

ANÁLISE DE COMPOSIÇÃO PIROTÉCNICA MTV PARA UTILIZAÇÃO COMO *FLARE* CONTRA MÍSSEIS IR

MTV PYROTECHNIC COMPOSITION ANALYSIS FOR USE AS FLARE AGAINST MISSILE IR

O 1º Ten Av Hugo Assuero Moura de Oliveira possui graduação em Ciências Aeronáuticas pela Academia da Força Aérea (2014). Concluiu o Curso de Formação de Sargentos (2007) na especialidade de Material Bélico. Possui especialização em Análise de Ambiente Eletromagnético pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (2018). Atualmente é Oficial Adjunto à Seção de Operações do 1º/15ºGAv.

Contato: assuerohamo@fab.mil.br



RESUMO

Para assegurar de forma adequada a proteção de aeronaves utilizadas em combates contra a ação de mísseis de guiamento infravermelho (IR), foram criados artefatos de contramedidas denominados flares, objetivando a produção de uma Intensidade radiante semelhante àquela produzida pela aeronave de forma que possam atrair os mísseis IR, oportunizando seu escape. Uma das primeiras composições químicas de flares testadas, e que se tornaria a mais usualmente aplicada, empregava o magnésio, além dos polímeros fluorados Teflon® e Viton®, motivo pelo qual são chamados de flares MTV ou convencionais. Este artigo objetiva demonstrar um estudo com algumas formulações químicas de MTV para que, por meio de ensaios de caracterização, sejam analisadas a adequação, vantagens e desvantagens para seu uso como flares de mísseis com guiamento IR. Será apresentado uma bibliografia sobre o tema para definir as formulações químicas a serem testadas. Serão apresentados resultados produzidos por artefatos, caracterizados por meio de alguns ensaios e confrontados na literatura pertinente ao assunto. Comparando os resultados com dados de flares-padrão disponíveis na literatura, avaliou-se a possibilidade da utilização/aprimoramento de uma ou mais formulações como flares despistadores de mísseis IR, bem como as vantagens/desvantagens de cada uma, abrindo caminho para a nacionalização de flares MTV.

Palavras-Chave: Flare. Radiação. Composição. Guiamento.

ABSTRACT

In order to adequately ensure the protection of aircraft used in combat against the action of infrared (IR) guidance missiles, countermeasure artifacts called flares have been created, aiming to produce a radiant intensity similar to that produced by the aircraft in a way that can attract IR missiles, opportunizing their escape. One of the earliest chemical compositions of flares tested, which would become the most commonly applied, used magnesium, in addition to fluorinated polymers Teflon® and Viton®, which is why they are called MTV or conventional flares. This article aims to demonstrate a study with some chemical formulations of MTV so that, through characterization tests, the suitability, advantages and disadvantages for its use as IR guided missile flares are analyzed. A bibliography on the topic will be presented to define the chemical formulations to be tested. Results produced by artifacts will be presented, characterized by some essays and confronted in relevant literature. Comparing the results with standard flares data available in the literature, the possibility of using / improving one or more formulations as IR missile flares as well as the advantages / disadvantages of each, paving the way for the nationalization of MTV flares.

Keywords: Flare. Radiation. Composition. Guidance.

I – INTRODUÇÃO

Os mísseis IR apresentam-se, atualmente, como a maior ameaça combativa latente às aeronaves, principalmente dada a facilidade desses aparelhos em serem empregados por *Man Portable Air-Defense Systems* (MANPADS), com sistema de guiamento baseado na detecção de radiação IR. Esses armamentos são, além de tudo, versáteis, pela facilidade de serem empregados por baterias antiaéreas, frações de tropas ou indivíduos isolados [1]. Dada à sua abrangente operação (alcance horizontal de até 8 Km [2] e teto de 15.000 ft [3], quer seja para aeronaves de asa fixa durante pousos e decolagens, quer seja para aeronaves de asas rotativas, ambas devido à baixa altitude e reduzida velocidade, esses mísseis são considerados uma ameaça potencial [4].

Nessas circunstâncias, por parte das forças modernas houve a preocupação de prosperar na criação de medidas que evitassem o perigo causado pelos mísseis IR resguardando seu pessoal e material, tornando-os furtivos ao máximo ante a essa letal ameaça num campo de batalha [4].

