

# Sistema de Guerra Eletrônica para autodefesa de helicópteros de combate

*Electronic Warfare Self-protection System for battlefield helicopters*

*Sistema de Guerra Electrónica para autodefensa de helicópteros de combate*

Cap Esp Com Wellington Guilherme da Silva, Mestre  
Comando-Geral de Operações Aéreas - COMGAR  
Brasília/DF - Brasil  
wellington-silva@uol.com.br

## RESUMO

Este trabalho delineou uma metodologia para auxiliar na fase de concepção de um sistema de Guerra Eletrônica para autodefesa de helicópteros de combate. Para tanto, foram identificadas, por meio de pesquisa bibliográfica, as principais ameaças e as alternativas de sistemas de Guerra Eletrônica para aumentar a probabilidade de sobrevivência dessas aeronaves em ambiente hostil. Verificou-se também a percepção dos pilotos de helicópteros de combate sobre o grau de importância das possíveis configurações de um sistema de autodefesa. A metodologia proposta é fundamentada no método *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Uma situação hipotética com três plataformas aéreas foi analisada por dez pilotos de asas rotativas a fim de avaliar o emprego dos procedimentos propostos. Os resultados mostraram-se coerentes com as possíveis situações reais conforme os últimos conflitos. Essa metodologia proporciona a atribuição de valores quantitativos à análise dos resultados a despeito de critérios qualitativos, reduzindo a subjetividade no processo decisório, na aquisição e no desenvolvimento de novos projetos.

**Palavras-chave:** Guerra Eletrônica. Autodefesa. Helicóptero de combate. Ciclo de vida.

Recebido / Received / Recebido  
10/04/13

Aceito / Accepted / Acepto  
19/08/13

## ABSTRACT

The present work proposes a methodology to support in the design phase of an Electronic Warfare Self-protection System for battlefield helicopters. Hence, the main threats and alternative systems were pointed out through literature review aiming the increase of survival probability in a hostile environment. The awareness of helicopter pilots on the degree of importance of the possible configurations of a self-protection system was also evaluated. The proposed methodology is based on the Analytic Hierarchy Process (AHP) method. A hypothetical situation employing three aerial platforms was analyzed by ten rotary wings pilots as a procedures validation. The results were consistent with possible real situations according to recent conflicts. This methodology gathers quantitative values to the results analysis instead of qualitative criteria, reducing the subjectivity in decision making process for acquisition and in the development of new projects.

**Keywords:** Electronic Warfare. Self-protection. Battlefield helicopter. Life cycle.

## RESUMEN

Este trabajo delineó una metodología para ayudar en la fase de concepción de un sistema de Guerra Electrónica para autodefensa de helicópteros de combate. Para tanto, fueron identificadas, por medio de investigación bibliográfica, las principales amenazas y las alternativas de sistemas de Guerra Electrónica para aumentar la probabilidad de sobrevivencia de esas aeronaves en ambiente hostil. Se verificó también la percepción de los pilotos de helicópteros de combate sobre el grado de importancia de las posibles configuraciones de un sistema de autodefensa. La metodología propuesta es fundamentada en el método Analytic Hierarchy Process (AHP). Una situación hipotética con tres plataformas aéreas fue analizada por diez pilotos de alas rotativas a fin de evaluar el empleo de los procedimientos propuestos. Los resultados se enseñaron coherentes con las posibles situaciones reales conforme los últimos conflictos. Esa metodología proporciona la atribución de valores cuantitativos al análisis de los resultados a despecho de criterios cualitativos, reduciendo la subjetividad en el proceso decisorio, en la adquisición y en el desarrollo de nuevos proyectos.

**Palabras-clave:** Guerra Electrónica. Autodefensa. Helicóptero de combate. Ciclo de vida.

## 1 INTRODUÇÃO

A atividade militar, desde a época mais remota, é influenciada pela tecnologia disponível. No último século, o avanço da ciência possibilitou o surgimento de várias tecnologias que impulsionaram verdadeiras corridas em busca da supremacia militar. No início do referido século, a invenção do avião trouxe uma nova dimensão aos conflitos e também o surgimento das Forças Aéreas que, ao lado das Marinhas e dos Exércitos, passaram a atuar nos conflitos.

Além das aeronaves, outra tecnologia que transformou o modo de fazer guerra no último século foi a Guerra Eletrônica (GE). Essa nova tecnologia empregada nos conflitos influenciou de tal forma os rumos da Segunda Grande Guerra que Winston Churchill, então primeiro ministro britânico, chamou essa nova tecnologia de “*The Wizard War*” (FITTS, 1980). No âmbito da Força Aérea Brasileira (FAB), a Política de Guerra Eletrônica da Aeronáutica (BRASIL, 1996) declara que a GE adiciona uma nova dimensão ao campo de batalha.

Recentemente, surgiram demandas por novas aeronaves para equiparem as Unidades Aéreas da FAB. O atendimento a essas necessidades requer

estudos de concepção de sistemas que são complexos diante das incertezas sobre os critérios a serem atendidos e das alternativas disponíveis. Somam-se a esse cenário as restrições impostas aos projetos, tais como: custo, peso, volume e disponibilidade de energia elétrica da plataforma.

Dessa forma, desenvolveu-se no autor uma inquietação em busca de uma metodologia que possibilite, de forma criteriosa e isenta de subjetividade, a concepção de um sistema de autodefesa.

Portanto o objetivo deste trabalho é identificar, na fase de concepção de um projeto, os equipamentos de GE para comporem um sistema de autodefesa de helicópteros de combate. Portanto, serão abordados dispositivos passivos e ativos que operam na faixa de rádio frequência, infravermelho e ultravioleta. Esse objetivo foi desmembrado, para um melhor planejamento da pesquisa, nos seguintes objetivos secundários: identificar as ameaças para os helicópteros de combate nos respectivos cenários de emprego da FAB; identificar as alternativas em sistemas de GE que se opõem às ameaças aos

helicópteros de combate; e verificar a percepção dos pilotos de helicópteros de combate sobre o grau de importância das possíveis configurações de um sistema de autodefesa.

Para alcançar os objetivos propostos, este trabalho está dividido em três seções, além desta introdução e das conclusões. Na primeira seção, é apresentada a fundamentação teórica, que aborda alguns conceitos sobre Engenharia de Sistemas; Helicópteros de Combate; Guerra Eletrônica; e o Processo de Análise Hierárquica, mais conhecido como AHP, do inglês *Analytic Hierarchy Process*. A segunda seção apresenta a metodologia de pesquisa. A apresentação dos dados, sua análise e discussões estão na terceira seção.

