

INFLUÊNCIA DO 5G NA AVIAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

GRADUAÇÃO EM AVIAÇÃO CIVIL

Campus Vila Olímpia

Orientador: Prof. Francisco José Rezende, UAM.

Arthur H. Alves Pereira, 125111373851
Fábio Tavares Barbosa, 125111371787
Gabriel D. Pereira Ramos, 12522193688
Ian Viana Pereira, 125111365561
Leonardo De Paiva Andrade, 125111349351
Lígia Martins Alves, 125111356821
Maurício Teixeira Andrade, 125111343481
Pedro Ikki De Macedo Silva, 125111360577

São Paulo
1º semestre, 2022

Influência do 5G na Aviação¹

Arthur; Fábio; Gabriel; Ian; Leonardo; Lígia; Maurício; Pedro²
Francisco José Rezende³

Palavras-chave: 5G. Influência. Aviação. Frequência. Altímetro.

ABSTRACT

The main air operators and the aeronautical authority of the United States of America, the FAA, have drawn the world's attention to the fact that the newest generation of mobile phone networks, 5G, will interfere with the operation of navigation equipment of aircraft. These bodies have been reporting that when installed near airports, the 5G signal transmission antennas can generate inaccuracy in the data by the aircraft's Radio Altimeter, an instrument that informs pilots precisely what the real height of the aircraft is in relation to the ground immediately below the aircraft, which poses a hazard with possible catastrophic consequences for the air operation.

INTRODUÇÃO

Um dos valores que o ser humano tem perante outras espécies é a criatividade perante situações em que se é exigida uma solução qualquer e neste âmbito, desde os primórdios, a capacidade de se comunicar de forma direta e precisa adjunto ao raciocínio lógico fez da humanidade a espécie dominante sobre a face do planeta.

Com a necessidade de se comunicar à distância buscando economia de tempo e evitar deslocamento e com o conhecimento de ciências necessárias para

¹ Trabalho de conclusão do curso de Aviação Civil, Universidade Anhembi Morumbi, 2022.

² Graduandos no curso Aviação Civil da UAM. E-mails: ligia.martins.alves@gmail.com; mauricioteixeira456@hotmail.com; gpramos@gmail.com; leonardodepaivaandrade@gmail.com; ianvianapereira@hotmail.com; Pedro195@fito.br; fabiotavares.ft@gmail.com; arthur.alveshp@gmail.com.

³ Professor da disciplina [FRASEOLOGIA AERONÁUTICA], do Curso de Aviação Civil. E- mail: rezendecomz@gmail.com

tal, como por exemplo, a eletricidade, nasceu a telefonia, iniciada por Alexander Graham Bell no século XIX, foi uma solução revolucionária à sua época, mas a obra da telefonia ainda não estava terminada, quando no início do século XX, em 1906 nasce a radiocomunicação, concomitantemente com o avião, duas descobertas que “caminharam” juntas no decorrer do tempo, fundamentalmente necessária para a comunicação aérea, a radiocomunicação é também é a base para a existência da telefonia móvel, a qual veio a ser desenvolvida em meados da década de 1980, ciência que vem sendo dia após dia aprimorada, atualmente com capacidade de transmitir quantidades massivas de dados através da internet, em sua 5ª geração, vem sendo denominada de “A internet das coisas” do inglês “*Internet of Things*” (*IoT*), tornando possível, além do que ainda é inimaginável, a funcionalidade de *Smart TV*'s, iluminação inteligente, irrigação inteligente na agricultura, etc...

Para a aviação, a telecomunicação que ainda é uma ciência parceira, porém, a tecnologia 5G vem oferecendo um perigo com possíveis consequências catastróficas, devido a sua faixa de propagação de frequência eletromagnética que se situa no limite da separação das frequências utilizadas nos equipamentos de navegação das aeronaves, cujos têm a finalidade de proporcionar a altura exata das aeronaves em relação ao solo, garantindo um pouso seguro principalmente em condições adversas de visibilidade nos aeródromos.

