



Alverca, Março de 2006

## Relatório de Estágio



Universidade do Porto

Faculdade de Engenharia

**FEUP**

# **Sistemas Aviónicos de Aviões Militares e Compatibilidade entre Antenas**

Daniel Filipe de Carvalho Maia  
000503111 – [daniel.maia@fe.up.pt](mailto:daniel.maia@fe.up.pt)

**Aluno:**  
**Daniel Filipe de Carvalho Maia**

Aluno do 5º ano da Licenciatura em Engenharia Electrotécnica e de Computadores,  
Ramo Telecomunicações, Electrónica e Computadores  
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

**Orientador FEUP/DEEC:**  
**Sérgio Reis Cunha**

Professor Doutor em Engenharia Electrotécnica e de Computadores  
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

**Orientador OGMA S.A. :**  
**Eng.º José Manuel Simão Sousa**

*Program Manager* da área de Engenharia - Engenharia de Suporte

Este estágio foi realizado no âmbito da cadeira Projecto, Seminário ou Trabalho de Fim de Curso, do 2º semestre do 5º ano da Licenciatura em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, durante o estágio iniciado em Setembro de 2005 na OGMA S.A., Indústria Aeronáutica de Portugal, no Departamento de Engenharia de Suporte.

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**  
**Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores**  
**Rua Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, Portugal**

621-310473) Lecc 2006/11/21

11/21/06

105153

CDU

24 02 10

# Agradecimentos

Ter surgido a oportunidade de efectuar este estágio num ambiente que tanto gosto, numa empresa única e conceituada em Portugal e sobre um tema que se adapta perfeitamente à minha formação académica foi, sem dúvida, um privilégio. Esta oportunidade só foi possível com o apoio do **Programa Operacional Ciência e Inovação 2010**.

Agradeço ao Eng.º José Sousa que, como meu orientador e responsável na empresa, sempre me ajudou e forneceu todos os documentos necessários, assim como aos restantes engenheiros colegas de trabalho daquele departamento por terem sido uma equipa sempre prestável e que criaram um ambiente excelente para me integrar junto deles, tornando a minha estadia na OGMA S.A. proveitosa e muito agradável.

Ao Eng.º Carlos Pinto pelos contactos efectuados junto dos responsáveis da OGMA S.A. e que tornaram possível o meu estágio e à Dra. Maria João Dinis que, na secção de gestão de pessoal e formação da OGMA S.A., teve um papel muito importante em todo o processo burocrático envolvido entre a FEUP e a empresa e foi sempre muito atenciosa e prestável.

Finalmente, a realização deste estágio/projecto não teria sido possível sem a ajuda do professor orientador da FEUP/DEEC, Sérgio Reis Cunha. Como não poderia deixar de ser fica aqui o meu agradecimento muito especial por todo o apoio e confiança depositada em mim, assim como todos os esforços feitos para ajudar a tornar possível o contacto e aceitação por parte da OGMA S.A..

# Resumo

Os aviões, hoje em dia, são máquinas muito mais complexas que apenas uma estrutura metálica com motor, fuselagem e asas.

Actualmente os objectivos do voo vão muito além do simples prazer de liberdade e gozo do piloto. Os aviões cumprem tarefas de extrema importância tais como vigilância meteorológica, vigilância marítima, vigilância e combate de incêndios, protecção de um país em caso de guerra, transporte aéreo de pessoas, bens e mercadorias de uma forma extremamente rápida por todo o mundo entre muitas outras.

Para que tal seja possível todos os aviões são obrigados a estar equipados com diversos sistemas electrónicos, designados por **aviónicos**, quer para poderem comunicar entre si e com o controlo quer para conseguirem voar e deslocar-se de uma forma muito precisa e eficiente de um local para outro, para ser possível voar em qualquer condição de tempo ou visibilidade, cumprir as importantíssimas normas de segurança ou simplesmente cumprir a tarefa que lhes está atribuída. Alguns aviões nem sequer conseguiriam voar sem os sistemas automáticos de controle das partes móveis que garantem a estabilidade necessária, recuperam o avião de situações críticas e tornam mais fácil a tarefa de pilotagem, como é o caso dos jactos militares mais recentes.

A grande maioria destes sistemas são equipamentos que requerem a instalação de antenas na superfície da aeronave e grandes conjuntos de cablagens, e por isso envolvem estudos de compatibilidade electromagnética entre antenas complexos bem como prever todo o impacto aerodinâmico destas estruturas que podem ter dimensão significativa e alterar a performance da aeronave.

A evolução tecnológica na aviação fez com que a “potência” da electrónica fosse tão ou mais importante que a potência dos motores que dão a propulsão às aeronaves!

# Abstract

In our days airplanes are much more complex machines than just simple metallic structures with engine, fuselage and wings.

Today flight objectives go much more further than the simple pleasure of freedom and hobby for the pilot. Airplanes and crews have to deal with extremely important tasks such as meteorological surveillance, maritime monitoring, they help a lot in fire surveillance and extinguishing, protecting the country in case of war, transporting people and materials all over the world in a fast and efficient way, and much more.

Airplanes have to be equipped with a lot of electronic systems, called **avionics**, to be able to communicate with each other and with the air traffic controller, fly from one point to another very precisely and efficiently, be able to fly in any possible meteorological conditions and visibility, to fulfill all the important safety rules and go ahead with the mission that have been assigned for it. Some airplanes couldn't even fly without the help of automatic systems that control the movements and ensure the necessary stability, recover from emergency and critical situations and make the pilot job much easier, as the military fighter jets.

The majority of these systems are equipments that require antennas installation on the surface of the fuselage of the airplane and lots of cables inside of it, so they involve EMC studies (electromagnetic compatibility studies) between antennas and it is necessary to predict all the aerodynamic impact resulting from this structures because of their dimension and design form.

The technological evolution in aviation have made the power of electronics even more important than the power of engines that equip and give the thrust to the airplane.

# Índice

<b>1. Apresentação da Empresa</b>	<b>1</b>
<b>2. Introdução</b>	<b>3</b>
2.1 Motivação Pessoal .....	3
2.2 Exposição Geral dos Conteúdos .....	4
2.3 Definições e Conceitos Fundamentais.....	5
2.4 EMC/EMI na Indústria Aeronáutica.....	8
2.5 Antenas para Instalar em Aviões.....	9
<b>3. Análise do Problema</b>	<b>11</b>
3.1 Objectivos e Requisitos .....	11
3.2 Como funcionam as técnicas de Blanking.....	13
3.3 O Avião .....	14
3.4 Especificações Técnicas da Aplicação .....	17
3.5 Estudo Teórico e Variáveis Envolvidas.....	19
<b>4. Implementação</b>	<b>24</b>
4.1 Escolha de Interface .....	24
4.2 Caso da Antena ser Emissora .....	26
4.3 Caso da Antena ser Receptora.....	28
4.4 Limitações da Aplicação .....	30
<b>5. Utilidade da Aplicação</b>	<b>31</b>
<b>6. Dificuldades Encontradas</b>	<b>32</b>
<b>7. Conclusões</b>	<b>33</b>
<b>8. Bibliografia e Referências</b>	<b>34</b>

# Lista de Figuras

Figura 1: Logótipo da Empresa .....	1
Figura 2: Fotografia Aérea das Instalações da Empresa.....	1
Figura 3: Mapa das Instalações da Empresa.....	2
Figura 4: Esquema Básico de um Sistema de Comunicações .....	5
Figura 5: Antena de DME/Transponder .....	9
Figura 6: Antena de GPS para aviões.....	9
Figura 7: Antena de Comunicação VHF .....	10
Figura 8: Antena de VOR.....	10
Figura 9: Antena de ADF .....	10
Figura 10: Antena de Glide Slope .....	10
Figura 11: Esquema Simplificado das Antenas dos Aviões .....	12
Figura 12: Fotografia de um Avião C130 da FAP.....	14
Figura 13: Características Técnicas dos Aviões C130 .....	16
Figura 14: Exemplo de um Esquema com Fuselage Stations.....	25
Figura 15: Imagem da folha em EXCEL para antena emissora .....	26
Figura 16: Imagem dos gráficos da folha em EXCEL para a antena emissora .....	27
Figura 17: Imagem 1 da folha em EXCEL para a antena receptora.....	28
Figura 18: Imagem 2 da folha em EXCEL para a antena receptora.....	29
Figura 19: Imagem dos gráficos da folha em EXCEL para a antena receptora.....	29



# Lista de Acrónimos e Breve Explicação

**ADF – Automatic Direction Finder.** Ajuda rádio no avião que detecta e indica a direcção a um determinado NDB presente no chão.

**NDB – Non Directional Beacon.** Ajuda à navegação que transmite sinais não direccionais a partir do solo para serem recebidos pelo ADF do avião.

**VOR – VHF Omni directional Range.** Ajuda radio à navegação que opera entre 108 e 118 MHz. A estação VOR no solo transmite sinais direccionais ao longo de 360°. O receptor VOR do avião permite ao piloto identificar o radial em que está a voar assim como se está a aproximar-se ou afastar-se da estação.

**GS – Glide Slope.** Sistema que indica a razão de descida necessária e correcta para efectuar uma aproximação e aterragem numa pista.

**ILS – Instrument Landing System.** Guia um avião lateralmente e verticalmente até à pista, permitindo ao piloto aterrar mesmo sem visibilidade. Dependendo da sensibilidade do equipamento e sistema de terra é dividido em três categorias principais conforme visibilidade mínima horizontal e vertical necessárias para aterrar.

**GPS – Global Positioning System.** Sistema de navegação baseado na transmissão de sinais provenientes de satélites.

**TCAS – Traffic Alert and Collision Avoidance System.** Gera avisos de tráfego próximo e instruções verticais para evitar colisões.

**TACAN – Tactical Air Navigation.** Combina VOR e DME e é apenas usado pelos aviões militares. Sistema que usa frequências UHF e fornece informações de distância e rumo para uma determinada estação sintonizada.

**GPWS – Ground Proximity Warning System.** Alerta os pilotos para situações de perigo eminente de colisão com o solo ou outros dados anormais no plano vertical, tais como: excesso de razão de descida, perda súbita de altitude, aproximação demasiado baixa a uma pista, entre outros.

**DME – Distance Measuring Equipment.** Equipamento presente no solo e no avião que fornece informação de distância para uma estação sintomizada.

**RADAR – Radio Detection and Ranging.** Dispositivo que detecta objectos pelo eco da energia reflectida neles e pela cronometragem do tempo que essa energia demora a voltar.

**TRANSPONDER** – Receptor/transmissor que recebe um sinal de interrogação e responde automaticamente de acordo com o modo seleccionado. No modo A e B apenas identifica a posição do avião, emitindo um código de 4 dígitos atribuído pelo controlo aéreo. No modo C transmite também informação de altitude.

**MACH** – Velocidade verdadeira medida em relação à velocidade do som. Mach 1 é a velocidade do som ao nível do mar, que corresponde aproximadamente a 340 m/s

**Aviónicos** – Palavra que deriva da versão inglesa *avionics*, que significa *aviation electronics*, ou seja, são todos os dispositivos electrónicos para aplicação na aviação ou espaço. Os sistemas aviónicos interagem com a tripulação ou com outros sistemas do avião nas seguintes áreas: comunicação, instrumentação, navegação, identificação, controlos de voo, controlo dos motores, distribuição de potência ou equipamentos de suporte.

