgãos de controle
22	Arremeter
23	Treinamento integrado periódico.
24	Arremetida, ponte para comunicação e ação do assistente
25	Tecnologia, Implementação de Programas com Treinamento Específico
26	Muuuuita conversa sobre o assunto e treinamento de colaboradores que acessam a área operacional.

5. Em sua opinião, qual o nível de risco que uma incursão em pista pode trazer para as operações aéreas? (1 menos crítico, 5 mais crítico)



6. Se fosse criada uma ferramenta que pudesse auxiliar no monitoramento dos veículos que operam nas áreas internas do aeroporto, e ainda que avisasse ao motorista que ele está próximo de cometer uma incursão, como você classificaria a relevância dessa ferramenta? (1 pouco relevante, 5 muito relevante)



7. Um sistema informatizado ajudaria no momento de controle dos veículos que transitam no pátio (aeródromo)? Cite um aspecto que ajudaria.

1	Sim. Para ter uma exata localização e em tempo real dos veículos em questão.
2	Lembrando que incursão não acontece somente com veículo, pode acontecer com aeronave tbem... A modernização do sistema não tem efeito sem o treinamento e conscientização dos envolvidos...
3	Ajudaria muito no sentido de alertar previamente o que possa se tornar uma ocorrência
4	Alerta sonoro
5	Comunicação contínua dos veículos.
6	Comunicação!

7	A informatização, via de regra, sempre ajuda. Sistema informatizado é muito genérico. Com certeza um sistema como o citado anteriormente aqui na pesquisa, alertando o motorista, ajudaria e muito.
8	sim, por exemplo radar de solo
9	Sim, ajudaria e muito. Todo sistema de alerta que serve para prevenção de acidentes é de muita valia, pois buscamos em toda fase do voo a segurança operacional, e no aeródromo não é diferente, pois ali a circulação de pessoas, máquinas e avião são intensas.
10	Um elo ligado entre as acfts e os carros.
11	Não sei informar
12	Sim, esse sistema já existe nos principais aeroportos internacionais. Previne incursão, mesmo após Autorização ATC incorreta, ou desatenção do tripulante.
13	Sim. Ajudaria na consciência situacional do responsável do controlador de solo.
14	Ter uma iluminação que chame atenção, ou uma pintura ou luzes .
15	Incursão em pista tem a ver com PISTA não com PÁTIOS.
16	Sistemas semelhantes já existem, mas sempre podem ser aprimorados. A visualização do tráfego, principalmente em grandes aeródromos, facilita o controle dos mesmos, permitindo a antecipação de ocorrências. Além disso, otimiza serviços nas proximidades de áreas críticas.
17	Acredito que a tecnologia é a chave do futuro, e com toda certeza gera muito menos erros que o próprio ser humano. A Automatização iria contribuir muito, pois digamos com uma tag em cada veículo ao solicitar uma autorização de transito dentro da área de patio/manobras, teria uma sinalização no chão, como ocorre em alguns aeroportos para taxiamento de aeronaves, sendo que se houver desvio do curso, será ativado algo sonoro, e também sensores que identificam pessoas / veículos / aeronaves que ingressem nas áreas sem a devida permissão.
18	Sim. Relembrando os controladores
19	Diminuiria o fator humano na tomada de decisão
20	Ajudaria sim, um sistema de câmeras com áreas de pixels definidas na qual se a viatura ingressar um alarme dispara, ou um sistema de ondas de rádio que defina distâncias e áreas até onde a viatura pode ir (como um VOR baseado em radial e distância) que possam ser ativados ou desativados automaticamente quando uma aeronave estiver para ingresso na rwy/twy ou na aproximação final.

21	Já existe e ajuda Depende muito do tamanho, características e números de operações do aerodromo
22	Sistema Gps
23	Sim. Relembrando os controladores
24	Sim, esse sistema já existe nos principais aeroportos internacionais. Previne incursão, mesmo após Autorização ATC incorreta, ou desatenção do tripulante.
25	Diminuiria o fator humano na tomada de decisão
26	Sim. Ajudaria na consciência situacional do responsável do controlador de solo.