A contribuição deste estudo é o emprego de uma ferramenta multicritério para auxiliar no processo decisório, na fase de concepção de um sistema de autodefesa, propondo uma metodologia para o emprego racional dos recursos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção serão apresentados os fundamentos teóricos que possibilitaram a compreensão do problema e o planejamento da metodologia de busca e análise dos dados. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica com a exposição dos referenciais teóricos, incluindo conceitos básicos sobre o método AHP utilizado para a estruturação e análise de dados.

### 2.1 Ciclo de vida

O conceito de ciclo de vida é originário da biologia, pelo fato de que os sistemas, de certa forma, nascem, crescem, amadurecem e morrem (BLANCHARD; FABRICKY, 1988). No âmbito do Comando da Aeronáutica, Ciclo de Vida é definido pela DCA 400-6 que diz:

Conjunto de procedimentos que vai desde a detecção da necessidade operacional, seu pleno atendimento por intermédio de um Sistema ou Material, a confrontação deste com os requisitos estabelecidos, o seu emprego, a avaliação operacional, a sua oportuna modernização ou revitalização até a sua desativação. (BRASIL, 2007, p. 11).

Sistemas militares são essencialmente complexos e requerem metodologias específicas para a determinação do ciclo de vida. O Ministério da Defesa do Reino Unido elaborou a Estratégia

Industrial de Defesa com a finalidade de garantir, entre outros objetivos, que os sistemas militares daquela nação sejam concebidos e adquiridos segundo os fundamentos específicos, em especial relativos à Engenharia de Sistema (LAW, 2011).

Engenharia de Sistemas é um conjunto de boas práticas, que combinam arte e ciência, no gerenciamento de riscos, custos, capacidades e escolhas tecnológicas com a finalidade de fornecer uma solução que atenda adequadamente às necessidades do cliente. (REINO UNIDO, 2005).

Neste estudo, a abordagem da Engenharia de Sistema está limitada ao conceito, com ênfase para a fase de concepção.

A DCA 400-6 estabelece que o Ciclo de Vida de um sistema apresenta as seguintes fases: concepção, viabilidade; definição; desenvolvimento/aquisição; produção; implantação; utilização; revitalização, modernização ou melhoria; e desativação. A fase de concepção envolve a identificação da Necessidade Operacional (NOP) e a elaboração dos Requisitos Operacionais (ROP).

A NOP é uma carência ou deficiência constatada, descrita em documento específico, de mesmo nome, cujo atendimento dependa do fornecimento de um novo sistema ou material, ou de modificações em um já existente. O ROP é o documento elaborado pelo Estado-Maior da Aeronáutica (EMAER) com a descrição qualitativa e quantitativa do novo sistema ou material (BRASIL, 2007, p. 21).

O correto emprego dos princípios de Engenharia de Sistemas garante que o sistema ou material a ser adquirido, ou desenvolvido, apresente adequabilidade operacional ao longo do seu Ciclo de Vida. A DCA 400-6 define adequabilidade operacional como:

Capacidade de um Sistema ou Material em atender à missão para a qual ele foi concebido, dada pelo grau de conformidade que o mesmo deve apresentar com relação aos Requisitos Operacionais (ROP) e aos Requisitos Técnicos, Logísticos e Industriais (RTL), considerando-se aspectos como desempenho, disponibilidade, confiabilidade, manutenibilidade, interoperabilidade, compatibilidade, suporte logístico, transportabilidade, documentação, treinamento, fatores humanos e de segurança. (BRASIL, 2007, p. 9).

Portanto o planejamento adequado do Ciclo de Vida depende de uma adequada elaboração da NOP e dos ROP que são definidos na fase de concepção.

Projetos militares são críticos, pois envolvem altos custos, incertezas de cenários, diversidades de ameaças, restrições de projeto, como peso e consumo de energia

elétrica, entre outros fatores. Portanto, faz-se necessário o emprego de uma metodologia para o desenvolvimento desses projetos.

## 2.2 Helicópteros de Combate

Apesar de os helicópteros serem usados como plataforma de combate desde a Segunda Grande Guerra, foi na Guerra da Coreia que esse vetor foi utilizado de forma mais efetiva, porém essencialmente em missões de transporte. A Guerra do Vietnã deixou muitas lições sobre o emprego militar de helicópteros, todavia com o preço de 2587 aeronaves abatidas pelos inimigos (HEIKELL, 2005).

Os helicópteros podem ser empregados em uma variedade de missões de apoio no campo de batalha. Nos recentes conflitos do Afeganistão e Iraque, foi observado o uso intensivo dessas plataformas em missões de ataque e transporte (LAW, 2011).

### 2.2.1 Vantagens e desvantagens dos helicópteros

Helicópteros de combate, seja de transporte ou ataque, apresentam várias vantagens em relação às aeronaves de asas fixas. Essas plataformas, entre outras vantagens, apresentam: maior mobilidade, menor custo e dispensam a infraestrutura de um campo de pouso. Por essas características, os helicópteros são adequados para darem suporte às forças terrestres; inclusive em operações em áreas urbanas, com precisão no emprego do armamento, reduzindo o risco de danos colaterais.

Entretanto os helicópteros também apresentam algumas desvantagens em relação às aeronaves de asas fixas. Seu voo é instável e de difícil pilotagem, apesar da alta manobrabilidade; apresentam baixa velocidade, aceleração e alcance (HEIKELL, 2005).

Considerando essas forças e fraquezas, é possível utilizar os helicópteros, de forma flexível, em diversas missões no teatro de operações.

### 2.2.2 Missões

Helicópteros são empregados em missões como: busca e salvamento; busca e salvamento em combate; escolta; transporte aerológico; ataque; reconhecimento eletrônico; supressão de defesa aérea inimiga; guerra antissubmarino; e patrulha marítima (LAW, 2011).

Cada missão é caracterizada por um cenário e suas ameaças associadas. Neste trabalho o foco será o emprego do helicóptero em missões de ataque ao solo, interceptação e escolta de aeronaves de baixa performance.

### 2.2.3 Ameaças

As ameaças aos helicópteros podem ser divididas em dois grupos: ameaças indiretas e ameaças diretas. Ameaças indiretas são aquelas que não representam um perigo em si; por exemplo, os radares e outros sistemas de vigilância. Um radar não é ameaça direta ao helicóptero, mas sim o sistema de armas que estiver associado a esse radar (LAW, 2011).