**EMC** – *Electromagnetic Compatibility.*

**EMS** – *Electromagnetic Susceptibility.*

**EMI** – *Electromagnetic Interference.*

**RFI** – *Radio Frequency Interference*

# 1. Apresentação da Empresa



Figura 1: Logótipo da Empresa

A **OGMA S.A., Indústria Aeronáutica de Portugal**, situada em Alverca e fundada em 1918, é a maior representante da Indústria Aeronáutica em Portugal, dedicada aos aviões e à sua revisão, manutenção, reparação e fabrico de componentes.

As suas instalações ocupam uma área de 40 hectares, dos quais 139 000 metros quadrados são área coberta, hangares e pavilhões diversos. Possui ainda uma pista asfaltada de 3Km de comprimento e 45 metros de largura. A torre de controlo equipada com equipamentos VHF e UHF permite aterragens e descolagens 24 horas por dia.

Conta neste momento com 1694 trabalhadores, distribuídos pela manutenção, fabrico e engenharia. A média de idades é 37 anos. A OGMA dá a formação necessária aos seus empregados, sejam estes cursos nas instalações de empresa ou mesmo no estrangeiro. Para além da parte técnica importantíssima, estes treinos focam também o comportamento disciplinar e a gestão de stress.

Loc. N 38° 53, 13' -- W 009° 01, 69' Alt -- 11'



QFU	Comp.	Larg.	Piso	T.Aeron	Declive
04/22	2500m	45m	Asfalto	Mil	0%

Figura 2: Fotografia Aérea das Instalações da Empresa

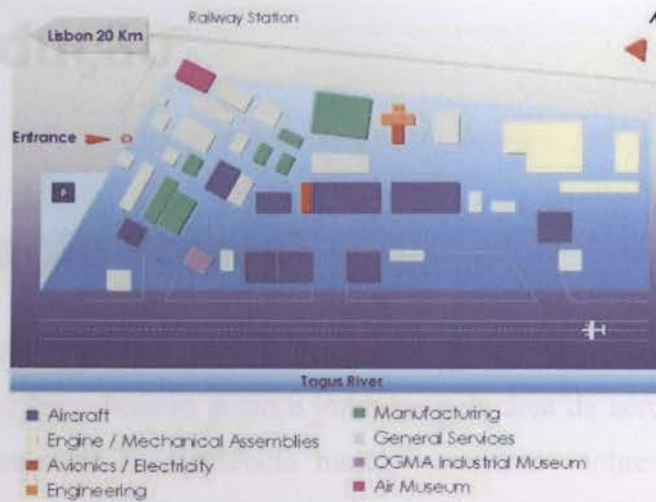


Figura 3: Mapa das Instalações da Empresa

A experiência e o *know-how* adquiridos e desenvolvidos ao longo de décadas permitem à OGMA apresentar hoje um vasto leque de pessoal altamente qualificado e instalações muito modernas, o que contribui significativamente para a sua reputação internacional.

As várias certificações atribuídas por diferentes entidades aeronáuticas importantes e a sua extensa lista de clientes por todo o mundo, tanto militares como civis, justificam a excelência desta empresa. Os serviços oferecidos pela OGMA vão desde a reparação e manutenção de aeronaves e motores, fabrico de componentes estruturais, engenharia de suporte e projecto.

A Força Aérea Portuguesa é um dos principais clientes portugueses da OGMA, sendo que a maioria das aeronaves da sua frota fazem a manutenção nesta empresa.

Na área da manutenção é responsável pela manutenção, reparação e *overhaul* de aviões, motores, aviónicos e acessórios, bem como o *upgrade*, modificação e integração de sistemas nos aviões.

Na área de fabricação fabricam-se e montam-se vários componentes usados nas aeronaves, principalmente no papel de contratados pelos fabricantes dos aviões. Para além disto, esta unidade está habilitada a desenvolver projectos de modificação assim como tem a capacidade de engenharia para desenhar peças várias.

Finalmente o departamento de engenharia conta com uma equipa de engenheiros e pessoal altamente qualificado envolvido na pesquisa, desenho e desenvolvimento de novos produtos aeronáuticos. Além disto dão apoio e suporte às actividades de manutenção da OGMA.

## 2. Introdução

### 2.1 Motivação Pessoal

A motivação principal para a realização deste estágio na OGMA, S.A. e respectivo projecto foi o imenso gosto e interesse pela área da aeronáutica e sistemas aviónicos. A acrescentar à experiência muito importante sobre o mundo real do trabalho, permitiu adquirir conhecimentos técnicos muito válidos e importantes e efectuar uma ligação entre a formação académica em Engenharia Electrotécnica e de Computadores e a área da aeronáutica/aviação, que julgo ser muito importante para a minha carreira profissional como engenheiro electrotécnico.

Foi-me permitido estudar vários sistemas de computadores de voo, pilotos automáticos, sistemas de navegação muito importantes hoje em dia (quer na área da aviação como noutras) como os Sistemas de Navegação Inercial e saber como é feita a interligação de todos os componentes destes sistemas e outros equipamentos nos aviões, permitindo-me comparar o que era feito há 50 anos e o que é feito hoje nas mais modernas aeronaves. Como se evoluiu e porque se evoluiu são perguntas às quais vou tentar obter resposta ao longo destes seis meses de estágio na OGMA S.A.!

Poder ainda criar uma ferramenta de software para o cálculo das distâncias de compatibilidade entre antenas que irá ser útil à empresa em questão foi um aspecto importante.

Nos últimos três meses de estágio fui integrado na equipa de Engenharia de Suporte e fiz parte de um projecto a decorrer com a Força Aérea Belga, com o objectivo de equipar alguns aviões da sua frota com um sistema evoluído de autoprotecção. Por razões óbvias de confidencialidade não estou autorizado a descrever neste relatório essa fase do estágio.

## 2.2 Exposição Geral dos Conteúdos

Todos os aviões, desde o mais pequeno utilizado particularmente para lazer aos grandes aviões comerciais ou jactos militares usados para combate aéreo, usam muitos equipamentos/aviónicos que requerem a instalação de antenas na superfície da sua estrutura (asa, fuselagem ou mesmo estabilizadores verticais ou horizontais) bem como um conjunto complexo de cablagens no seu interior. Como é compreensível são exigidos estudos teóricos preliminares antes de qualquer modificação no avião em questão.

Destes sistemas que usam antenas podem enumerar-se alguns exemplos, tais como: os equipamentos para radiocomunicações, transponder (matrícula electrónica), sistemas de rádio ajudas para facilitar a navegação (ADF, VOR/GS, VOR/LOC, TACAN), antenas de GPS, de DME, radares para os mais variados fins (meteorológicos, detecção de mísseis para lançamento de foguetes para autoprotecção, localização de submarinos ou outro qualquer veículo, etc), sistemas de aviso de colisão quer com o solo quer com outras aeronaves (TCAS, GPWS) entre muitos outros.

Destes equipamentos a maioria são emissores e receptores simultaneamente, tais como: o *transponder*, cujo objectivo é a emissão da posição e altitude do avião após ser “questionado”, os *radares* vários, sistemas para *rádio comunicações*, *avisos de colisão*, *DME* usado para medir distâncias, etc. Há outros ainda cujo objectivo é a recepção apenas: equipamentos de rádio ajudas, tais como *VOR* e *Glide Slope*, o sistema de GPS, entre outros.

Cada um destes equipamentos utiliza uma gama de frequências e potências de emissão/recepção própria e nas quais não é permitido serem feitas alterações, no entanto é necessário ter cuidado para não provocarem interferências entre si, visto as antenas estarem localizadas relativamente próximas umas das outras na extensão da fuselagem, ou seja, é necessário que sejam electromagneticamente compatíveis.

Foi com este objectivo em mente que se desenvolveu este projecto de modo a facilitar/simplificar a tarefa da escolha da posição da antena de um sistema novo que se pretende instalar ou mesmo da escolha do próprio equipamento com características que se adequem melhor à compatibilidade electromagnética num determinado avião.

## 2.3 Definições e Conceitos Fundamentais

É hoje em dia de uso geral a recepção de informação através de ondas electromagnéticas que se propagam livremente no meio que nos rodeia. Estas ondas recebidas pelos utilizadores são emitidas por emissores tendo-se neste caso sistemas unidireccionais. Há também os bidireccionais nos quais os utilizadores/sistemas transmitem e recebem informações transmitindo e recebendo ondas electromagnéticas.

O esquema básico dum sistema de comunicações, usando ondas electromagnéticas propagando-se em meio livre, está representado na figura 4. Nele se pode ver que um dos componentes fundamentais é a interface entre, as ondas electromagnéticas que se propagam ao longo de um percurso determinado através de um guia de onda apropriado, e as ondas que se propagam em meio livre. Este componente é designado por **antena**.

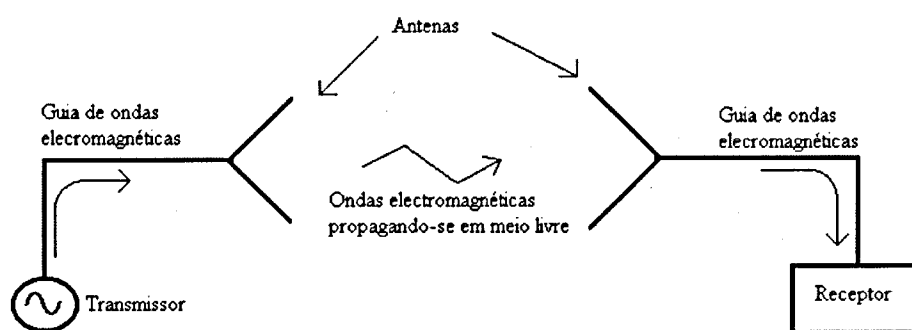


Figura 4: Esquema Básico de um Sistema de Comunicações

Para além dos sistemas de comunicações as antenas são também usadas em sistemas de detecção remota como o RADAR, sistemas de navegação para barcos, aviões e outros.

Do mesmo modo que as estruturas usadas para guiar as ondas electromagnéticas podem assumir formas diversas tais como: linhas bifilares, cabos coaxiais, linhas impressas, condutores metálicos; também as antenas têm diversas configurações dependendo essencialmente da frequência das ondas que vão transmitir e/ou receber e do tipo de radiação que se pretende, se omnidireccional ou numa direcção específica.

Ao falar de antenas, estruturas para guiar as ondas electromagnéticas e sistemas de comunicações está, naturalmente implícito, que se tratam de dispositivos cujo funcionamento é susceptível de ser alterado por perturbações electromagnéticas, produzidas por aparelhos eléctricos, electrónicos ou de telecomunicações. Essas perturbações são designadas por **interferências electromagnéticas** e podem causar em equipamentos ou sistemas alterações no seu correcto funcionamento, designadamente ruído electromagnético, um sinal indesejado ou outro.