Concomitante à concepção dos mísseis ar-ar de guiagem IR, surgiram também as contramedidas para se oporem a esses artefatos [5].

Portanto, o flare é usado como forma de contramedida pelas aeronaves de combate por apresentar Intensidade Radiante Espectral na faixa de operação dos mísseis IR suplantando as partes quentes da tubeira e da pluma dos gases de exaustão da aeronave, tornando-se mais atrativo e permitindo, assim, o escape ante a ameaça [6].

Através da mistura do Magnésio, do Teflon® (politetrafluoretileno ou PTFE) e do Viton® A (copolímero de fluoreto de vinilideno e hexafluorpropileno), chegou-se a uma das primeiras composições químicas de flare, tornando-se a mais empregada mundialmente. Os flares resultantes são comumente chamados de flare MTV ou convencionais [7].

II – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. RADIAÇÃO INTRAVERMELHA

Examinando a radiação infravermelha, inferimos como sendo a parte do espectro onde se encaixa entre faixa de luz visível até a faixa de microondas, mais precisamente entre 1 μm e 1.000 μm de comprimento de onda, como analisado na Figura 5, sendo λ o comprimento de onda, em metros, e f , a frequência, em Hertz. Para fins didáticos, divide-se a região do infravermelho em 4 diferentes faixas no espectro [8].

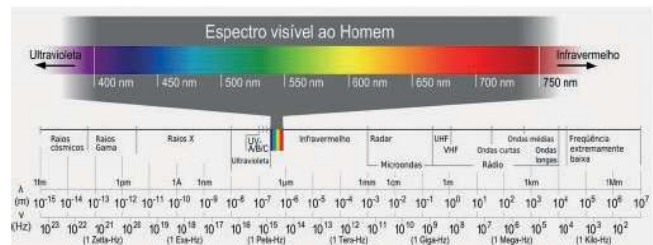


Figura 1 – Visão do espectro eletromagnético.
Fonte: Sociedade Brasileira de Física

Na Tabela 1, tem-se os limites das faixas (em comprimentos de onda), especificados conforme as nomenclaturas e as siglas.

Tabela 1 – A radiação IR através do espectro [4].

NOMENCLATURA	SIGLA	FAIXAS ESPECTRAIS (μm)
infravermelho Próximo	NIR	0,75 - 1,49
Infravermelho de Ondas Curtas	SWIR	1,50 - 2,99
Infravermelho de Ondas Médias	MWIR	3,00 - 7,99
Infravermelho de Ondas Longas	LWIR	8,00 - 12,00

A fim de ilustrar a aplicação anterior, toma-se o exemplo, na Figura 2, da análise de temperatura observada usualmente na fuselagem, tubeira e pluma de um caça [9]: observam-se as faixas de comprimento de onda onde ocorre a máxima emissão de radiação.



Figura 2 – Radiação IR de uma aeronave.
Fonte: [4]

2.2. FLUXO RADIANTE, IRRADIÂNCIA, EMISSIVIDADE ESPECTRAL

Além do conceito essencial intrínseco à radiação infravermelha, faz-se mister a inferência de outras definições referentes à radiação e radiometria. Define-se Fluxo Radiante como uma quantidade de energia radiante fluindo entre duas superfícies, dado um intervalo de tempo, havendo sempre uma fonte que emite fluxo e um receptor que recebe fluxo [8].

Define-se Irradiância como o fluxo total radiante que incide em um elemento de área de determinada superfície, em uma unidade de área da mesma superfície [8].

Define-se como emissividade espectral a eficiência com que um corpo transforma sua energia intrínseca em energia radiante [10]. Essa grandeza adimensional caracteriza-se como sendo a razão entre a emitância de um corpo real (MCR) e a emitância de máxima eficiência oportunizada por um corpo negro (MCN) a uma mesma temperatura, conforme (7). Vale ressaltar que a emissividade espectral de um corpo é função tanto da temperatura em que ele se encontra quanto do comprimento de onda, em um grau maior, da mesma maneira que a natureza desse corpo e de seu acabamento superficial [11].

$$\epsilon_{\lambda} = \frac{M_{CR}}{M_{CN}} \quad (7)$$

III – FLARE MTV

A concepção da produção desses artefatos era o de torná-lo um chamariz mais atrativo que as partes quentes da tubeira de uma aeronave e da pluma gerada pelos gases de exaustão, produzindo Intensidade radiante que superasse essas partes quentes, atraindo os mísseis IR tornando-se alvo e oportunizando a fuga da aeronave atacada [9].