As ameaças diretas são aquelas que podem destruir ou danificar o alvo, como por exemplo: armas leves de cano; mísseis com guiamento infravermelho; foguetes; armas de energia direcionada; armas guiadas a laser; e artilharia antiaérea (LAW, 2011).

### 2.2.4 Atributos para a sobrevivência de helicópteros de combate

A sobrevivência de uma aeronave é a capacidade de uma plataforma em aumentar a sua probabilidade de não ser destruída ou danificada em um emprego de combate. O termo “*survivability*”, traduzido neste trabalho por “sobrevivência”, surgiu nos últimos anos e depende de um conjunto de medidas que vão desde a concepção da aeronave, a preparação da missão, contando com o serviço de inteligência, até a execução da missão aérea. A probabilidade de sobrevivência de uma aeronave em combate é aumentada por ações como a supressão da defesa aérea inimiga e emprego de manobras de combate (HEIKELL, 2005).

Para que um helicóptero tenha alta probabilidade de sobrevivência, seu projeto deve apresentar alguns atributos. Atributos, neste contexto, referem-se a funções, equipamentos, técnicas e táticas que contribuam para a sobrevivência da plataforma. Alguns desses atributos são possuir: equipamentos de auxílio à decisão para a missão; sistema que aumente consciência situacional; dispositivos que reduzam a assinatura radar, visível, infravermelha e acústica da plataforma; sistema de Guerra Eletrônica para autodefesa; sistemas de armas; manobrabilidade; tolerância ao dano. Uma adequada integração desses sistemas garante a sinergia que melhora a probabilidade de sobrevivência do helicóptero (LAW, 2011).

Neste trabalho, o foco é a contribuição dos equipamentos de GE como um subsistema de autodefesa, para aumentar a probabilidade de sobrevivência do helicóptero em um ambiente hostil.

## 2.3 Fundamentos de Guerra Eletrônica

James Clerk Maxwell, em 1861, consolidou os estudos da Teoria Eletromagnética, possibilitando uma melhor compreensão dos fenômenos da propagação por

rádio frequência e o desenvolvimento de equipamentos eletrônicos de telecomunicações sem fio (LONNGREN; SAVOV, 2007).

No início do século XX, sistemas de comunicação foram introduzidos no campo de batalha. Os estrategistas perceberam a necessidade de executar ações de inteligência e de contrainteligência no recém-estabelecido cenário eletromagnético. Essas ações deram origem ao que hoje é conhecido como Guerra Eletrônica (BRASIL, 2012a).

Portanto a Guerra Eletrônica não apresenta uma teoria própria, mas se fundamenta na Teoria Eletromagnética de James Maxwell. Entretanto, para este estudo, serão suficientes os conceitos disponíveis em obras como *Principles of Electronic Warfare* (1961), de Robert Schlesinger, que, no prefácio, afirma que os princípios da GE envolvem técnica e estratégia e que “radiação” e “detecção” devem ser analisadas como “ações ofensivas” e “defensivas”, respectivamente.

A Guerra Eletrônica pode ser definida como a arte e a ciência de garantir o uso do espectro eletromagnético pelas forças amigas e negá-lo aos inimigos (ADAMY, 2001).

### 2.3.1 O espectro eletromagnético

A Guerra Eletrônica é travada na dimensão do espectro eletromagnético. Esse cenário é caracterizado pelas radiações eletromagnéticas, desde as ondas eletromagnéticas de baixa frequência de alguns kHz, como as ondas de rádio difusão comercial em amplitude modulada (AM), até as radiações gama de fonte radioativa da ordem de  $10^{19}$  Hz. Cada região do espectro apresenta características específicas que podem ser definidas em função da sua frequência ou comprimento de onda (ADAMY, 2001).

### 2.3.2 Divisões da Guerra Eletrônica

A Guerra Eletrônica pode ser dividida, de acordo com seus objetivos, em: Medidas de Apoio de Guerra Eletrônica (MAGE); Medidas de Ataque Eletrônico (MAE); e Medidas de Proteção Eletrônica (MPE) (BRASIL, 2012b).

As MAGE são as ações que objetivam obter dados por meio da interceptação das emissões eletromagnéticas de interesse. As MAE caracterizam-se pela radiação, reirradiação, reflexão, alteração ou absorção intencional de energia eletromagnética com a finalidade de destruir, neutralizar ou degradar a capacidade de combate inimiga. As MPE objetivam assegurar o uso efetivo do espectro eletromagnético, independentemente das ações de GE empreendidas pelo oponente, pelas Forças amigas ou

formas de interferências não intencionais. Portanto as MPE podem ser anti-MAGE, quando negam ou dificultam as ações de MAGE por parte do inimigo, ou podem ser anti-MAE, quando impedem ou minimizam as ações de MAE do inimigo (BRASIL, 2012b).

### 2.3.3 Sistemas de guerra eletrônica para autodefesa

Um sistema de Guerra Eletrônica para autodefesa de plataformas realiza três funções básicas: detectar; identificar; e opor-se à ameaça. As duas primeiras funções são de alarme e são executadas por equipamentos sensores, ou seja, equipamentos MAGE. Enquanto que a função de opor-se à ameaça é executada por dispositivos, ativos ou passivos, de MAE (HEIKELL, 2005).

Alguns equipamentos de GE utilizados nos sistemas de autodefesa são apresentados nos parágrafos seguintes.

RWR (*Radar Warning Receiver*) é um sistema que alerta quando a aeronave é iluminada por um radar. A maioria das ameaças conhecidas opera entre 1 e 18 GHz, sendo que as ameaças mais significativas operam entre 8 e 12 GHz, a chamada Banda X, que oferece adequada perda de absorção na atmosfera com adequada relação entre alcance e resolução. Entretanto, modernos radares, diretores de tiro, operam entre 20 e 40 GHz (ADAMY, 2001).

LWR (*Laser Warning Receiver*) são sistemas que alertam sobre emissões laser, o que indica possível utilização de armamento guiado a laser contra a aeronave (ADAMY, 2004).

MWS (*Missile Warning System*) são sistemas que alertam quando um míssil é dirigido contra a aeronave. Se houver um CFD (*Chaff/Flare Dispenser*) associado ao MWS, este poderá efetuar, automática ou manualmente, o lançamento de *chaffs* e *flares* conforme programação predefinida (HEIKELL, 2005).