**Imunidade** define-se como a capacidade de um dispositivo, de um aparelho ou de um sistema para funcionar sem diminuição de qualidade em presença de uma interferência electromagnética, e **compatibilidade electromagnética (EMC)** é a capacidade de um dispositivo, de um aparelho ou de um sistema para funcionar no seu ambiente electromagnético de modo satisfatório e sem produzir, ele próprio, interferências electromagnéticas para tudo o que se encontre nesse ambiente. Imunidade e compatibilidade são, portanto, conceitos distintos.

Todos os anos as indústrias (aeronáutica, automóvel ou de computadores) gastam muito dinheiro para satisfazerem os vários requisitos de compatibilidade electromagnética existentes. Estes requisitos são constantemente actualizados e existem devido à grande facilidade que hoje em dia os equipamentos electrónicos têm de falhar ou de apresentarem comportamentos anormais quando interagem ou estão em presença de campos electromagnéticos nas condições propícias. Estas normas são de cumprimento obrigatório para todos os productos/equipamentos que possam gerar ou ver-se afectados por perturbações electromagnéticas.



## Porque são as normas EMC tão importantes?

A tecnologia para transmitir e receber as ondas electromagnéticas transformou-se num recurso económico muito importante na sociedade. Como acontece com outros recursos, estas transmissões/recepções podem ser afectadas pela poluição conhecida como a interferência de radio frequência (RFI) ou interferência electromagnética (EMI). Controlar o nível de RFI produzido por produtos eléctricos e electrónicos é particularmente importante onde a segurança de serviços de radiocomunicação é envolvida: para comunicações dos aviões, da navegação, das ambulâncias e dos polícias, entre outros.

Por sua vez estas transmissões podem também provocar nos produtos eléctricos e electrónicos avarias, leituras erradas ou interferências, um fenómeno conhecido como imunidade ou susceptibilidade electromagnética (EMS). Um caso conhecido é o uso de telemóveis ou dispositivos electrónicos nos aviões, que podem interferir com os vários sistemas de navegação e comunicações a bordo da aeronave e põem em causa a segurança de todos os ocupantes.

A interacção mútua entre equipamentos eléctricos ou electrónicos e os de telecomunicações é conhecida como compatibilidade electromagnética (EMC).

Estas normas devem ponderar a necessidade de minimizar os custos necessários para o seu cumprimento e a necessidade de protecção eficaz do recurso do espectro rádio.

## 2.4 EMC/EMI na Indústria Aeronáutica

Os estudos de EMC e EMI são muito importantes na indústria aeronáutica. Testes e análises de compatibilidade electromagnética e de interferência electromagnética servem para avaliar a compatibilidade eléctrica bem como a compatibilidade entre equipamentos que lidam com emissão/recepção de ondas electromagnéticas e antenas (isto acontece com a maioria dos sistemas aviónicos dos aviões), efeitos de trovoadas e de descargas electrostáticas, entre outros.

A fiabilidade dos sistemas e equipamentos utilizados nos aviões tem que ser muito elevada e os testes/estudos de EMC garantem isto mesmo, assim como asseguram a correcta operação em que todos os componentes electrónicos são usados.

Os efeitos da interferência electromagnética dependem das potências de emissão dos sistemas, do grau de imunidade dos equipamentos e do modo como estão interligados. No caso das antenas na estrutura da aeronave depende muito da posição e distância entre elas, como se irá verificar.

Para garantir a compatibilidade há que definir limites de potência de emissão (máxima potência que o equipamento está autorizado a produzir) e limites de imunidade (níveis mínimos de interferência que os sistemas são obrigados a aceitar sem redução significativa das suas performances originais).

Quando se instala um qualquer novo sistema ou equipamento é necessário assegurar que o mesmo é compatível com os restantes do avião.

Para garantir o cumprimento destes requisitos importantes e essenciais existem as diferentes normas, sendo que para a aviação militar existem normas específicas.

## 2.5 Antenas para Instalar em Aviões

As antenas certificadas para serem usadas na aviação têm que obedecer a determinados requisitos próprios desta área e que são muito mais restrictivos e rigorosos que os das antenas para aplicações terrestres apenas, como é compreensível.

Para além de terem que ser funcionais e cumprir a tarefa que lhes está associada de uma forma muito fiável têm que apresentar determinados parâmetros e características de construção especiais para a tarefa que vão efectuar: têm que ser capazes de resistir às grande amplitudes térmicas que ocorrem num voo e às diferenças de pressão provenientes das variações de altitude, a resistência ao choque e às vibrações contínuas são outros dos aspectos muito importantes, para além disso têm que ter um tamanho, peso e forma adequados para reduzir ao mínimo o arrasto aerodinâmico e não alterar as performances do avião.

Em seguida são apresentados algumas imagens de antenas para uso aeronáutico de alguns sistemas e equipamentos dos aviões utilizados actualmente. Existe uma infinidade de marcas, designs e tipos, estas são apresentadas apenas como um exemplo:

### DME/TRANSPONDER



Antena desenhada para aviões que atingem Mach 2

Figura 5

### GPS



Antena para recepção de GPS com forma de “gota”

Figura 6

### Comunicação VHF

## 3. Análise do Problema



Desenhada para instalação por cima ou por baixo em aviões

Figura 7

### VOR



Antena de receptor VOR muito resistente à vibração

Figura 8

### ADF



Antena ADF para instalar entre estabilizador vertical e asa

Figura 9

### Glide Slope



Antena de glide slope com design em V aerodinâmico

Figura 10

## 3. Análise do Problema

### 3.1 Objectivos e Requisitos

Como foi dito anteriormente, os estudos de compatibilidade electromagnética e interferência electromagnética são importantíssimos na área da aviação. Efectuar esse estudo nunca foi objectivo deste estágio, pois para além de não haverem os equipamentos e instalações necessárias na OGMA, os equipamentos a instalar já vêm qualificados à partida pelo fabricante, e deste modo todos os equipamentos novos escolhidos para instalar são compatíveis com os já existentes no avião.

Como tal, os únicos factores possíveis de ser alterados são: as cablagens de ligação e a localização dos equipamentos e antenas na aeronave. As potências induzidas dependem da atenuação do meio entre emissor e receptor, que por sua vez depende da distância, como é óbvio e que vai ser estudado mais à frente neste relatório.

O objectivo principal deste projecto foi então desenvolver uma ferramenta que permita saber de uma forma simples, através de uma prévia introdução de dados, se uma antena que se pretende instalar e que apresenta determinadas características e especificações vai provocar ou sofrer alguma forma de interferência electromagnética noutro sistema cuja antena já está instalada no avião e com que potência o afecta ou é afectada. Esta ferramenta vai deste modo permitir saber quais as zonas de localizações possíveis para instalação de modo a não causar qualquer problema.

Será, portanto, uma ferramenta que verifica a compatibilidade electromagnética entre antenas.

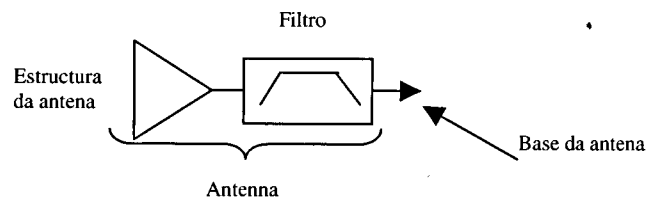
Isto é necessário porque, devido às normas muito restrictas e compreensíveis na aviação, não se podem alterar as características dos equipamentos em termos de gamas de frequência, potências de emissão/recepção ou outras, de modo a eliminar algumas condições indesejáveis da sua utilização. Neste caso específico de interferência entre antenas apenas se podem modificar as zonas de instalação destas, escolhendo a melhor localização ainda que por vezes seja impossível eliminar totalmente as interferências. Nestes casos os fabricantes têm critérios específicos para actuar e ajudar a decidir o

ponto de instalação, sendo necessário depois usar técnicas de blanking por software, blanking temporal, filtros ou outras.

Quanto às técnicas que usam filtros por vezes são desaconselháveis porque, enquanto que é verdade que um filtro reduz a quantidade de energia da interferência captada pelo receptor, também é verdade que tendem a “esticar” o sinal.

São admitidas algumas hipóteses que se consideram válidas neste estudo, tais como:

- as antenas de emissão e recepção estão adaptadas na polarização
- as potências recebidas que se consideram são na base da antena, como mostra a figura seguinte:



*Figura 11: Esquema Simplificado das Antenas dos Aviões*

O outro objectivo do projecto foi justificar os valores apresentados pelas empresas que fazem os tais estudos de compatibilidade electromagnética.

## 3.2 Como funcionam as técnicas de *Blanking*

Como foi dito atrás, caso as potências recebidas pelos diferentes receptores sejam maiores que as admitidas pelas normas ou sejam tais que causem interferência electromagnética e provoquem perturbação, pode ser necessário recorrer aos bloqueadores de sinal, mais conhecidos como *blanking units*, de modo a garantir a tão importante compatibilidade electromagnética.

O mais importante é anular o sinal logo no seu impulso inicial, impedindo que a sua potência chegue aos filtros dos receptores.

Os mais comuns *noise blankers* possuem portas actuadoras bastante rápidas, que é uma necessidade devido à maioria serem assíncronos, ou seja, operando quando detectam o primeiro impulso ascendente do ruído, anulando-o, impedindo assim que a sua energia se concentre e se dirija para o receptor.

Para bloquear o ruído basta modular o sinal recebido com um sinal chamado *blanking pulse*. As componentes espectrais deste sinal vão ser por isso “misturadas” com as do sinal recebido. A forma do *blanking pulse* é sinusoidal, estudada de modo a minimizar as componentes espectrais deste. Quando é “misturado” com o espectro do sinal recebido, as bandas laterais da modulação produzidas pelo sinal do *noise blanker* sinusoidal tornam-se muito mais próximas das do sinal recebido em vez de se espalharem, obrigando a que a largura de banda ocupada diminua.

Sendo assim, os *noise blankers* bloqueiam o processamento dos sinais por parte dos receptores enquanto houver ruído RF, pois enquanto o sinal bloqueador estiver activo o receptor fica a receber apenas um “buzz” devido às bandas laterais geradas. A intensidade destas bandas depende do slew rate do *blanking pulse* e do número de canais a anular activos, mas de qualquer maneira o sinal resultante é muito menos ofensivo que o ruído que estamos a bloquear! O dispositivo entra em funcionamento a partir de um nível de ruído ajustável ou escolhido pelo utilizador.

Quando são usados *noise blankers* há uma atenuação adicional entre 4dB e 6dB do sinal sempre que este não esteja a actuar.

Há que ter em conta que estes dispositivos nada fazem quando a interferência é procada por ruídos atmosféricos, provocados por trovoadas, etc.

Só são usados blankings para sinais pulsados e não para sinais contínuos, para que os receptores não estejam “surdos” por períodos grandes de tempo.

### 3.3 O Avião



Figura 12: Fotografia de um Avião C130 da FAP

O avião usado como exemplo nesta aplicação foi o Lockheed C130 Hercules devido a ser um dos aviões da frota da FAP que fazem toda a revisão e manutenção na OGMA S.A., é extensivamente usado pela Força Aérea Portuguesa para testes e instalação de novas antenas e radares e os resultados da simulação podem ser comprovados por documentos confidenciais existentes na empresa e provenientes de um estudo feito por uma empresa francesa especializada em antenas para aviões e aviónicos.