Para a produção desse artigo, foi feita uma análise sobre corpos de prova produzidos à partir da mistura homogênea dos elementos componentes do flare, Magnésio, Teflon® (politetrafluoretileno ou PTFE) e Viton®, que foram posteriormente prensados em matriz cilíndrica, gerando pastilhas conforme segue na figura 3 [12].



Figura 2 – Pastilhas de MTV.

A mistura, antes de ser prensada e gerar os corpos de prova, foi submetida a ensaios de caracterização das diferentes formulações, passando por experimentações de estabilidade química no

vácuo, análise termogravimétrica, sensibilidade ao atrito, calor de combustão, calor de explosão e análise espectrorradiométrica, para que a análise dos resultados ratificasse a escolha das melhores composições pirotécnicas para uso como flares MTV.

IV – ANÁLISE ESPECTRORRADIOMÉTRICA

Os corpos de aproximadamente 10g sofreram processo de combustão para avaliação de sua intensidade radiante, medida através de um equipamento chamado de espectrorradiômetro, modelo SR-5000, utilizado especificamente para medição de radiação oriunda de corpos quentes, conforme figura 4.



Figura 4 – Espectrorradiômetro modelo SR-5000. Fonte: [12]

A Figura 5 mostra o exato momento da combustão de um desses corpos de prova.



Figura 5 – Ignição do corpo de prova.

V – RESULTADOS E DISCUSSÕES

A formulação apresentada e analisada neste artigo possui aplicação típica em flare MTV britânico e ignitor de motor foguete americano, respectivamente [13].

Os ensaios para obtenção dos resultados foram realizados em triplicata e o tratamento dos

dados referentes às medições das intensidades radiantes foi realizado por meio do *software* MATLAB®, versão R2013b.

A Figura 6 mostra a intensidade radiante ($W/sr \cdot \mu m^{-1}$) da composição de MTV, para comprimentos de onda de 1,3 a 5,5 μm .

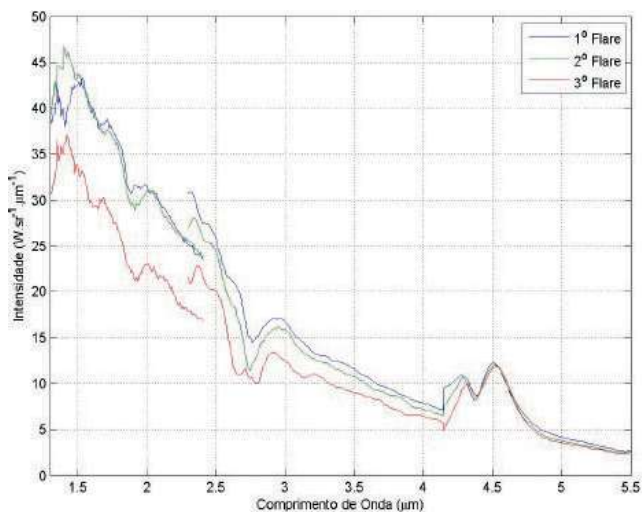


Figura 6 – Intensidade Radiante.

Considerando a faixa detecção do míssil entre 3,0 μm e 5,0 μm , um intervalo comumente empregado pelos sensores de mísseis, conclui-se, dos resultados obtidos, que a composição apresenta valores relevantes de Intensidade radiante para o intervalo de comprimento de onda de interesse.

Já na Figuras 7, nota-se a intensidade radiante ($W/sr \cdot \mu m^{-1}$) das composições de MTV, para o tempo de 0 a 30 segundos, nas bandas MWIR e SWIR. Os ensaios foram realizados em triplicata e o tratamento dos dados referentes às medições das intensidades radiantes foi realizado por meio do *software* MATLAB®, versão R2013b.