Fabricantes de aeronaves e de seus componentes e as autoridades reguladoras da aviação ao redor do mundo, vem alertando sobre este perigo, e já se propõe a iniciar estudos e testes para desenvolvimento de novos equipamentos para mitigar o problema em novas aeronaves e melhorias nos equipamentos das aeronaves que já estão em operação.

A criatividade certamente será, outra vez, um fator de vantagem para que a humanidade venha a encontrar a solução para a necessidade de manter a segurança e a operacionalidade plena em duas áreas que são símbolo do progresso e redução de distâncias.

1 O QUE É O 5G?

Com a evolução das ciências das telecomunicações, em meados da década de 1980 foi desenvolvida a primeira geração de telefonia móvel, o 1G, esta tecnologia transmitia apenas áudio (voz), a segunda geração, o 2G, foi capaz de migrar de um sistema analógico para um sistema digital, incluindo o serviço de mensagens de texto e o acesso à internet móvel, na terceira geração, o 3G, temos praticamente os mesmos serviços do 2G, porém com serviços telefônicos de maior qualidade e um pacote de dados maior, aumentando a velocidade da rede, a tecnologia progrediu para o 4G, representando um avanço significativo, pois faz maior uso do espectro de frequências, diminui o consumo de energia dos terminais móveis, aumentando nossa conectividade ao longo do tempo. Agora, com a tecnologia 5G, será estabelecido um novo ritmo para negócios e comunicação, mudando para sempre as interações entre empresas, pessoas e coisas.

1.1 Princípios do 5G

O 5G é a nova geração de sistema de comunicação sem fio e arquitetura de rede que fornece conectividade de banda larga massiva e com baixa latência para pessoas e coisas. Trata-se de uma infraestrutura que possibilitará a criação de novos serviços, muitos deles ainda desconhecidos e provavelmente facilitará o crescimento econômico. Alguns dos maiores benefícios por hora conhecido da navegação de internet 5G em comparação com a versão anterior a 4G é a velocidade de transmissão de dados, na 4G pode-se obter a velocidade de 300Mbps de download e 75 Mbps de upload e com latência, tempo em que os dados partem de um computador até chegar ao servidor de destino, de 80 milissegundos, enquanto na navegação 5G, estas velocidades podem chegar a até 10 Gbps, com latência de 4 milissegundos. No entanto, muitas outras

mudanças ocorrerão com a chegada desta nova infraestrutura, como por exemplo, a internet das coisas, trazendo consigo uma revolução em todas as interações já conhecidas.

Esta tecnologia é uma força intangível, mas cada vez mais presente em nossas vidas. O espectro de radiofrequência sustenta a nossa dependência das comunicações sem fio e essas frequências são essenciais para negócios, uso pessoal de telefones celulares, tecnologia autônoma e também sistemas de navegação essenciais para a aviação. O espectro eletromagnético é composto de bandas de frequência que viajam através de ondas de rádio. Essas bandas se assemelham a uma autoestrada de várias faixas com características distintas para cada faixa. Algumas bandas são licenciadas e esses recursos determinam quem pode operar dentro dessa faixa de espectro. Geralmente, os espectros são gerenciados por órgãos reguladores do âmbito das telecomunicações.

1.2 Espectros da frequência do 5G

Mundialmente, o 5G pode usar uma variedade de radiofrequências, variando de 400 MHz a 100 GHz. As frequências mais baixas têm excelentes características de alcance de propagação, resultando em boa cobertura para suportar alta mobilidade, estas radiofrequências com comprimentos de ondas maiores, combinados com técnicas flexíveis de aglomeração de portadores permitem maiores taxas de transmissões de dados. As transmissões de alta frequência, por outro lado, permitem altas taxas de transmissões de dados, porém com menor alcance de propagação de ondas.

O espectro de frequência entre 3,7 GHz e 4,2 GHz é o principal utilizado pela tecnologia 5G, denominada de banda C, (entre 3,7 GHz e 3,98 GHz), é utilizada atualmente para operações de satélite de baixa potência, portanto tem um tráfego tradicionalmente limitado. No entanto, com a disseminação do 5G, a banda C, que opera em faixas de frequências próximas às utilizadas pelos

equipamentos de radionavegação utilizados em aeronaves, os rádios altímetros, o que tem sido reportado por operadores aéreos devidos relatos de interferência na operacionalidade destes equipamentos.