Este avião foi originalmente desenhado durante os anos 50 com o objectivo de ser um avião de transporte e assalto. Foi, no entanto, modificado posteriormente para uma grande variedade de missões: operações especiais (voo baixo e ataque), suporte e largada de mantimentos, busca e salvamento (SAR – *Search and Rescue*), abastecimento em voo para helicópteros, reconhecimento de condições atmosféricas, vigilância electrónica, entre outras.

É um avião quadrimotor, turbo-hélice, de asa alta e trem retráctil. O acesso ao compartimento de carga na fuselagem é feito pela parte traseira do avião, que se abre em rampa, facilitando, desta forma, não só as operações de carga e descarga, mas também o transporte de cargas volumosas, (viaturas pesadas por exemplo), o lançamento de carga em pára-quedas ou por extracção a baixa altitude e ainda, o lançamento de pára-quedistas. Na configuração sanitária o C-130H pode transportar até



74 macas e, na versão C-130H-30, poderão ser evacuados até 97 feridos ou doentes. As suas excepcionais características operacionais (robustez, versatilidade, capacidade, raio de acção e autonomia), garantem a capacidade para a realização de missões de transporte aéreo tático e transporte aéreo geral, de patrulhamento marítimo e de busca e salvamento, operações de combate a incêndios florestais, etc.

A tripulação mínima é constituída por dois pilotos, um engenheiro de voo, um navegador e um membro responsável pela carga.

### **Particularidades:**

É um avião de médio alcance muito resistente e capaz de operar virtualmente em qualquer pista de aterragem, quer a superfície seja de terra, relva, asfalto ou outra.

O C130 tem um porão de carga pressurizado com uma rampa deslizante, e pode ser rapidamente configurado tanto para transporte de carga, como para passageiros ou veículos militares. É possível também o lançamento de paraquedistas ou equipamentos a baixa altitude.

**Características técnicas:**

<b>National Origin</b>	USA
<b>Original Contractor</b>	Lockheed Aeronautical Systems Co.
<b>Operator</b>	Over 60 nations worldwide, including the United States
<b>Wingspan</b>	132 feet, 7 inches (40.4m)
<b>Length</b>	97 feet, 9 inches (29.7m)
<b>Height at Tail</b>	38 feet, 3 inches (11.6m)
<b>Cargo Hold</b>	Length: 52 feet (15.8m); Width: 10 feet, 3 inches (3.1m); Height: 9 feet (2.7m)
<b>Armament</b>	<u>See AC-130</u>
<b>Engines</b>	Four Allison T56-A-15 turboprops
<b>Horsepower</b>	4,300 shp per engine
<b>Cruise Speed</b>	374 mph (602km/h; Mach 0.5)
<b>Max Speed</b>	Unknown
<b>Range</b>	2,047 nm (3,791km) with max payload; 4,522 nm (8,375km) empty
<b>Service Ceiling</b>	33,000 feet (10,058m)
<b>Operating Weight</b>	83,000 pounds (37,648kg)
<b>Fuel Capacity</b>	60,000 pounds (27,216kg)
<b>Max Payload</b>	45,000 pounds (20,412kg)
<b>Number of 463L Pallets</b>	Five, plus a baggage pallet on the ramp
<b>Max Takeoff Weight</b>	155,000 pounds (70,307kg)
<b>Basic Crew</b>	Five (pilot, co-pilot, navigator, flight engineer, loadmaster)
<b>Date Deployed</b>	April 1955
<b>Total in Service</b>	Over 2,100 aircraft worldwide

*Figura 13: Características Técnicas dos Aviões C130*

## 3.4 Especificações Técnicas da Aplicação

### Objectivos:

- Verificar compatibilidade entre as antenas instaladas num avião genérico e outras possíveis a instalar.
- Desenvolver/codificar uma ferramenta de software que faça o cálculo da potência de sinal induzida por uma antena emissora à entrada doutro receptor, permitindo a partir daí detectar possíveis interferências.
- A ferramenta vai permitir verificar a existência de incompatibilidades entre possíveis futuras antenas a instalar e ajudar na selecção da sua localização.
- A ferramenta apresentará como saída colunas de valores, gráficos e imagens:
  - Uma coluna que mostrará os níveis de sinal induzido pela nova antena nos receptores existentes;
  - Uma coluna que mostrará o nível de sinal induzido na nova antena, por cada emissor existente;
  - Uma coluna que mostrará a distância mínima livre de interferência, relativamente a cada antena existente;
  - Uma coluna que mostrará as zonas entre *stations* do avião onde a instalação é má escolha;
  - Uma coluna que indicará a atenuação necessária nas zonas onde a instalação causar/receber interferências;
  - Um gráfico que indica a zona do avião (*station*) onde a nova antena irá ser instalada;
  - Um gráfico que indica as zonas a vermelho onde a instalação da nova antena provocará/receberá interferência.
- A simulação deverá ser feita de todos os emissores instalados para a nova antena, no caso desta ser de recepção e da nova antena para todos os receptores instalados caso esta seja de transmissão. No caso de ser ambas as coisas deverão ser efectuadas as duas verificações.

- No caso da simulação ser feita entre antenas que sejam simultaneamente ambas as coisas, nas colunas de distância mínima deverá ser escolhida a maior das distâncias encontradas.
- A ferramenta permitirá duas formas de simulação ao mesmo tempo:
  - Uma sem ser indicada a distância a qualquer das antenas existentes mas indicando a posição pretendida da nova antena deverá calcular as respectivas distâncias mínimas a guardar;
  - Outra sendo indicadas as distâncias às antenas existentes deverá indicar os níveis de sinal induzidos e mostrará quais os que causam interferência.

### 3.5 Estudo Teórico e Variáveis Envolvidas

Em qualquer sistema de comunicações básico onde haja transferência de informação em meio livre tem que haver um emissor, um receptor e respectivas antenas em cada extremo.

Os emissores têm a função de transmitir a informação de forma adequada para a antena de transmissão.



A ligação à antena exige grande cuidado na adaptação da impedância e na filtragem para eliminar harmónicos.

Os receptores têm a função de seleccionar a informação que pretende receber, de todas as transmitidas, passando-a por um filtro adequado. No caso de transmissões digitais a função é determinar, num sinal perturbado com ruído, a forma de onda que, pertencendo ao conjunto finito de formas de onda, terá sido enviada pelo emissor. Vão ainda amplificar o sinal de forma a compensar todas as atenuações sofridas durante a transmissão e reduzindo ao mínimo o ruído adicionado.

Neste caso de sistemas de transmissão em espaço livre é necessário utilizar antenas em cada extremo que, em geral, têm um certo ganho.

É necessário também definir então o conceito de ganho ( $g$ ) e atenuação ( $L$ ). Quando se fala em ganho este corresponde a um ganho de potência, e uma atenuação é uma perda de potência. Os ganhos são definidos como o quociente entre a potência de saída e a de entrada, sendo a atenuação o inverso. Estas grandezas podem ser expressas em decibéis (dB) devido ao facto de poderem assumir valores muito grandes ou muito pequenos.

Existem então dois tipos de atenuação, são eles atenuação em meios guiados e atenuação em espaço livre. Considera-se atenuação em meios guiados quando o sistema de transmissão depende fortemente do meio físico usado, sendo estes linhas aéreas, pares de cobre, cabos coaxiais, guias de onda, fibras ópticas ou outros. Cada um destes

meios de transmissão possuiu uma atenuação específica por quilómetro e depende da frequência de funcionamento. Por outro lado, a atenuação em espaço livre existe quando a transmissão é feita por antenas que estão separadas por uma determinada distância e com o sistema a funcionar a uma certa frequência.

$$L = \left(\frac{4\pi \times dist}{\lambda}\right)^2 \quad \text{ou em dB} \quad L = 92.4 + 20 \times \log[f(GHz)] + 20 \times \log[dist(Km)]$$

onde **L** representa a atenuação, **dist** a distância entre as antenas, **f** é a frequência e  **$\lambda$**  o comprimento de onda.

Para esta ferramenta funcionar correctamente é necessário haver uma base de dados na empresa que seja facilmente acessível e que tenha todos os dados pedidos pela aplicação e para todos os aviões que estão sujeitos a esta verificação, de modo a poder preencher as tabelas necessárias para o cálculo das distâncias e de todas as outras variáveis de saída.

## Variáveis de entrada usadas na aplicação

**Potência máxima:** é a potência de cada equipamento.

**Frequência:** corresponde à banda de frequência de trabalho de cada antena ou equipamento.

**Atenuação do filtro:** indica a atenuação introduzida pelo filtro que pode existir na base de algumas antenas receptoras, ou seja, este valor é apenas dependente do equipamento receptor que queremos instalar e depende das frequência de funcionamento de cada sistema que pode introduzir interferência. Em casos onde este filtro não exista considera-se que a sua atenuação corresponde a 0 dB, como é óbvio.

**Posição da antena:** é a posição da antena medida a partir do nariz do avião, ou seja, corresponde à *fuselage station* onde está montada a antena.

**Ganho de emissão/recepção:** estes valores são parâmetros específicos de cada antena e sistema, e é consultado nas suas folhas de características.

**Atenuação suplementar:** é considerada uma atenuação suplementar quando existe uma barreira física entre duas antenas. Neste caso essa barreira é a fuselagem do avião, e quando as antenas estão em posições opostas (baixo/cima) esta atenuação atinge o seu valor máximo. Este valor é muito variável porque depende da frequência de funcionamento, material que constitui a fuselagem, distância e é por isso o mais difícil de obter. As empresas que fazem os estudos de compatibilidade electromagnética usam ferramentas de simulação, mas também pode ser verificado experimentalmente, medindo com um aparelho específico.

**Limiar de decisão:** é o limite de potência admitida na base da antena de cada receptor, atrás do filtro, de modo a não causar interferência nem introduzir ruído. Este valor é sempre um pouco menor que o limiar de decisão do próprio receptor, de modo a garantir uma margem de segurança.

**Station ou posição pretendida:** este valor é introduzido apenas no caso de já ter sido escolhida a localização da respectiva antena a instalar, querendo-se apenas verificar a compatibilidade. Caso se queira escolher a posição pode ser introduzido um carácter qualquer que não um número e a aplicação apresenta as distâncias mínimas a cumprir e as localizações possíveis no gráfico.



## Variáveis de saída obtidas pela aplicação e cálculos usados

**Distância entre antenas:** este valor é calculado caso seja introduzido o dado de posição pretendida e apenas faz o cálculo da distância entre a antena a colocar e as outras já existentes, convertendo para unidade métrica. Esta distância é sempre medida entre as duas *fuselage stations* onde estão instaladas as antenas.