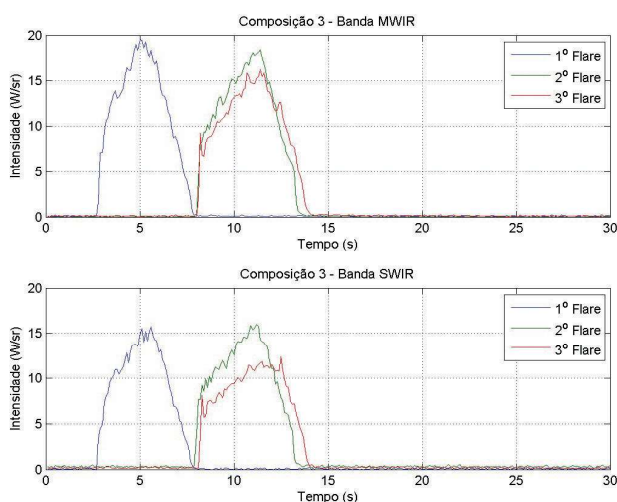


Figura 7 – Intensidade radiante nas bandas MWIR e SWIR.

Observa-se, que para a banda MWIR, no instante 5,0 segundos dá-se o pico máximo de Intensidade radiante de 19,51 W/sr e, para a banda SWIR, no instante 5,6 segundos, dá-se o pico máximo de Intensidade radiante de 15,71 W/sr , promovendo uma razão MWIR/SWIR de 1,24.

A razão MWIR/SWIR merece destaque na análise de cada formulação apresentada pois constituiu-se como base para a produção de flare MTV. Isso porque essa razão justifica a intenção de se produzir um flare MTV, diferente dos flares espectrais, que utilizam a mesma relação, porém com um valor mais próximo da relação MWIR/SWIR de uma aeronave. Ademais, as composições produzidas e investigadas nesse trabalho têm como escopo flares MTV.

VI – CONCLUSÕES

Para o estudo desenvolvido neste artigo, foi proposta uma composição pirotécnica de MTV para que se pudesse avaliar a possibilidade da utilização ou aprimoramento de uma ou mais formulações como *flares* despistadores de mísseis com guiamento infravermelho, abrindo caminho para o desenvolvimento nacional desses artefatos. As composições pirotécnicas de MTV foram submetidas aos métodos de sensibilidade ao atrito, estabilidade química a vácuo, calorimetria e termogravimetria, apresentando resultados satisfatórios e coerentes com aqueles descritos na literatura pertinente.

Esses métodos de análise constituem pilares dos critérios de segurança e certificação definidos por normas técnicas, que definem parâmetros de aceitação para cada um dos ensaios previstos, sendo que a composição pirotécnica é julgada qualificada quando se obtém resultados satisfatórios em todos os testes. Essa qualificação assegura que a composição pirotécnica é tenaz para ser utilizada para o fim a que se destina.

Ao contrário dos flares comerciáveis adquiridos pela FAB, que utilizam o método de extrusão, a confecção proposta para os corpos de prova desse trabalho contemplou o método de prensagem, seguindo, não obstante, quase que a totalidade dos protocolos previstos em normas, para a avaliação e testificação de resultados.

Por meio da análise espectrorradiométrica das composições, concluiu-se que a formulação MTV analisada apresentou significativo valor de Intensidade radiante no intervalo de comprimento de onda de 3,0 μm e 5,0 μm , que é o mais comumente empregado pelos sensores dos mísseis de segunda geração. Não por acaso, a formulação supracitada apresenta a substancial porcentagem do componente magnésio dentre as manipuladas, substância essa que age como principal combustível quando iniciado o *flare*.

A produção e análise de corpos de prova

produzidos com MTV demonstrou a capacidade de manufatura de pequenos *flares*, através do método de prensagem em matriz cilíndrica. Esses corpos foram manipulados em tamanho reduzido, com dimensões e peso em torno de 10% dos *flares* utilizados na FAB, como o MJU-7A/B, por exemplo. Esse fator é extremamente relevante, pois a Intensidade radiante gerada por um *flare* reflete diretamente a área de queima do corpo.