2 COMO O 5G PODE AFETAR A INDÚSTRIA DA AVIAÇÃO

Nos últimos anos foi observado que a implementação do sistema 5G pode influenciar negativamente na operação de aviões e helicópteros em baixos níveis de voo, o problema que despertou preocupação sobre a segurança da navegação aérea já identificado pelos fabricantes de aeronaves e de componentes aviônicos, equipamentos eletrônicos de aeronaves, está relacionado aos rádios altímetros, que são encontrados em aviões civis, militares, helicópteros e até alguns veículos aéreos não tripulados (VANT), o rádio altímetro é o instrumento que permite ao piloto saber a que distância sua aeronave está do solo ou de obstáculos. Como um sonar, o equipamento é capaz de medir o tempo que a onda de radiofrequência é emitida desde a aeronave até ser refletida pelo solo logo abaixo de si. Este instrumento utiliza frequências de rádio na “pista de rodovia” entre 4.2 GHz e 4.4 GHz para precisar a distância entre a aeronave e o solo e é essencial nas operações de decolagens, pousos e voos à baixa altura, além de fornecer informações críticas para outros sistemas da aeronave, como o sistema de prevenção de colisões de alerta de tráfego (TCAS), o Instrument Landing System (ILS), Ground Proximity Warning System (GPWS).

2.1 Os primeiros estudos sobre as interferências do 5G na aviação

A agência reguladora da aviação civil nos Estados Unidos da América, a *Federal Aviation Administration* (FAA), tomou ciência de que algumas redes 5G passaram a interferir em outros sistemas além do rádio altímetro, como por

exemplo, o sistema de pouso automático, necessário para operações seguras de pouso de aeronaves em condições adversas de meteorologia e visibilidade de campo. Em dezembro de 2021, a FAA advertiu que interferências podem ocasionar o descontrole da aeronave em pousos, devido a informações incorretas nos instrumentos de voo.

Os órgãos governamentais que regulam as questões das radiofrequências de comunicação são externos à aviação, tanto no Brasil como nos Estados Unidos, no Brasil, essa agência é a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) e nos Estados Unidos, a *Federal Communications Commission* (FCC), é necessário que haja boa interação entre estas instituições da aviação civil e das telecomunicações a fim de mitigar os riscos relacionados à interferência do 5G ao rádio altímetro.

A *Radio Technical Commission for Aeronautics* (RTCA), Comissão Técnica de Rádio para Aviação, uma organização privada sem fins lucrativos que desenvolve padrões que servem como base para a certificação de equipamentos de radiofrequência utilizados em aeronaves, em parceria com a FAA e o governo americano, em 2020, publicou um estudo que analisou como as emissões de 5G podem afetar o desempenho do altímetro em uma aeronave. Esse estudo foi divulgado antecipadamente por causa da expectativa de expansão da banda C (entre 3,7 GHz e 3,98 GHz) do 5G, sendo até o momento, o relatório mais completo sobre o assunto.

“Um grande risco de que os sistemas de telecomunicações 5G na banda C causem interferência prejudicial aos rádios altímetros em todos os tipos de aeronave, incluindo aviões de transporte regular de passageiros, executivos e militares, além de helicópteros de transporte e aviação geral.”

Este trecho da publicação da RTCA mostra a gravidade do problema que o 5G pode gerar para a aviação, causando leituras errôneas nos equipamentos de rádio altímetro ou até mesmo a sua perda total, deixando os pilotos totalmente desorientados em relação à distância entre a aeronave e o solo. Um exemplo de

aproximação de precisão para a pista 27L no aeroporto de O'Hare, em Chicago, é utilizado no relatório, por se tratar da pista mais utilizada para chegadas neste aeródromo. A RTCA fez suposições sobre a localidade das estações 5G com base nas localizações de cinco estações 4G existentes que já estavam dentro ou perto da trajetória de aproximação para a cabeceira 27L. O potencial de ingerência na descida de uma aeronave em aproximação para pouso foi analisado pela RTCA e todas as cinco estações interferiram acima da margem de segurança estabelecida para uma aproximação de precisão. Devido ao perigo detectado, a organização não descartou a possibilidade de falhas catastróficas levando a múltiplas fatalidades, na ausência de mitigações efetivas.