CFD (*Chaff/Flare Dispenser*) são dispositivos de lançamento de MAE descartáveis, do tipo *chaff* e/ou *flare*. *Chaffs* são cartuchos descartáveis contendo pequenas tiras refletoras, que se espalham na atmosfera ao serem lançadas por aeronaves e interferem na propagação das ondas eletromagnéticas, utilizados contra radares e seus armamentos associados (ADAMY, 2001). *Flares* são cartuchos pirotécnicos descartáveis, que simulam a assinatura infravermelha da plataforma com o objetivo de enganar o sistema de guiamento dos mísseis que utilizam sensor passivo infravermelho (ADAMY, 2004).

RFJ (*Radio Frequency Jammers*) são interferidores que emitem radiação eletromagnética, na região de microondas, com o objetivo de prejudicar o funcionamento de radares e seus armamentos associados (ADAMY, 2001).

IRJ (*Infrared Jammers*) são interferidores que emitem radiação eletromagnética, na região do infravermelho, com o objetivo de prejudicar o funcionamento do sistema de guiamento dos mísseis que utilizam sensor passivo infravermelho. Os IR Jammers podem ser do tipo DIRCM (*Directed Infrared Counter Measure*) ou do tipo não direcionais, como o Flash Lamp (HEIKELL, 2005).

Diante das incertezas de cenários, diversidades de ameaças, restrições de projeto e outros fatores, faz-se necessário o emprego de uma metodologia para auxílio à tomada de decisão na seleção de itens de GE para compor o sistema de autodefesa de um helicóptero.

## 2.4 Processo de análise hierárquica

O método AHP é uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão baseada em multicritérios desenvolvido por Thomas Saaty na década de 1970. Esse método fundamenta-se na estruturação hierárquica do problema, identificando o objetivo principal, os critérios de julgamento e as possíveis alternativas que atendam ao objetivo principal. A finalidade dessa ferramenta é priorizar as alternativas, considerando o grau de importância de cada critério para alcançar o objetivo principal (FIGUEIRA; GRECO; EHRGOTT, 2005).

A estrutura mais simples possível de AHP apresenta três níveis de hierarquias, conforme Figura 1. O nível de mais alta hierarquia é o objetivo a ser alcançado, seguido por um nível de critérios, e, no nível mais baixo, pelas possíveis alternativas. Estruturas mais complexas podem ser elaboradas pela inserção de outros níveis intermediários de critérios (FIGUEIRA; GRECO; EHRGOTT, 2005).

Oliveira e Belderrain (2008) descrevem o método AHP em sete fases ou etapas: fase 1 (Estruturação do problema); fase 2 (Coleta de julgamentos); fase 3 (Construção da matriz de decisão); fase 4 (Cálculo dos autovalores e autovetores das matrizes de decisão); fase 5 (Determinação da razão de consistência); fase 6 (Verificação da consistência dos julgamentos); e fase 7 (Definição dos vetores de prioridades). Essas fases serão definidas na seção da análise dos dados coletados.



Figura 1 - Exemplo de estrutura AHP.

## 3 METODOLOGIA

Este estudo está fundamentado no método dedutivo, visto que parte de um caso geral, concepção de sistemas, para um caso particular, da concepção de um sistema de Guerra Eletrônica para autodefesa de helicópteros de combate.

Considerando que o objetivo geral deste trabalho é descrever uma metodologia para concepção de sistemas de Guerra Eletrônica, esta pesquisa pode ser classificada como descritiva. Entretanto, como o assunto é pouco abordado pela literatura e possui um perfil mais qualitativo que quantitativo, surgem características de pesquisa exploratória (GIL, 2007).

O delineamento da pesquisa, objetivando a coleta e análise de dados, alcançou os objetivos secundários por meio das técnicas de pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e questionários.

A primeira fase da coleta de dados foi realizada por meio de pesquisa bibliográfica. Há poucas fontes de consulta disponíveis sobre este assunto, tendo em vista o sigilo estratégico das informações. Entretanto, foram encontradas as teses de doutorado de Heikell (2005) e Law (2011). O trabalho de Heikell apresenta uma abordagem holística da contribuição dos sistemas de GE para a autodefesa de helicópteros, enquanto que Law se volta para a importância da engenharia de sistemas na integração dos sistemas de GE com os demais sistemas da plataforma. Law utiliza algumas ferramentas para auxílio à tomada de decisões, entre elas, o método AHP que foi escolhido para este trabalho tendo em vista a disponibilidade de fontes de consulta sobre o método.

As leituras dos trabalhos de Heikell e Law possibilitaram uma visão geral do problema e, após esse primeiro passo, passou-se para uma pesquisa documental. Pela análise das publicações que apresentam as características básicas das plataformas AH-64 *Apache*, AW-129 *Mangusta* e EC-665 *Tiger*, foi possível identificar quais equipamentos de GE são atualmente empregados nessas plataformas que representam o estado da arte em helicópteros de combate (BOEING, 2012; AGUSTAWESTLAND, 2012; EUROCOPTER, 2012).

Por fim, foi realizada uma pesquisa para verificar qual a percepção dos pilotos de helicópteros de combate sobre a priorização dos itens de GE nos sistemas de autodefesa. Para tanto, um questionário foi aplicado, via correio eletrônico, aos pilotos de helicópteros do Segundo Esquadrão do Oitavo Grupo de Aviação (2<sup>a</sup>/8<sup>a</sup> GAv). Esse esquadrão opera a aeronave russa MI-35, que no Brasil recebeu a designação AH-2 Sabre. A escolha dessa amostra no conjunto de pilotos, entre as diversas unidades aéreas

que operam helicópteros na FAB, foi em função das missões realizadas por aquele esquadrão.

A elaboração do questionário e a análise dos dados foram realizadas por meio do método AHP de Thomas Saaty, conforme descrito na seção 1.4. O questionário é apresentado no Apêndice A. Os dados foram tabulados, para uma melhor visualização, em uma planilha do *Excel*® versão 2007, e o método AHP foi realizado com o emprego do programa *SuperDecisions*®, disponível em <http://www.superdecisions.com>. Este *software* foi escolhido por ser de fácil operação, apresentar instruções detalhadas no manual do operador e ser gratuito.

Diante dessa metodologia e com a fundamentação teórica apresentada nas seções anteriores, na próxima seção são apresentados, analisados e discutidos os dados coletados.