Além do processo de prensagem para produção de corpos de prova, o processo de extrusão é bem conhecido por ser o principal processo de fabricação dos *flares* comerciáveis. É sabido que o Instituto de Aeronáutica e Espaço, do DCTA, possui uma máquina extrusora. Assim, tem-se a oportunidade de, adquirindo-se as formulações compatíveis com as misturas conhecidas na literatura, gerar um corpo de prova padrão através do processo de extrusão, de dimensões e pesos padrão, para que o *flare* MTV produzido possa gerar Intensidade radiante tal que se assemelhe aos *flares* comerciáveis, permitindo ao Brasil gerar seus próprios componentes pirotécnicos despistadores de mísseis com guiamento IR.

Destarte, a produção nacional desses artefatos atende necessidade latente do país, vindo ao encontro ao requerido na Política de Defesa Nacional, que visa o desenvolvimento científico e tecnológico e a inovação em áreas de interesse para a defesa nacional, anulando os bloqueios tecnológicos impostos por países desenvolvidos, que retardam os projetos estratégicos de concepção brasileira.

REFERÊNCIAS

[1] SAAB. **RBS-70 Man-portable Missile System: Technical Specifications**. Disponível em: <http://saab.com/land/weapon-systems/ground-based-air-defence-missile-systems/rbs_70_ng/>. Acesso em: 18 ABR. 2019.

[2] YANUSHEVSKY, R. **Modern Missile Guidance**. London: CRC Press, 2008. 226p.

[3] U.S. DEPARTMENT OF STATE. **MANPADS: Combating The Threat to Global Aviation From Man-Portable Air Defense Systems**. Disponível em: <http://sarchive.org/details/amrc_198907_cna_00725_001>. Acesso em: 18 abr. 2019.

[4] BALDESSARINI PIRES, H. **Estudo Conceitual do Software SIMIS: Seu Emprego Operacional**. 2014. 93 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Análise do Ambiente Eletromagnético) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

[5] SAAB. **RBS-70 Man-portable Missile System: Technical Specifications**. Disponível em:

<http://saab.com/land/weapon-systems/ground-based-air-defence-missile-systems/rbs_70_ng/>. Acesso em: 18 apr. 2019.

[6] DEFESA AÉREA E NAVAL. Disponível em: < <http://www.defesaaereanaval.com.br/esquadraoarara-1o9o-gav-e-onca-1o15o-gav-realizam-exercicio-operacional-em-natal/>>. Acesso em: 22 apr. 2019.

[7] BALDESSARINI PIRES, Humberto. **Metodologia de Predição da Vida Útil de Flares Magnésio/Teflon®/Viton® (MTV)**. 2016. 157f. Dissertação de Mestrado em Química dos Materiais – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

[8] MOREIRA, R. C.; CASTRO, R. M. **Espectroscopia por Imageamento**. São José dos Campos: IEAV, 2002.

[9] KOCH, E.-C. **Metal-FluorocarbonBasedEnergy Materials**, 1st ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2012.

[10] MOHAMED, M. I. N.; SIVAPIRAKASAM, S. P.; SURIANARAYANAN, M. **Investigation on the friction sensitivity of a matchhead composition influenced by the surface roughness of contact materials. Propellants, Explosives, Pyrotechnics**, India, v. 38, n. 2, p. 266-272, 22 Jan. 2013.

[11] SZCZYGIELSKA, J. et al. **Friction sensitivity of the ϵ -CL-20 crystals obtained in precipitate on process**. Central European Journal of Energetic Materials. Warsaw, v. 8, n. 2, p. 117- 130, 2011.

[12] OLIVEIRA, Hugo Assuero Moura de. **Caracterização de Composições Pirotécnicas de MTV para uso como Flare contra mísseis com guiamento infravermelho**. 2018. 102f. Trabalho de Conclusão de Curso (Lato Sensu) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

[13] BARROS, L. et al. **Qualification of Magnesium/Teflon/Viton Pyrotechnic Composition Used in Rocket Motors Ignition System**. Journal of Aerospace Technology And Management, v. 8, n. 2, 2016.

[14] BRASIL. Ministério da Defesa. **Política Nacional de Defesa (minuta)**. PND Brasília, DF, 2016.