2.2 Europa à frente com a implementação das redes 5G sem interferências à aviação

A *European Union Aviation Safety Agency* (EASA), Agência de Segurança da Aviação da União Europeia, informa que na Europa não vêm sendo observada interferência alguma da transmissão 5G em relação ao rádio altímetro das aeronaves.

Na Europa os prestadores de serviço de telefonia móvel estão trabalhando na implantação do 5G, utilizando um espectro de ondas de rádio entre 3,4 GHz e 3,8 GHz, ou seja, 400 MHz mais longe do espectro utilizado na frequência do rádio altímetro das aeronaves, quando comparado ao que ocorre nos Estados Unidos da América.

Fazendo com que seja repensado a forma como a implantação do 5G dos Estados Unidos da América vem sendo feita, podendo servir como base a forma de implantação da Europa, onde se opera em ondas de até 3,8 GHz, de forma que até o presente momento não houve relatos de interferência do 5G em equipamentos aviônicos.

3 PREVENÇÃO À INTERFERÊNCIA DO 5G NA AVIAÇÃO

Ainda não está claro como a aviação e as telecomunicações globais progredirão em conjunto. Os desenvolvimentos com ênfase em diminuir ou eliminar a ingerência podem resultar em ajustes nas operações 5G ou em novos projetos de rádios altímetros. No entanto, construir e atualizar rádio altímetros em todos os aviões que podem ser afetados pelo 5G pode ser inviável e não está claro se o setor da aviação poderia arcar com essas despesas sozinho.

3.1 As primeiras ações mitigatórias

A FAA, em uma tentativa de mitigar os riscos associados ao 5G, divulgou duas *Airworthiness Directives* (AD's), relacionadas à influência do 5G à aviação. Essas AD's, que são diretrizes de aeronavegabilidade que preconizam restrições operacionais nos locais em que haja tal interferência. Em uma declaração emitida com as diretrizes, a agência reguladora da aviação nos Estados Unidos afirma: “A expansão do 5G e a aviação coexistirão com segurança. Um passo em direção a esse objetivo aconteceu com a publicação das duas diretrizes de aeronavegabilidade para fornecer uma estrutura e reunir mais informações para evitar efeitos potenciais nos equipamentos de segurança da aviação. A FAA está trabalhando em estreita colaboração com a FCC e empresas de telecomunicação e fez progressos para implementar com segurança a expansão do 5G.”

Além disso, a FAA emitirá avisos aos aeronavegantes (NOTAMs) nas áreas de interferência, proibindo as seguintes operações: aproximações que exijam a utilização de rádio altímetro em offshore, fora da costa, de helicópteros, então deve-se utilizar os equipamentos barométricos, utilizar o piloto automático em operações em que o sistema venha a depender de dados provenientes do rádio altímetro; efetuar operações de pouso por instrumentos nos níveis ILS CAT I, CAT II e CAT III, dentre outras medidas. Essas medidas serão tomadas

temporariamente, enquanto se busca soluções para que não sejam mais necessárias restrições desse tipo nas operações.

A influência do 5G na aviação a longo prazo ainda é incerta. No entanto, lições úteis estão disponíveis e ao alcance, mesmo nas fases iniciais desse reconhecido perigo. Como as telecomunicações sem fio e a aviação foram construídas com o objetivo de aproximar as pessoas, a falta de cooperação entre essas duas indústrias em relação ao 5G é o oposto do que cada uma representa.