**Nível de sinal induzido:** apresentado em dBm, este valor representa a potência de sinal induzido pela antena a instalar (se esta for emissora) ou recebido pela mesma (se esta for receptora). É obtido facilmente, somando todos os ganhos existentes e subtraindo as várias atenuações (estando estas variáveis expressas em décibéis), incluindo a atenuação em espaço livre que é calculada aqui também através da fórmula já indicada. Este valor apresenta duas cores diferentes (verde ou vermelho) conforme esteja dentro ou fora do limite máximo pretendido, respectivamente.

**Atenuação necessária:** mostrada nas folhas de instalação de um equipamento com antena receptora, esta coluna indica a atenuação necessária em dB a implementar para cada caso cuja antena esteja a receber potência de sinal induzido acima do limiar de decisão do receptor.

**Distância mínima:** esta é a distância mínima a guardar entre cada antena já existente e a nova, livre de interferência. É calculada através da fórmula usada no nível de sinal induzido mas onde se iguala a potência do sinal induzido à máxima admitida para cada equipamento, calculando em seguida a distância.

**Station possíveis:** são as duas stations que estão à distância mínima livre de interferência e centradas em cada antena já existente na fuselagem (uma para trás e outra para a frente), sendo esta zona representada no gráfico debaixo da tabela por uma linha vermelha a unir estes dois pontos, indicando assim a zona proibida de instalação de qualquer nova antena.

**Distância entre as stations:** é a distância entre as stations possíveis, usada para traçar a linha no gráfico da imagem do avião.

## 4. Implementação

### 4.1 Escolha da Interface

Foi escolhida a ferramenta EXCEL da Microsoft para implementar a aplicação desenvolvida por ser de uso livre e existente na rede de computadores da empresa. Todos sabem trabalhar facilmente com este software, é bastante rápido a executar cálculos e extremamente fiável. Além disso permite dar um aspecto gráfico interessante que faça com que a aplicação criada seja agradável de usar e fácil de ler.

Foram criadas quatro folhas de cálculo para este fim, divididas em duas partes, uma caso a antena seja receptora e outra caso seja emissora:

- Antena emissora a instalar por cima da fuselagem
- Antena emissora a instalar em baixo da fuselagem
- Antena receptora a instalar por cima da fuselagem
- Antena receptora a instalar em baixo da fuselagem

É necessário contemplar estes quatro casos possíveis: primeiro há que distinguir se a antena que queremos instalar é emissora ou receptora, pois a emissora vai induzir ruído noutras mas a receptora vai receber este ruído, logo as variáveis de entrada vão ser diferentes para estes dois casos. Há também diferença entre a instalação por baixo ou por cima da fuselagem, mas aqui apenas no que diz respeito à atenuação introduzida pela fuselagem em relação às outras antenas já instaladas.

As posições das antenas e as stations possíveis são apresentadas em polegadas (inches) porque é assim que vêm definidas nos manuais estruturais de qualquer avião. As referências das localizações de qualquer equipamento na fuselagem são as chamadas *fuselage stations* medidas a partir do nariz do avião, em polegadas. Estas não são mais que anéis que dividem a fuselagem e são perpendiculares ao eixo longitudinal, como se apresenta na figura seguinte:

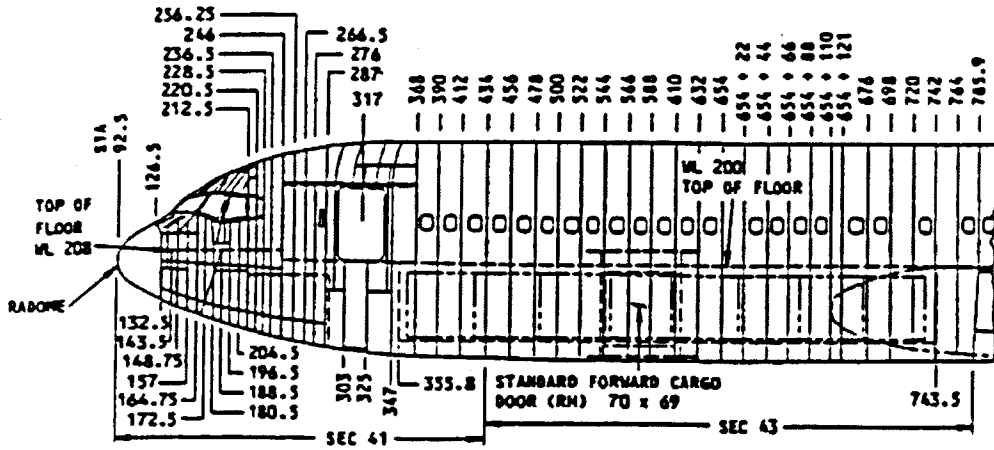


Figura 14: Exemplo de um Esquema com Fuselage Stations

Além disto esta aplicação mostra também em cada folha um gráfico por baixo de uma fotografia do avião com as zonas “proibidas” de instalação, a vermelho, que correspondem às zonas entre as fuselage stations onde está compreendida a distância mínima livre de interferência para cada antena já instalada e com a localização pretendida com uma cruz verde. Assim é fácil identificar as zonas de conflito visualmente, bem como ter ideia da localização das antenas mesmo que não se conheça o avião.

Em seguida podem ser vistas em mais detalhe as diferenças entre as folhas EXCEL no caso das antenas serem emissoras ou receptoras.

## 4.2 Caso da Antena ser Emissora

Nesta situação há que distinguir se a localização pretendida é por baixo (na barriga do avião) ou na parte de cima da fuselagem, pois em cada um destes casos a atenuação suplementar entre as várias antenas é diferente. Foram feitas duas folhas em excel, uma para cada caso.

Em seguida o utilizador introduz as características pedidas da antena a instalar assim como a posição pretendida. Depois apenas é necessário saber o limiar de decisão de cada receptor existente, na base da sua antena, as posições das respectivas antenas já existentes e a atenuação suplementar para verificar se o ruído induzido é maior que o admitido pelo receptor de cada antena, e ver qual o equipamento afectado. Como já foi dito, a potência de ruído apresentada é referida à base da antena desse equipamento.

Esta aplicação pode também ser simplesmente usada para escolher uma posição, ou seja, se de início não for introduzida a variável posição pretendida a ferramenta apresenta apenas as zonas proibidas à volta de cada antena e visualmente pode ser escolhida uma zona admissível.

Mais detalhes e uma melhor explicação para o correcto uso desta ferramenta são dados em anexo pelo Manual do Utilizador.

Introduza as características do(s) novo(s) equipamento(s) TX que pretende instalar e depois escolher a posição ideal a partir dos gráficos em baixo:

Nome	Potência máxima (dBm)	Frequência (MHz)	Atenuação filtro existente (dB)	Posição pretendida (in)	Ganho de emissão (dB)	Ganho de recepção (dB)	Station ideal (inch)
Com2	30	400	50	590,0	0	-10	590,0
a preencher							

	Sistemas RX instalados em cima	Limiar de decisão (dBm)	Posição da antena (inch)	Atenuação sup. (dB)	Distância entre antenas (m)	Nível induzido por eq. (dBm)	Dist mínima para eq. (m)	Stations possíveis (inch)	Dist entre stations (inch)	
1	VUHF Com.	-60	400	40	4,8	-108,1	0,0	399,3	400,7	1,5
2	TCAS upper	-50	239	40	8,9	-113,4	0,0	238,8	239,2	0,5
3	YDR (top)	-70	321	40	6,8	-111,1	0,1	318,6	323,4	4,7
4	HF com.2	-60	270	20	8,1	-92,6	0,2	262,5	277,5	14,9
5	TACAN 2 (top)	-60	428	40	4,1	-106,7	0,0	427,3	428,7	1,5
6	UHF com.1 (top)	-60	680	40	2,3	-101,6	0,0	679,3	680,7	1,5
7	TACAN 1 (top)	-55	545	40	1,1	-95,6	0,0	544,6	545,4	0,8
8	VUHF Com.2 (top)	-70	730	40	3,6	-105,5	0,1	727,6	732,4	4,7
9	VDR/Loc (tail)	-80	1000	40	10,4	-114,8	0,2	992,5	1007,5	14,9
10	IFF (top)	-75	303	40	7,3	-111,7	0,1	298,8	307,2	8,4
11	SATCOM (top)	-60	275	40	8,0	-112,5	0,0	274,3	275,7	1,5
12	WX (nose)	-60	100	0	12,4	-76,3	1,9	25,3	174,7	149,3

	Instalados em baixo	Limiar de decisão (dBm)	Posição da antena (inch)	Atenuação sup. (dB)	Distância entre antenas (m)	Nível induzido por eq. 1 (dBm)	Dist mínima para eq. 1 (m)	Stations possíveis (inch)	Dist entre stations (inch)	
13	TACAN 1	-60	502	0,0	2,2	-61,4	1,9	427,3	576,7	149,3
14	TACAN 2	-60	428	0,0	4,1	-66,7	1,9	353,3	502,7	149,3
15	UHF com.1	-60	451	0,0	3,5	-65,4	1,9	376,3	525,7	149,3
16	Radio Alt	-60	272	0,0	8,1	-72,6	1,9	197,3	346,7	149,3
17	IFF	-60	667	0,0	2,0	-60,3	1,9	592,3	741,7	149,3
18	TCAS lower	-60	302	0,0	7,3	-71,7	1,9	227,3	376,7	149,3
19	TCAS lower AE	-60	302	0,0	7,3	-71,7	1,9	227,3	376,7	149,3

Figura 15: Imagem da folha em EXCEL para antena emissora

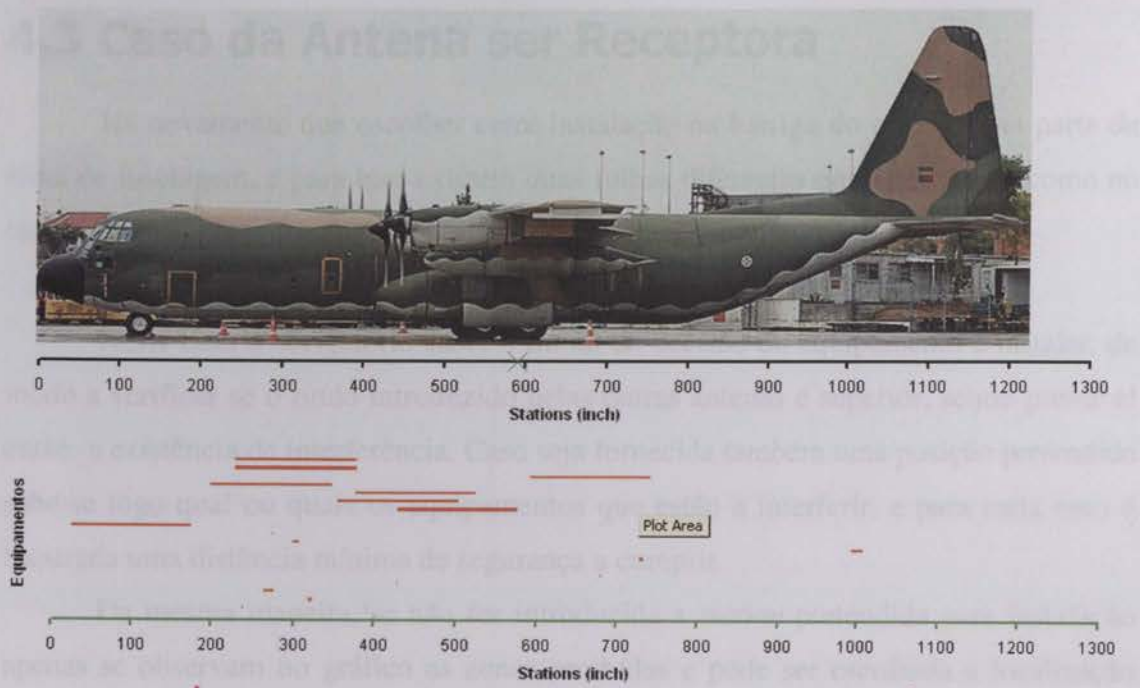


Figura 16: Imagem dos gráficos da folha em EXCEL para antena emissora

Equipamento	Estação Inicial (inch)	Estação Final (inch)	Estação de Instalação (inch)
Equipamento 1	100	200	150
Equipamento 2	200	350	275
Equipamento 3	350	450	400
Equipamento 4	450	550	500
Equipamento 5	550	650	600
Equipamento 6	650	750	700
Equipamento 7	750	850	800
Equipamento 8	850	950	900
Equipamento 9	950	1050	1000
Equipamento 10	1050	1150	1100
Equipamento 11	1150	1250	1200
Equipamento 12	1250	1300	1275

### 4.3 Caso da Antena ser Receptora

Há novamente que escolher entre instalação na barriga do avião ou na parte de cima da fuselagem, e para isso existem duas folhas diferentes em EXCEL, tal como no caso da antena ser emissora.