## 4 DISCUSSÕES E ANÁLISES

A apresentação dos dados e sua respectiva análise serão realizadas concomitantemente e na sequência que possibilite atender aos três objetivos secundários e à aplicação do método AHP. Portanto estão apresentadas, nas próximas seções, a identificação das ameaças, as alternativas de GE para autodefesa e a priorização das alternativas, segundo a percepção de importância dos pilotos, para alcançar uma melhor probabilidade de sobrevivência da plataforma quando em combate.

### 4.1 Identificação das ameaças

Uma ameaça é assim considerada se apresenta oportunidade, intenção e capacidade para atacar um helicóptero (LAW, 2011). Em seus trabalhos, Heikell (2005) e Law (2011) concordam que as ameaças aos helicópteros se resumem em: armas leves de cano; mísseis; foguetes; armas de energia direcionada; armas guiadas a laser; e artilharia antiaérea.

As estatísticas mostram que as armas leves de cano são as que mais abateram na Guerra do Vietnã, quando aproximadamente 2300 helicópteros foram destruídos por essa ameaça (LAW 2011). Dispositivos de GE não são efetivos contra esse tipo de armamento, porém essa ameaça pode estar associada a radares que realizam vigilância, aquisição, rastreamento e apontamento (ADAMY, 2001); nesse segundo caso, medidas de GE podem reduzir ou neutralizar a capacidade ofensiva do inimigo.

No conflito da ocupação soviética do Afeganistão (1979-1989), os helicópteros russos MI-24 *HIND* tinham sistema de blindagem que resistia aos danos causados pelo armamento de cano leve empregado pelos *Mujaheddin*, etnia afegã resistente à invasão soviética. Porém, quando os Estados Unidos passaram a apoiar os

resistentes afegãos com o fornecimento de mísseis com guiamento infravermelho tipo MANPADS (*man-portable air defence systems*), modelo *Stinger*, houve uma mudança no cenário da guerra e aproximadamente 300 helicópteros russos foram abatidos. Desde a década de 80 ocorre uma proliferação de MANPADS que se tornaram a principal ameaça para a aviação em baixa altitude (LAW, 2011).

### 4.2 Identificando as alternativas de escolha

Conforme apresentado na seção 1.3.3, os componentes de um sistema de guerra eletrônica para autodefesa ou EWSP, do inglês *Electronic Warfare Self Protection*, devem realizar três funções básicas: detectar; identificar; e opor-se à ameaça (HEIKELL, 2005). Essas funções agregam à plataforma aumento da consciência situacional, pelo emprego das MAGE, e capacidades ofensivas, pelo emprego das MAE.

A pesquisa documental, realizada nos materiais de publicidade de três grandes fabricantes de helicóptero de combate, apresentou configurações muito próximas de EWSP. Foram analisadas as configurações das plataformas AH-64D *Apache Long Blow* (BOEING, 2012), AW-129 *Mangusta* (AGUSTAWESTLAND, 2012), e EC-665 *Tiger* (EUROCOPTER, 2012). Todas as plataformas apresentaram os mesmos equipamentos: MWS, RWR, LWR, CFD e IRJ.

As semelhanças entre as plataformas dificultam, numa análise inicial, realizar priorizações entre as plataformas. É necessário conhecer as especificidades de cada versão. Essas características são sigilosas e disponibilizadas somente quando o cliente envia aos fornecedores os *Request for Information* (RFI).

Verificou-se, naquelas configurações, a ausência de RFJ. Isso ocorre pela restrição de potência elétrica naquelas plataformas e a demanda de energia requerida por aqueles equipamentos para alcançarem uma relação sinal-ruído, adequada para uma interferência eficiente. Uma solução tática é o emprego de uma plataforma, de maior porte, realizando a missão de *escort jamming* em apoio a um ou mais helicópteros (HEIKELL, 2012).

### 4.3 Priorização das alternativas

Com o objetivo de utilizar o método AHP na priorização de escolha das configurações de EWSP, foram criadas três configurações fictícias, denominadas HX-1, HX-2 e HX-3. A priorização das configurações foi realizada com base em cinco critérios, conforme Apêndice A.

A análise dos dados para obtenção das prioridades seguiu o esquema proposto por Oliveira e Belderrain (2008), que descrevem o método AHP em sete fases.

**Fase 1 – Estruturação do problema:** o problema foi estruturado, conforme Apêndice A, em três níveis hierárquicos: um objetivo; cinco critérios; e três alternativas. O objetivo foi definido como sendo: aumentar a probabilidade de sobrevivência de um helicóptero de combate em ambiente hostil na presença de ameaças que utilizam o espectro eletromagnético. Os critérios para atingir o objetivo foram: Critério 1: Alerta sobre aproximação de mísseis; Critério 2: Alerta sobre ameaças associadas com radares; Critério 3: Alerta sobre ameaças associadas com emprego de laser; Critério 4: Medidas de ataque contra ameaças associadas com radares; e Critério 5: Medidas de ataque contra ameaças na região do infravermelho do espectro eletromagnético. As três alternativas foram três helicópteros hipotéticos designados de HX-1, HX-2 e HX-3.

**Fase 2 - Coleta de julgamentos:** a metodologia AHP determina que especialistas no assunto realizem comparações de importância par a par entre os critérios, em relação ao objetivo, e entre as alternativas, em relação a cada critério. Foram recebidos dez questionários cujas respostas foram tabuladas em uma planilha. Essa é uma amostra significativa em relação à população, porém o número total de pilotos será omitido por questões de sigilo (KREJCIE; MORGAN, 1970). A análise da planilha revelou divergência entre os julgamentos dos entrevistados. Essas divergências entre as percepções deveriam ser eliminadas por meio de um trabalho em grupo que buscasse o consenso (SALGADO; BELDERRAIN, 2009). Entretanto, diante da impossibilidade de reunir os entrevistados para o referido trabalho, o autor considerou a tendência dos julgamentos e arbitrou valores que foram considerados para a análise.

**Fase 3 - Construção da matriz de decisão:** uma matriz de decisão é uma apresentação matemática das comparações par a par realizadas na fase 2. A Figura 2 é um exemplo ilustrativo de uma matriz de decisão para três critérios (A, B e C) resultando em uma matriz de ordem 3 com nove elementos. A diagonal da matriz de decisão sempre resulta em valores unitários, pois não há sentido em comparar o grau de importância de um critério em relação a ele mesmo. Observa-se também que os elementos simétricos na matriz apresentam valores inversos. Isso explica que, por exemplo, o critério A apresenta grau de importância 4 em relação ao critério B e então, o critério B apresenta grau de importância 0,25 em relação ao critério A.