Fatores econômicos estão conduzindo as decisões em uma via rápida, no entanto a falta de compreensão e discussão nos estágios iniciais da rota de colisão de duas indústrias, a aviação e comunicação sem fio, pode levar a falhas catastróficas. Alternativamente, estabelecer um ritmo menos acelerado nas decisões em relação ao 5G e engajar-se em um diálogo aberto e transparente pode levar a uma engenhosidade técnica. A segunda opção, embora seja mais desafiadora, pode ser a melhor opção para garantir a continuidade do crescimento econômico ao lado da preservação da segurança da aviação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho percebemos que diante do avanço da tecnologia um novo fator de risco para a aviação surgiu e esse fator pode ocasionar acidentes catastróficos, essa nova tecnologia 5G que opera na frequência de 3,7 a 4,2 GHz, traz esse grande risco para aviação atual em alguns países, pois a sua frequência causa interferência prejudicial ao rádio altímetro, equipamento que indica a altura da aeronave em relação ao solo, além de fornecer informações críticas para outros sistemas da aeronave, como o sistema de prevenção de colisões de alerta de tráfego (TCAS), o Instrument Landing System (ILS), Ground Proximity Warning System (GPWS)” que utiliza a frequência entre 4,2 a 4,4 GHz. A FAA advertiu que a influência do 5G pode trazer riscos à atividade aeronáutica durante a aproximação e pouso e podendo ocasionar acidentes com graves consequências.

Vimos que para a mitigação desse risco é necessário que tanto a tecnologia 5G como a aviação tenham que evoluir juntas, no entanto, a falta de compreensão, cooperação e discussão entre essas duas indústrias no estágio inicial vem dificultando o processo de resolução deste problema. Porém já podemos buscar meios de corrigir essa situação tomando como exemplo a forma que o 5G vem sendo implementado na Europa.

Devido ao alto custo, torna-se inviável a alteração dos rádios altímetros das aeronaves que já estão em operação, com isto, a FAA, em uma tentativa de mitigar os riscos associados ao 5G, publicou duas diretrizes de aeronavegabilidade (AD) relacionadas à interferência do sistema nos rádios altímetros das aeronaves. Essas AD's exigem restrições operacionais em locais em que exista tal interferência. O mais viável perante este cenário seria realizar alterações nas operações do 5G com reajuste da frequência.

De modo geral fatores econômicos são essenciais para estabelecer um ritmo entre a aviação e o 5G, pois nenhuma das empresas querem perder receitas

enfrentando barreiras que podem ocasionar falência para as partes. Tanto a FAA e a FCC estão trabalhando juntas para poder sanar os problemas que estão tendo sobre a tecnologia, assim visando um futuro em que toda segurança prevalece sobre os riscos de acidente.

Em se tratando de dois instrumentos de progresso para as nações, cujos desenvolvimentos devem sem dúvida, avançar, é necessário que sejam tomadas ações mitigatórias para o problema, evitando proibições que venham a restringir a operação aérea, e muito mais importante, antes que possam ocorrer acidentes com vítimas.

Concluimos que mesmo sendo um problema que ainda se encontra na fase inicial já podemos refletir e repensar em soluções, partindo do princípio que tanto a tecnologia das telecomunicações como a aviação surgiram para quebrar distâncias, porém atualmente ambas se encontram em um impasse onde estão visando os lucros e talvez se esquecendo da prevenção de acidentes e segurança operacional. Como resultado, operadores aéreos já cancelaram voos para alguns destinos, devido ao problema que está ocorrendo sobre interferências nas aeronaves e os riscos que isto traz à operação aérea. É preciso que haja muito diálogo para que um acordo seja estabelecido e a tecnologia do 5G avance com segurança para um futuro melhor para ambos os setores. E a humanidade dará mais um passo para um grande avanço sobre a aviação e a telecomunicação.

REFERÊNCIAS

AYRE, K. The long-term impact of 5G on aviation is still unknown. Yet, within the nascent stages of this identified risk, potential lessons are available and within reach. **BLG**, 2021. Disponível em:

<<https://www.blg.com/en/insights/2021/02/losing-connections-5g-wireless-technology>>. Acesso em: 12 abril 2022.

CARVALHO, C. Internet das coisas: entenda o que é e como funciona.

Tecmundo, 2021. Disponível em:

<<https://www.tecmundo.com.br/internet/230884-internet-coisas-entenda-funciona.htm>>. Acesso em: 02 maio 2022.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. Federal Aviation

Administration. **5G and Aviation Safety**, 2021. Disponível em:

<<https://www.faa.gov/5g>>. Acesso em: 25 abr. 2022.