Neste caso é obrigatório saber o limiar de decisão do equipamento a instalar, de modo a verificar se o ruído introduzido pelas outras antenas é superior, sendo provável então a existência de interferência. Caso seja fornecida também uma posição pretendida sabe-se logo qual ou quais os equipamentos que estão a interferir, e para cada caso é mostrada uma distância mínima de segurança a cumprir.

Da mesma maneira, se não for introduzida a *station* pretendida para instalação apenas se observam no gráfico as zonas proibidas e pode ser escolhida a localização posteriormente, visualizando melhor com a ajuda do gráfico.

Mais detalhes e uma melhor explicação para o correcto uso desta ferramenta são dados em anexo pelo Manual do Utilizador.

Em que station pretende instalar o equipamento? ----> 50,0  
 Qual o limiar de decisão do seu equipamento RX (dBm)? ----> -60

*Introduza os dados dos equipamentos TX já instalados e encontrar a posição ideal para instalar equipamento novo a partir do gráfico: a preencher*

Sistemas instalados em cima	Potência máxima (dBm)	Frequência (MHz)	Atenuação do filtro (dB)	Posição da antena (inch)	Ganho de emissão (dB)	Ganho de recepção (dB)	Atenuação sup. (dB)	Limiar de decisão (dBm)
VUHF Com.	44	400	52	135	0	-10	40	-60
TCAS upper	56	1030	0	239	0	-2,5	50	-60
VDR (top)	44	137	60	321	0	-20	50	-60
HF com.2	56	30	60	270	0	-20	20	-60
TACAN 2 (top)	63	1150	0	428	0	-2,5	50	-60
UHF com.1 (top)	39	400	52	680	0	-10	50	-60
TACAN 1 (top)	63	1150	0	545	0	-2,5	50	-60
VUHF Com.2 (top)	44	400	52	730	0	-10	50	-60
FF (top)	60	1090	0	303	0	-2,5	50	-60
SATCOM (top)	43	1708	0	275	0	-5	50	-60

Sistemas instalados em baixo	Potência máxima (dBm)	Frequência (MHz)	Atenuação do filtro (dB)	Posição da antena (inch)	Ganho de emissão (dB)	Ganho de recepção (dB)	Atenuação sup. (dB)	Limiar de decisão (dBm)
TACAN 1	63	1150	0	502	0	-2,5	0	-60
TACAN 2	63	1150	0	428	0	-2,5	0	-60
UHF com.1	39	400	52	451	0	-10	0	-60
Radio Alt	45	4300	30	272	-14	0	0	-60
FF	60	1090	0	667	0	-2,5	0	-60
TCAS lower	56	1030	0	302	0	-2,5	0	-60
TCAS lower AE	51	1030	0	302	0	-2,5	0	-60

Figura 17: Imagem da folha EXCEL das variáveis a preencher para o caso da antena receptora

Distância entre antenas (m)	Nível de sinal induzido (dBm)	Atenuação necessária (dB)	Distância mínima (m)	Stations possíveis (inch)		Dist entre stations (inch)
2,2	-89,1	0,0	0,08	132,0	138,0	5,9
4,8	-42,8	17,2	34,85	-1132,9	1610,9	2743,8
6,9	-117,9	0,0	0,01	320,7	321,3	0,7
5,6	-60,9	0,0	5,05	71,4	468,6	397,3
9,6	-42,8	17,2	69,87	-2322,9	3178,9	5501,7
16,0	-121,5	0,0	0,01	679,5	680,5	1,1
12,6	-45,1	14,9	69,87	-2205,9	3295,9	5501,7
17,3	-117,2	0,0	0,02	729,1	730,9	1,9
6,4	-41,8	18,2	52,19	-1751,7	2357,7	4109,3
5,7	-64,2	0,0	3,53	136,1	413,9	277,8
			0,00			0,0

Distância entre antenas (m)	Nível de sinal induzido (dBm)	Atenuação necessária (dB)	Distância mínima (m)	Stations possíveis (inch)		Dist entre stations (inch)
11,5	5,7	65,7	22095,41	-869396,2	870400,2	1739796,4
9,6	7,2	67,2	22095,41	-869470,2	870326,2	1739796,4
10,2	-67,6	0,0	4,25	283,9	618,1	334,3
5,6	-59,1	0,9	6,26	25,6	518,4	492,9
15,7	0,4	60,4	16503,40	-649073,3	650407,3	1299480,5
6,4	4,7	64,7	11019,52	-433537,5	434141,5	867678,9
6,4	-0,3	59,7	6196,73	-243663,9	244267,9	487931,7
			0,00			0,0
			0,00			0,0

Distância entre antenas (m)	Nível de sinal induzido (dBm)	Atenuação necessária (dB)	Distância mínima (m)	Stations possíveis (inch)		Dist entre stations (inch)
1,3	-44,9	15,1	7,21	-186,2	386,2	572,3
			0,00			0,0
			0,00			0,0
			0,00			0,0

Distância entre antenas (m)	Nível de sinal induzido (dBm)	Atenuação necessária (dB)	Distância mínima (m)	Stations possíveis (inch)		Dis entre stations (inch)
24,1	-103,6	0,0	0,16	993,7	1006,3	12,7
			0,00			0,0
			0,00			0,0
			0,00			0,0

Figura 18: Imagem da folha EXCEL com as variáveis de saída para o caso da antena receptora

qualquer outra independentemente de estar "dentro" do seu diagrama de radiação ou não. Para garantir que os pontos de interesse não sejam ignorados, o diagrama de radiação deve ser considerado.

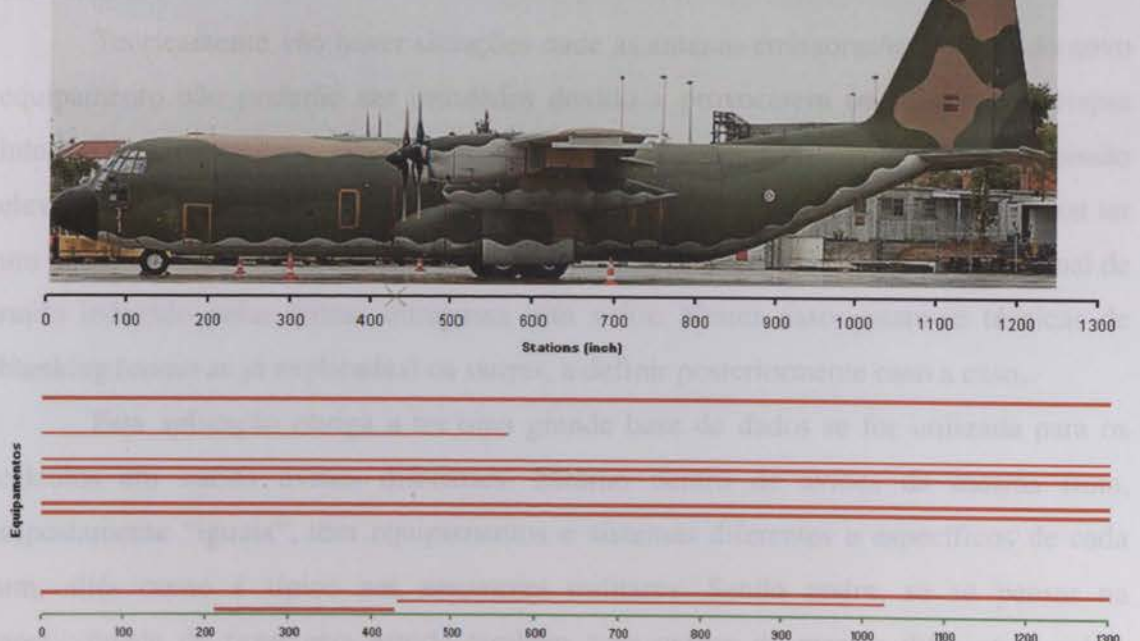


Figura 19: Imagem dos gráficos da folha EXCEL para o caso da antena receptora

## 4.4 Limitações da Aplicação

Esta ferramenta não contempla nem verifica a compatibilidade de dispositivos portáteis, passíveis de serem transportados por passageiros, com as antenas instaladas no avião. Estando a lidar com aviões militares este problema não se põe em causa, pois não será muito provável os militares levarem consigo no voo computadores portáteis ou outros dispositivos electrónicos que poderiam causar interferências nos equipamentos e sistemas do avião, e que é uma grande preocupação nas companhias de aviação comercial. Como tal este estudo não foi efectuado.

Há ainda outros factores de interferência que não são contemplados nesta aplicação por serem totalmente aleatórios e difíceis de prever, tais como as variações do estado das condições atmosféricas que condicionam e alteram bastante a atenuação no meio livre (chuva por exemplo), há equipamentos que sofrem alterações significativas devido a trovoadas tais como o ADF, etc.

Uma outra limitação muito importante a ter em conta foi ter sido sempre considerado o pior caso, ou seja, todas as antenas emitirem ou receberem de uma forma omnidireccional e por isso ser possível causarem ou receberem interferência de qualquer outra independentemente de estar “dentro” do seu diagrama de radiação ou não. Isto como é óbvio não é verdade, pois várias antenas presentes nos aviões são direccionais.

Teoricamente vão haver situações onde as antenas emissoras/receptoras do novo equipamento não poderão ser instaladas devido a provocarem ou receberem sempre interferência em toda a extensão da fuselagem, ou por terem potências de emissão elevadas ou atenuação suplementar e de filtros reduzida no caso de ser emissora, ou ter um limiar de decisão muito alto no caso de ser receptora, e por isso facilmente o sinal de ruído induzido pelas outras ultrapassa este valor. Nestes casos usam-se técnicas de blanking (como as já explicadas) ou outras, a definir posteriormente caso a caso.