		Critérios		
		A	B	C
Critérios	A	1.00	4.00	2.00
	B	0.25	1.00	0.33
	C	0.50	3.00	1.00

Figura 2 - Exemplo de matriz de decisão.

Os valores dos julgamentos consolidados na planilha foram inseridos no programa *SuperDecisions*®, que montou as matrizes de decisão. Foram produzidas seis matrizes: uma matriz de ordem cinco, resultante dos julgamentos dos cinco critérios em relação ao objetivo; e cinco matrizes de ordem três, produto dos julgamentos das três alternativas em relação aos cinco critérios.

**Fase 4 – Cálculo dos autovalores e autovetores das matrizes de decisão:** A metodologia AHP utiliza os conceitos de autovetor e autovalores das matrizes de decisão para criar as matrizes de prioridades para a escolha das alternativas considerando os julgamentos realizados na fase 2. Autovetor e autovalor são respectivamente um vetor e um escalar tal que, ao se multiplicar uma matriz quadrada (A) por um autovetor (q), obtém-se um múltiplo próprio autovetor, com uma constante de multiplicidade conhecida como autovalor ( $\lambda$ ). Ou seja,  $Aq = \lambda q$ .

Os cálculos de autovetores e autovalores para matrizes com ordem superior a quatro foram relativamente complexos. Portanto, os cálculos dos autovalores e autovetores, correspondentes a cada uma das seis matrizes de decisão, foram realizados pelo programa *SuperDecisions*® (Oliveira; Belderrain, 2008).

**Fase 5 – Determinação da Razão de Consistência (RC):** Saaty percebeu que, ao se realizar comparações com mais de dois pares de critérios, possivelmente surgirão inconsistências entre os graus de importância relativos. Pelo exemplo da Figura 2 percebe-se que:

$$\begin{aligned} A &= 4 \times B; \\ A &= 2 \times C; \text{ e} \\ B &= 0.33 \times C. \end{aligned}$$

Como há três variáveis (A, B e C) pode-se calcular o valor de B em relação a C pelo sistema de equações I e II e obter-se a relação  $B = 0.5 \times C$ . Logo, esse resultado é inconsistente com a equação III que apresenta  $B = C / 3$ .

Saaty definiu em sua metodologia AHP um parâmetro chamado razão de consistência (RC) e calculou valores limites para esse parâmetro em função do número de critérios a serem analisados (FIGUEIRA; GRECO; EHRGOTT, 2005).

Neste trabalho as razões de consistência foram calculadas pelo programa *SuperDecisions*® e foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 1. A coluna “RC Inicial” apresenta os valores calculados inicialmente.

**Tabela 1** – Valores das Razões de Consistência (RC).

Matriz	n	RC Limite	RC Inicial	RC Ajustada
Objetivo x critérios	5	< 0,10	0,05543	0,05543
Critério 1 x Alternativas	3	< 0,05	0,00000	0,00000
Critério 2 x Alternativas	3	< 0,05	0,03112	0,03112
Critério 3 x Alternativas	3	< 0,05	0,00000	0,00000
Critério 4 x Alternativas	3	< 0,05	0,06239	0,03112
Critério 5 x Alternativas	3	< 0,05	0,41893	0,02089

Fonte: Dados obtidos por meio do programa *SuperDecisions®*.

**Fase 6 – Verificação da consistência dos julgamentos:** nessa fase deve-se comparar os valores de RC calculados com os valores limites definidos por Saaty. É possível observar que as “RC Inicial” da matriz de decisão das alternativas, em relação aos critérios 4 e 5, estão acima do valor “RC Limite”. Portanto, semelhante ao processo da fase 2, o autor analisou novamente esses julgamentos, arbitrando novos valores que resultassem em RC adequadas, conforme coluna “CR Ajustada” da Tabela 1.

**Fase 7 – Definição dos vetores de prioridades:** o programa *SuperDecisions®* calculou os vetores de prioridade dos critérios e das alternativas em relação ao objetivo desejado, conforme Tabela 2.

Observando a Tabela 2, verifica-se que os pilotos consideram que o critério 1 (capacidade do EWSP em fornecer alerta sobre a aproximação de mísseis) é a primeira prioridade para o sistema de autodefesa, com 39,97% de importância. O critério 5 ficou como a segunda prioridade, com 33,63%, que é a capacidade de neutralizar os mísseis com guionamento infravermelho.

Essa percepção dos pilotos está coerente com os últimos conflitos, quando os MANPADS causaram perdas significativas. Consequentemente, os pilotos perceberam que o projeto HX-2 é a primeira opção, com 52,22% de aprovação, seguido pelo HX-1, com 29,50%, ficando o HX-3 em última prioridade, com 18,27%. Mais uma vez, as percepções estão coerentes, visto que o HX-1 e HX-2 possuem a mesma capacidade de alerta por meio de MWS, porém o HX-2 é a única plataforma com DIRCM e interferidor RF.

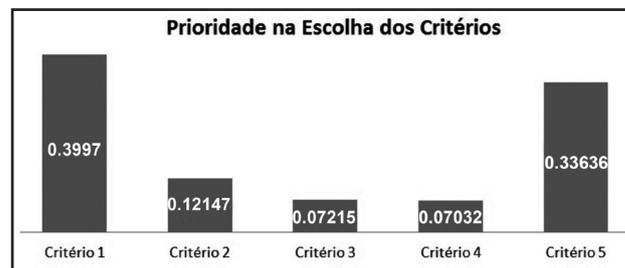
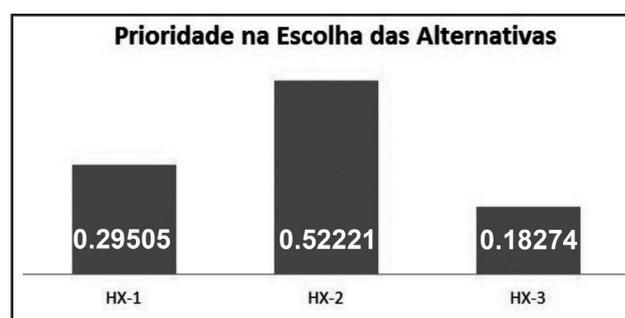
**Tabela 2** – Priorização de critérios e alternativas.