FERREIRA, C. Aviões não poderão pousar com tempo ruim em locais com grande presença da banda 5G. **Aeroin**, 2021. Disponível em:

<<https://aeroin.net/avioes-nao-poderao-pousar-com-tempo-ruim-em-locais-com-grande-presenca-da-banda-5g/>>. Acesso em: 10 abril 2022.

FRANCO, A. 5 GIFs que mostram a diferença entre 4G e 5G. **Tecmundo**,

2021. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/5g-no-brasil/220063-5-gifs-mostram-diferenca-entre-4g-5g.htm>>. Acesso em: 01 maio 2022.

IATA. Aviation and 5G. **IATA**. Disponível em:

<<https://www.iata.org/en/programs/ops-infra/air-traffic-management/5g/>>.

Acesso em: 11 abril 2022.

PACIEVITCH, T. Alexander Graham Bell. **Info Escola**, 2022. Disponível em:

<<https://www.infoescola.com/biografias/alexander-graham-bell/>>. Acesso em: 01 maio 2022.

RILEY, C. Entenda como a Europa lançou 5G sem prejudicar aviação, como acontece nos EUA. **CNN Brasil**, 2022. Disponível em:

<<https://www.cnnbrasil.com.br/business/entenda-como-a-europa-lancou-5g-sem-prejudicar-aviacao-como-acontece-nos-eua/#:~:text=As%20companhias%20a%C3%A9reas%20e%20os,que%20dist%C3%A2ncia%20est%C3%A3o%20do%20solo.>>.

Acesso em: 03 maio 2022.

FICHA DE AVALIAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – TCC

Ano/Semestre: 2022/1 Data de entrega do TCC 13/05/2022

TÍTULO: Influência do 5G na Aviação

LINHA DE PESQUISA: Pesquisa exploratória

Nome dos Componentes do Grupo:

- | | |
|----------------------------------|------------------|
| 1. Arthur Henrique Alves Pereira | RA: 125111373851 |
| 2. Fábio Tavares Barbosa | RA: 125111371787 |
| 3. Gabriel Diniz Pereira Ramos | RA: 12522193688 |
| 4. Ian Viana Pereira | RA: 125111365561 |
| 5. Leonardo de Paiva Andrade | RA: 125111349351 |
| 6. Lígia Martins Alves | RA: 125111356821 |
| 7. Maurício Teixeira Andrade | RA: 125111343481 |
| 8. Pedro Ikki de Macedo Silva | RA: 125111360577 |

Trabalho escrito (Peso 7.0) Nota: atribuir até 1 ponto para cada item 1.

	Prof. 1	Prof. 2	Média
1. O trabalho atende adequadamente às normas gramaticais e ortográficas vigentes da Língua Portuguesa e padrões de formatação?			
2. O trabalho contém todos os elementos obrigatórios de um artigo científico, conforme o guia?			
3. Há preocupação de fornecer coerência interna a cada seção e dispõe corretamente os objetivos, as discussões e o fechamento?			
4. O trabalho respeita as normas de pontuação e gramática, bem como a distribuição adequada de tabelas, gráficos e/ou figuras?			
5. Estrutura narrativa clara (linguagem; conceitos explicados e relacionados; coerência textual), apoiando-se em literatura especializada para fundamentar os argumentos e conclusões?			
6. A pesquisa empírico-documental-bibliográfica é consistente e aderente à revisão bibliográfica, contribuindo efetivamente para o conhecimento científico?			
7. Os procedimentos metodológicos foram apresentados e detalhados de forma adequada na introdução e nas considerações finais?			

Apresentação do aluno/grupo (Peso 3.0)

8. Utilizou adequadamente o tempo (entre 15 e 20 minutos) e explorou adequadamente os recursos audiovisuais?			
--	--	--	--

9. Demonstrou domínio de técnicas de apresentação?			
10. Demonstrou domínio sobre o assunto, articulando adequadamente as palavras com objetividade e conhecimento?			

Nota Final do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)	
--	--

Aprovado Aprovado com Restrição Reprovado

Professores Avaliadores Assinatura:

1.	
2.	