Esta aplicação obriga a ter uma grande base de dados se for utilizada para os cálculos em vários aviões diferentes. Mesmo dentro de aviões da mesma frota, supostamente “iguais”, têm equipamentos e sistemas diferentes e específicos de cada um, aliás como é típico nas aeronaves militares. Sendo assim, se se pensar na possibilidade de fazer este estudo também para aviões de marcas diferentes, países diferentes, obriga a uma base de dados disponível imensa, e que será necessário passar para folhas excel ou ter presente quando se usa esta ferramenta.



## 5. Utilidade da Aplicação

Esta aplicação permite ao utilizador analisar facilmente a possibilidade de instalar uma antena num local específico previamente pensado ou pedido sem ela causar qualquer tipo de ruído ou interferência nos outros sistemas, ou escolher o local onde, apesar de provocar interferência, esta é mínima ou então causada num equipamento à escolha onde será possível eliminar os efeitos negativos posteriormente com a ajuda de filtros, técnicas de blanking ou outras. Permite ainda saber caso seja induzida uma potência de ruído maior que a admissível qual a atenuação necessária para que esta fique dentro dos parâmetros aceitáveis, e escolher um filtro com as características ideais para eliminar esses efeitos.

Esta ferramenta é útil para verificar a compatibilidade e saber o ruído induzido caso a localização seja conhecida ou então estudar a localização ideal para não induzir/não ser induzido nível de sinal de ruído em excesso (na base da antena). Isto é possível porque apresenta os diferentes resultados numa mesma folha e de uma forma simples.

As imagens nos gráficos e os equipamentos apresentados como exemplo são de um avião Lockheed C130 mas, como é compreensível, esta ferramenta permite trabalhar com outro avião qualquer, sendo apenas necessário a introdução das diferentes variáveis de entrada pedidas.

## 6. Dificuldades Encontradas

A maior dificuldade encontrada foi medir ou prever a atenuação que a fuselagem introduz entre as várias antenas, principalmente entre as instaladas opostamente na fuselagem (umas por cima e outras por baixo), para que as distâncias mínimas a cumprir sejam as mais correctas possível. Isto obriga a efectuar medições práticas junto do avião e depois preencher o campo das atenuações suplementares para cada equipamento na aplicação EXCEL. Para o caso do avião estudado estas medições experimentais não foram necessárias por haver documentação na empresa que contém os valores necessários. De qualquer modo para estudos futuros será obrigatório a obtenção destes valores.

Outra situação necessária de resolver é quando a distância mínima a guardar é maior que o comprimento total da fuselagem do avião, o que impossibilita teoricamente a instalação da antena. Isto acontece quando a potência de ruído induzida num receptor ou quando um emissor provoca um nível de sinal de interferência que obriga a manter uma distância mínima de separação bastante grande, de modo a haver uma atenuação em meio livre suficiente para reduzir o ruído abaixo dos limiares de decisão dos receptores em causa. Ora quando isto acontece torna-se necessário recorrer a um estudo suplementar de técnicas de blanking, que já foram abordadas, ou instalação de filtros extra. Caso não seja possível a implementação de nenhum destes métodos é provável que seja rejeitada a instalação do equipamento em causa.

Esta aplicação apresenta sempre como saída duas stations possíveis de instalação para cada equipamento, pois a distância mínima a manter é um raio que neste caso se traduz num comprimento que pode ser para trás ou para a frente da fuselagem, relativamente à antena já instalada, visto que estas peças são sempre instaladas na fuselagem ao longo do plano longitudinal do avião. Por este motivo torna-se necessário apresentar um gráfico com as zonas proibidas de instalação para cada antena do avião, sendo assim visualmente possível escolher um ponto mais adequado.

## 7. Conclusões

Apesar de não permitir determinar todos os tipos de incompatibilidade e prever todas as interferências possíveis, esta ferramenta/aplicação desenvolvida revelou calcular valores muito próximos dos obtidos por empresas altamente qualificadas no estudo de antenas para aviões.

Por razões de confidencialidade de documentos não é possível apresentar aqui as tabelas de valores estudados que foram usados para comparação teórica.

Este projecto representou uma mais valia para a empresa porque a OGMA S.A., visto que esta não possuía ainda nenhuma ferramenta de software que dissesse aos engenheiros responsáveis pelos estudos de instalação de equipamentos electrónicos e aviónicos se a posição escolhida pelos fabricantes ou mecânicos para instalar antenas era possível do ponto de vista de compatibilidade electromagnética.

Permitiu ainda justificar os valores dados pelas empresas que fazem os estudos de compatibilidade electromagnética, fazendo com que a escolha da posição das antenas fosse agora feita com mais facilidade e sem necessidade de recorrer a testes posteriores de verificação para cada avião e cada antena.

São assim evitados quaisquer erros que poderiam conduzir a um aumento de custos caso fossem verificados depois do trabalho de instalação feito, obrigando a mais horas de manutenção na montagem repetitiva do equipamento e em testes de validação sucessivos.

## 8. Bibliografia e Referências

### Alguns websites usados para pesquisa de informação:

- ♦ <http://www.ogma.pt> : site geral da empresa
- ♦ <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/ac/c-130.htm> : especificações do avião
- ♦ <http://www.theaviationzone.com/factsheets/c130.asp> : descrição do avião
- ♦ <http://paginas.fe.up.pt/~ajf/tele1/> : site da cadeira de Telecomunicações1
- ♦ <http://www.edmo.com> : fabricante de antenas para aviões
- ♦ <http://www.thalesgroup.com> : fabricante de antenas para aviões
- ♦ <http://www.anacom.pt> : Autoridade Nacional de Comunicações (legislação)
- ♦ <http://museum.nist.gov/exhibits/timeline/item.cfm?itemId=23> : EMC tests
- ♦ [http://wireless.ictp.trieste.it/school\\_2005/lectures/struzak/Introd to EMC.pdf](http://wireless.ictp.trieste.it/school_2005/lectures/struzak/Introd_to EMC.pdf)  
(documento sobre compatibilidade electromagnética)
- ♦ <http://www.interferencetechnology.com> : guia online de EMC
- ♦ <http://www.interferencetechnology.com/emcstandards/northamerica/>
- ♦ [http://www.pelicano.com.pt/zp\\_alverca.html](http://www.pelicano.com.pt/zp_alverca.html) : Instalações OGMA vistas do ar
- ♦ [http://www.ussc.com/~turner/syn\\_blank.html](http://www.ussc.com/~turner/syn_blank.html) : Site sobre *noise blanking*

### **Livros e manuais consultados na empresa:**

- ♦ Folhas de características estruturais do avião Lockheed C130-H
- ♦ Manuais de manutenção dos sistemas aviónicos do avião C130 da FAP
- ♦ Wiring diagrams do avião C130 da FAP
- ♦ Recomendações e normas de instalação de antenas nos aviões
- ♦ [Jane 's Avionics, 1999-2000], edited by Chris Johnson
- ♦ Vários documentos técnicos confidenciais

# ANEXOS

# Manual do Utilizador

## Antena é Emissora?

É conhecida a posição da antena a instalar → analisar o nível de sinal induzido pelo nosso equipamento, as distâncias mínimas a manter e as *stations* possíveis para cumprir essas distâncias:

- 1) Escolher zona de instalação da antena, ou por cima ou por baixo da fuselagem para trabalhar com a folha EXCEL adequada, Tx upper installation ou TX bottom installation, respectivamente;
- 2) Preencher as características do equipamento e antena transmissora a instalar, incluindo o valor da posição pretendida;

Introduza as características do/s novo/s equipamento/s TX que pretende instalar e depois escolher a posição ideal a partir dos gráficos em baixo:

Nome	Potência máxima (dBm)	Frequência (MHz)	Atenuação filtro existente (dB)	Posição pretendida (in)	Ganho de emissão (dB)	Ganho de recepção (dB)
Com2	30	400	50	690,0	0	-10

- 3) Preencher as colunas com as características e localizações pedidas de todos os equipamentos com antena **receptora** existentes no avião, quer na parte de cima da fuselagem quer na parte de baixo;

Sistemas RX Instalados em cima	Limiar de decisão (dBm)	Posição da antena (inch)	Atenuação sup. (dB)
V/UHF Com.	-60	400	40
TCAS upper	-50	239	40
VDR (top)	-70	321	40
HF com.2	-60	270	20
TACAN 2 (top)	-60	428	40
UHF com.1 (top)	-60	680	40
TACAN 1 (top)	-55	545	40
V/UHF Com.2 (top)	-70	730	40
VOR/Loc (tail)	-80	1000	40
IFF (top)	-75	303	40
SATCOM (top)	-60	275	40
VX (nose)	-60	100	0

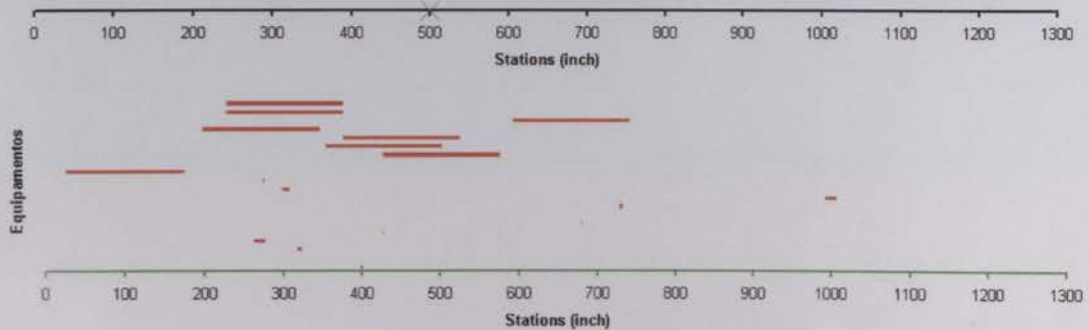
Sistemas RX Instalados em baixo	Limiar de decisão (dBm)	Posição da antena (inch)	Atenuação sup. (dB)
TACAN 1	-60	502	0,0
TACAN 2	-60	428	0,0
UHF com.1	-60	451	0,0
Radio Alt	-60	272	0,0
IFF	-60	667	0,0
TCAS lower	-60	302	0,0
TCAS lower AE	-60	302	0,0

4) Ler as colunas de valores do nível induzido pelo equipamento, expresso em dBm, da distância mínima e das *stations* possíveis;

Distância entre antenas (m)	Nível induzido por eq. (dBm)	Dist mínima para eq. (m)	Stations possíveis (inch)		Dist entre stations (inch)
7,4	-111,8	0,0	399,3	400,7	1,5
11,5	-115,6	0,0	238,8	239,2	0,5
9,4	-113,9	0,1	318,6	323,4	4,7
10,7	-95,0	0,2	262,5	277,5	14,9
6,7	-110,9	0,0	427,3	428,7	1,5
0,3	-82,5	0,0	679,3	680,7	1,5
3,7	-105,8	0,0	544,6	545,4	0,8
1,0	-94,6	0,1	727,6	732,4	4,7
7,9	-112,4	0,2	992,5	1007,5	14,9
9,8	-114,3	0,1	298,8	307,2	8,4
10,5	-114,9	0,0	274,3	275,7	1,5
15,0	-78,0	1,9	25,3	174,7	149,3

Distância entre antenas (m)	Nível induzido por eq.1 (dBm)	Dist mínima para eq.1 (m)	Stations possíveis (inch)		Dist entre stations (inch)
4,8	-68,0	1,9	427,3	576,7	149,3
6,7	-70,9	1,9	353,3	502,7	149,3
6,1	-70,1	1,9	376,3	525,7	149,3
10,6	-75,0	1,9	197,3	346,7	149,3
0,6	-49,8	1,9	592,3	741,7	149,3
9,9	-74,3	1,9	227,3	376,7	149,3
9,9	-74,3	1,9	227,3	376,7	149,3





## **ANÁLISE:**

Caso algum dos valores de nível induzido pela antena a instalar exceda o do limiar de decisão do equipamento receptor respectivo, este valor é apresentado na cor vermelha, caso contrário é verde.