Critérios	Alternativas
Critério 1	0,39970
Critério 2	0,12147
Critério 3	0,07215
Critério 4	0,07032
Critério 5	0,33636

Fonte: Dados obtidos por meio do programa *SuperDecisions®*.

A ferramenta AHP mostrou-se uma alternativa interessante para auxiliar no processo decisório, apresentando de forma quantitativa aspectos qualitativos e facilitando a escolha da alternativa que melhor atende aos critérios estabelecidos.

Os gráficos nas Figuras 2 e 3 apresentam, respectivamente, as prioridades dos critérios e das alternativas.

**Figura 3** – Priorização dos critérios.**Figura 4** – Priorização das alternativas.

## 5 CONCLUSÕES

Diante das incertezas que envolvem a concepção de um projeto militar, aliadas às restrições inerentes aos vetores aéreos, torna-se imprescindível o emprego de uma metodologia que possibilite, de forma criteriosa e isenta de subjetividade, a concepção de um sistema de Guerra Eletrônica para autodefesa de helicópteros.

Este trabalho propõe uma metodologia fundamentada no método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), para auxílio na tomada de decisão, baseada na priorização de critérios e alternativas. Foram identificadas as principais ameaças contra helicópteros e as medidas de Guerra Eletrônica capazes de se contrapor a essas ameaças. Por fim, foi realizada uma pesquisa com pilotos de helicópteros para que se verificasse a percepção desses militares, frente a uma situação hipotética, sobre a importância relativa entre cinco critérios para sistema de autodefesa.

Os resultados da análise da situação hipotética mostraram-se coerentes com as situações reais em que se prioriza o emprego de medidas que aumentem a consciência situacional e o emprego de medidas de ataque eletrônico na região do infravermelho do espectro eletromagnético. Essa percepção se justifica

diante da crescente ameaça dos mísseis de guiamento infravermelho, em especial os MANPADS.

Portanto o trabalho atingiu o seu objetivo na apresentação de uma metodologia que auxilie na fase de concepção de sistemas de guerra eletrônica para autodefesa de helicópteros. Essa metodologia se resume na identificação dos critérios e priorização das alternativas, utilizando-se o método AHP de auxílio à tomada de decisão.

Como sugestão de trabalhos futuros, é possível adaptar a metodologia a outras aviações (transporte, caça, patrulha) e outros sistemas (armas, motorização, navegação). O método AHP apresenta algumas limitações em função de sua dependência da percepção dos especialistas consultados, portanto sugere-se que outras ferramentas de apoio à decisão sejam avaliadas.

## REFERÊNCIAS

- ADAMY, D. L. **EW-101: A First course in electronic warfare**. Norwood: Artech House, 2001.
- \_\_\_\_\_. **EW-102: A second course in electronic warfare**. Norwood: Artech House, 2004.
- AGUSTAWESTLAND. **T-129: Description**. Disponível em: <<http://www.agustawestland.com/product/t129-0>>. Acesso em: 24 set. 2012.
- BLANCHARD, B. S.; FABRICKY, W. J. **Systems engineering and analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 1988.
- BOEING. **Defense, Space and Security: AH-64 Apache**. Disponível em: <<http://www.boeing.com/rotorcraft/military/ah64d/index.htm>>. Acesso em: 25 set. 2012.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando-Geral de Operações Aéreas. **Histórico da Guerra Eletrônica**: apostila do Curso Doutrinário de Guerra Eletrônica. Brasília, DF, 2012a.
- \_\_\_\_\_. **Divisão da Guerra Eletrônica**: apostila do Curso Doutrinário de Guerra Eletrônica. Brasília, DF, 2012b.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. **Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica**. DCA 400-6. Brasília, DF, 2007.
- \_\_\_\_\_. **Política de Guerra Eletrônica da Aeronáutica**; DCA 500-1. Brasília, DF, 1996.
- EUROCOPTER. **TIGER: Overview**. Disponível em: <[http://www.eurocopter.com/site/en/ref/Technology\\_191.html](http://www.eurocopter.com/site/en/ref/Technology_191.html)>. Acesso em: 20 set. 2012.
- FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. (Ed.). **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**. New York: Springer, 2005.
- FITTS, R. E. **The Strategy of Electromagnetic Conflict**. Los Altos: Peninsula Publishing, 1980.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- HEIKELL, J. **Electronic warfare self-protection of battlefield helicopters: a holistic view**. 2005. 217 f. Tese (Doutorado)-Department of Electrical and Communications Engineering, Helsinki University of Technology. Helsinki, 2005.
- KREJCIE, R.V.; MORGAN, D.W. Determining sample size for research activities. **Educational and Psychological Measurement**, London, n. 30, p. 607-610, 1970.
- LAW, N. G. **Integrated helicopter survivability**. 2011. 244 f. Tese (Doutorado)-Aeromechanical Systems Group, Cranfield University. Cranfield, 2011.
- LONNGREN, K. E.; SAVOV, S. V. **Fundamentals of electromagnetic with MATLAB**. Taiwan: Scitech Publishing, 2007.
- OLIVEIRA, C. A.; BELDERRAIN, M. C. Considerações sobre a obtenção de vetores de prioridades no AHP. In: Encontro Nacional de Docentes de Investigación Operativas. **Anais...** Posadas, 2008.
- REINO UNIDO. Ministry of Defence. **Defence Industrial Strategy: Defence White Paper**. Londres, 2005.
- SALGADO, M. C. V.; BELDERRAIN, M. C.; SILVA, A. C. S. Avaliação do voo tecnológico do Veículo Lançador de Satélites VLS-1 por meio de decisão em grupo. **Journal of Aerospace Technology and Management**, São José dos Campos, v. 1, n. 1, p. 79-90, jun. 2009.

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

Prezado entrevistado,

Este questionário faz parte do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), do Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais (CAP), turma 2-2012. O título do TCC é Concepção de um Sistema de Guerra Eletrônica para Autodefesa de Helicópteros de Combate.

Desde já, agradeço pela colaboração!

### ORIENTAÇÕES GERAIS

As perguntas deste questionário seguem o padrão de comparação de importância entre pares de critérios, segundo a escala Saaty<sup>1</sup>, que varia de 1 a 9, conforme Tabela 1.

**Tabela 1** – A escala fundamental de Saaty.

Valor	Julgamento
1	Igual importância
2	Entre igual e moderada importância
3	Moderada importância
4	Entre moderada e forte importância
5	Forte importância
6	Entre forte e muito forte importância
7	Muito forte importância
8	Entre muito forte e extrema importância
9	Extrema importância

Apenas como exemplo de utilização da escala Saaty, observe as duas questões demonstrativas abaixo. Observe que, para cada comparação, é possível marcar somente um X. Se o entrevistado julgar que os critérios têm IGUAL importância, deve assinalar um X no grau 1 (um).

1) Na escolha de um carro, o que é mais importante: CONFORTO ou ECONOMIA?

CONFORTO									ECONOMIA							
9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
				X												

Logo, o entrevistado julga que, para a escolha de um carro, o critério CONFORTO tem FORTE importância em relação ao critério ECONOMIA.

2) Na escolha de um carro, o que é mais importante: CONFORTO ou SEGURANÇA?

CONFORTO									SEGURANÇA							
9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
																X

Logo, o entrevistado julga que, para a escolha de um carro, o critério SEGURANÇA tem EXTREMA importância em relação ao critério CONFORTO.

Figueira, J.; Greco, S.; Ehrgott, M. (Ed.). Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. Springer: New York, p. 346-407, 2005.

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO (CONTINUAÇÃO)

### CONTEXTUALIZAÇÃO

Este questionário tem a finalidade de, a partir da percepção e experiência dos pilotos de helicópteros, verificar a importância relativa entre os componentes de um sistema de guerra eletrônica para autodefesa (EWSP do inglês *Electronic Warfare Self Protection*) para helicópteros de combate. Tal pesquisa avalia uma metodologia para a seleção de uma plataforma entre três alternativas fictícias.

Para efeito deste questionário, considere que um EWSP, para helicópteros de combate, deve atender ao seguinte objetivo:

*“Aumentar a probabilidade de sobrevivência de um helicóptero de combate em ambiente hostil na presença de ameaças que utilizam o espectro eletromagnético”.*

Portanto, este sistema deve atender aos seguintes critérios:

*Critério 1: Alerta sobre aproximação de mísseis;*

*Critério 2: Alerta sobre ameaças associadas com radares;*

*Critério 3: Alerta sobre ameaças associadas com emprego de laser;*

*Critério 4: Medidas de ataque contra ameaças associadas com radares; e*

*Critério 5: Medidas de ataque contra ameaças na região do infravermelho do espectro eletromagnético.*

Considere as configurações de um EWSP, apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2** – Alternativas para as configurações de um EWSP.

Equipamentos	Configurações		
	HX-1	HX-2	HX-3
RWR	0.7 – 18 GHz	1 – 18 GHz	2 – 40 GHz
MWS	sim	sim	Não
LWR	sim	não	Não
Chaff*	36	48	60
Flare*	36	48	60
RF Jammer	não	sim	Não
IR Jammer	não	DIRCM	Flash lamp

Nota: \* Quantidade de cartuchos.

Para analisar as questões e respondê-las, considere os seguintes esclarecimentos:

**RWR** (*Radar Warning Receiver*) são sistemas que alertam quando a aeronave é iluminada por um radar. A maioria das ameaças conhecidas opera entre 1 e 18 GHz, sendo que as ameaças mais significativas operam entre 8 e 12 GHz. Entretanto modernos radares diretores de tiro operam entre 20 e 40 GHz.

**MWS** (*Missile Warning System*) são sistemas que alertam quando um míssil é dirigido contra a aeronave e lançam, automática ou manualmente, *chaffs* e *flares* conforme programação predefinida.

**LWR** (*Laser Warning Receiver*) são sistemas que alertam sobre emissões laser, o que indica possível utilização de armamento guiado a laser contra a aeronave. Atualmente esse tipo de ameaça é de baixa importância contra alvos helicópteros.

*Chaffs* são cartuchos descartáveis contendo pequenas tiras refletoras, que se espalham na atmosfera, ao serem lançadas por aeronaves, e interferem na propagação das ondas eletromagnéticas, sendo utilizados contra radares e seus armamentos associados.

*Flares* são cartuchos descartáveis com material pirotécnico, que simulam a assinatura infravermelha da plataforma com o objetivo de enganar o sistema de guiamento dos mísseis que utilizam sensor passivo infravermelho.

*RF Jammers* são sistemas que emitem radiação eletromagnética, na região de microondas, com o objetivo de prejudicar o funcionamento de radares e seus armamentos associados.

*IR Jammers* são sistemas que emitem radiação eletromagnética, na região do infravermelho, com o objetivo de prejudicar o funcionamento do sistema de guiamento dos mísseis que utilizam sensor passivo infravermelho. Os *IR Jammers* podem ser do tipo **DIRCM** (*Directed Infrared Counter Measure*), que emitem sinais direcionais no sistema de guiamento do míssil, ou do tipo não direcionais, como os *Flash Lamps*. Os **DIRCM** apresentam a vantagem de serem efetivos contra mísseis modernos, mas requerem associação com o **MWS** (*Missile Warning System*). Os *Flash Lamps* não requerem associação com o **MWS**, mas não são efetivos contra mísseis modernos.

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO (CONTINUAÇÃO)

1) Considerando o **OBJETIVO** de um EWSP, definido na contextualização deste questionário, julgue o grau de importância entre os pares de critérios abaixo:

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Critério 1																		Critério 2
Critério 1																		Critério 3
Critério 1																		Critério 4
Critério 1																		Critério 5
Critério 2																		Critério 3
Critério 2																		Critério 4
Critério 2																		Critério 5
Critério 3																		Critério 4
Critério 3																		Critério 5
Critério 4																		Critério 5

2) Considerando somente o **Critério 1**, julgue o grau de importância entre os pares de alternativas abaixo:

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
HX-1																		HX-2
HX-1																		HX-3
HX-2																		HX-3

3) Considerando somente o **Critério 2**, julgue o grau de importância entre os pares de alternativas abaixo:

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
HX-1																		HX-2
HX-1																		HX-3
HX-2																		HX-3

4) Considerando somente o **Critério 3**, julgue o grau de importância entre os pares de alternativas abaixo:

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
HX-1																		HX-2
HX-1																		HX-3
HX-2																		HX-3

5) Considerando somente o **Critério 4**, julgue o grau de importância entre os pares de alternativas abaixo:

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
HX-1																		HX-2
HX-1																		HX-3
HX-2																		HX-3

6) Considerando somente o **Critério 5**, julgue o grau de importância entre os pares de alternativas abaixo:

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
HX-1																		HX-2
HX-1																		HX-3
HX-2																		HX-3