As distâncias mínimas são também apresentadas em vermelho caso não sejam cumpridas, isto é, se a distância da nova antena a cada uma já existente for menor que a distância mínima. Caso contrário tomam a cor verde.

As *stations* possíveis são dadas para cada antena já existente no avião, e podem ser mais facilmente visíveis no gráfico respectivo. Entre duas *stations* possíveis para cada equipamento fica a zona proibida de instalação, representada por uma linha vermelha horizontal na imagem do gráfico. A cruz verde mostrada na linha preta logo abaixo da fotografia do avião corresponde à station de instalação da antena pretendida.

Não é conhecida a posição da antena a instalar → encontrar a melhor zona de instalação com a ajuda desta aplicação

- 1) Escolher zona de instalação da antena, ou por cima ou por baixo da fuselagem para trabalhar com a folha EXCEL adequada, Tx upper installation ou TX bottom installation, respectivamente;
- 2) Preencher as características do equipamento e antena transmissora a instalar, substituindo o valor da posição pretendida por uma letra;

Introduza as características do/s novo/s equipamento/s TX que pretende instalar e depois escolher a posição ideal a partir dos gráficos em baixo:

Nome	Potência máxima (dBm)	Frequência (MHz)	Atenuação filtro existente (dB)	Posição pretendida (in)	Ganho de emissão (dB)	Ganho de recepção (dB)
Com2	30	400	50	a	0	-10

- 3) Preencher as colunas com as características e localizações pedidas de todos os equipamentos com antena **receptora** existentes no avião, quer na parte de cima da fuselagem quer na parte de baixo;
- 4) Ler apenas a coluna das distâncias mínimas e *stations* possíveis e, com a ajuda do gráfico, escolher a localização fora das zonas proibidas.

## ANÁLISE

Há que ter em atenção nos casos onde seja impossível escolher uma localização completamente livre de interferência que, quanto maior for a distância entre antenas, menor é o nível de sinal induzido.

Outro aspecto a ter em conta é fazer a escolha da localização baseada no menor nível de sinal induzido possível.

# Antena é Receptora?

É conhecida a posição da antena a instalar → analisar o nível de sinal recebido pelo nosso equipamento, as distâncias mínimas a manter e as *stations* possíveis para cumprir essas distâncias:

- 1) Escolher zona de instalação da antena, ou por cima ou por baixo da fuselagem para trabalhar com a folha EXCEL adequada, Rx upper installation ou Rx bottom installation, respectivamente;
- 2) Preencher a zona com as características pedidas sobre o equipamento a instalar: o limiar de decisão e a posição pretendida;

Em que station pretende instalar o equipamento? -----> 50,0  
Qual o limiar de decisão do seu equipamento RX (dBm)? -----> -60

- 3) Preencher as colunas com as características e localizações pedidas de todos os equipamentos com antena **emissora** existentes no avião, quer na parte de cima da fuselagem quer na parte de baixo;

Sistemas instalados em cima	Potência máxima (dBm)	Frequência (MHz)	Atenuação do filtro (dB)	Posição de antena (inch)	Ganho de emissão (dB)	Ganho de recepção (dB)	Atenuação sup. (dB)	Limiar de decisão (dBm)
VUHF Com.	44	400	52	135	0	-10	40	-60
TCAS upper	56	1030	0	239	0	-2,5	50	-60
VDR (top)	44	137	60	321	0	-20	50	-60
HF com.2	56	30	60	270	0	-20	20	-60
TACAN 2 (top)	63	1150	0	428	0	-2,5	50	-60
UHF com.1 (top)	39	400	52	680	0	-10	50	-60
TACAN 1 (top)	63	1150	0	545	0	-2,5	50	-60
VUHF Com.2 (top)	44	400	52	730	0	-10	50	-60
IFF (top)	60	1090	0	303	0	-2,5	50	-60
SATCOM (top)	43	1708	0	275	0	-5	50	-60

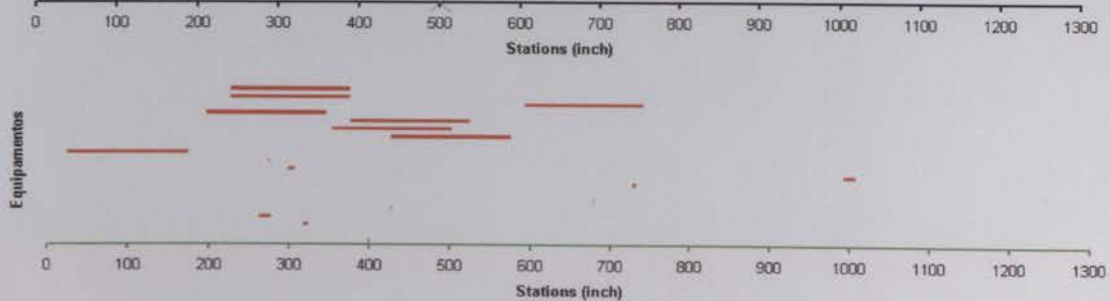
Sistemas instalados em baixo	Potência máxima (dBm)	Frequência (MHz)	Atenuação do filtro (dB)	Posição de antena (inch)	Ganho de emissão (dB)	Ganho de recepção (dB)	Atenuação sup. (dB)	Limiar de decisão (dBm)
TACAN 1	63	1150	0	502	0	-2,5	0	-60
TACAN 2	63	1150	0	428	0	-2,5	0	-60
UHF com.1	39	400	52	451	0	-10	0	-60
Radio Alt	45	4300	30	272	-14	0	0	-60
IFF	60	1090	0	667	0	-2,5	0	-60
TCAS lower	56	1030	0	302	0	-2,5	0	-60
TCAS lower AE	51	1030	0	302	0	-2,5	0	-60

- 4) Ler as colunas de valores do nível induzido por cada equipamento já existente, expresso em dBm, da atenuação necessária, da distância mínima e das *stations* possíveis;

Distância entre antenas (m)	Nível de sinal induzido (dBm)	Atenuação necessária (dB)	Distância mínima (m)	Stations possíveis (inch)		Dist entre stations (inch)
2,2	-89,1	0,0	0,08	132,0	138,0	5,9
4,8	-42,8	17,2	34,85	-1132,9	1610,9	2743,8
6,9	-117,9	0,0	0,01	320,7	321,3	0,7
5,6	-60,9	0,0	5,05	71,4	468,6	397,3
9,6	-42,8	17,2	69,87	-2322,9	3178,9	5501,7
16,0	-121,5	0,0	0,01	679,5	680,5	1,1
12,6	-45,1	14,9	69,87	-2205,9	3295,9	5501,7
17,3	-117,2	0,0	0,02	729,1	730,9	1,9
6,4	-41,8	18,2	52,19	-1751,7	2357,7	4109,3
5,7	-64,2	0,0	3,53	136,1	413,9	277,8
			0,00			0,0

Distância entre antenas (m)	Nível de sinal induzido (dBm)	Atenuação necessária (dB)	Distância mínima (m)	Stations possíveis (inch)		Dist entre stations (inch)
11,5	5,7	65,7	22095,41	-869396,2	870400,2	1739796,4
9,6	7,2	67,2	22095,41	-869470,2	870326,2	1739796,4
10,2	-67,6	0,0	4,25	283,9	618,1	334,3
5,8	-59,1	0,9	6,26	25,6	518,4	492,9
15,7	0,4	60,4	16503,40	-649073,3	650407,3	1299480,5
6,4	4,7	64,7	11019,52	-433537,5	434141,5	867678,9
6,4	-0,3	59,7	6196,73	-243663,9	244267,9	487931,7
						0,0
						0,0

Por cada antenna receptiva para que seja possível de limitar de dentro do receptor em antenas.



## **ANÁLISE:**

Caso algum dos valores de nível induzido pelos vários equipamentos emissores existentes exceda o do limiar de decisão do equipamento receptor a instalar, este valor é apresentado na cor vermelha, caso contrário é verde.

As distâncias mínimas são também apresentadas em vermelho caso não sejam cumpridas, isto é, se a distância da nova antena a cada uma já existente for menor que a distância mínima. Caso contrário tomam a cor verde.

As *stations* possíveis são dadas para cada antena já existente no avião, e podem ser mais facilmente visíveis no gráfico respectivo. Entre duas *stations* possíveis para cada equipamento fica a zona proibida de instalação, representada por uma linha vermelha horizontal na imagem do gráfico. A cruz verde mostrada na linha preta logo abaixo da fotografia do avião corresponde à station de instalação da antena pretendida.

Caso seja pretendido pode verificar-se também a coluna da atenuação necessária, que informa de quantos dB's tem que ser atenuado o sinal emitido por cada antena respectiva para que fique abaixo do limiar de decisão do receptor em análise.

Não é conhecida a posição da antena a instalar → encontrar a melhor zona de instalação com a ajuda desta aplicação

- 1) Escolher zona de instalação da antena, ou por cima ou por baixo da fuselagem para trabalhar com a folha EXCEL adequada, Tx upper installation ou TX bottom installation, respectivamente;
- 2) Preencher na zona das características do equipamento a instalar apenas o limiar de decisão, substituindo a posição pretendida por uma letra qualquer;

Em que station pretende instalar o equipamento?	---->	a
Qual o limiar de decisão do seu equipamento RX (dBm)?	---->	-60

- 3) Preencher as colunas com as características e localizações pedidas de todos os equipamentos com antena **emissora** existentes no avião, quer na parte de cima da fuselagem quer na parte de baixo;
- 4) Ler apenas a coluna das distâncias mínimas e *stations* possíveis e, com a ajuda do gráfico, escolher a localização fora das zonas proibidas.

## ANÁLISE

Há que ter em atenção nos casos onde seja impossível escolher uma localização completamente livre de interferência que, quanto maior for a distância entre antenas, menor é o nível de sinal induzido.

Outro aspecto a ter em conta é fazer a escolha da localização baseada no menor nível de sinal induzido possível.

# Antena é Receptora e Emissora?

Nestes casos há que fazer uma análise cuidada baseada em ambas as folhas de EXCEL para antena emissora e receptora.



FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



0000105157