

Relatório Final

Título do projeto de pesquisa: **Estudo da redução da RCS de VANTs por meio da variação da geometria e e aplicação gerenciada de MARE na superfície dos mesmos.**

Bolsista: Lucas Faria Widmer

Orientador: Luiz Alberto de Andrade

Período a que se refere o relatório: Fevereiro a Agosto de 2014

Resumo

Neste projeto foram desenvolvidos dois modelos 3-D de veículos Aéreo não tripulados (VANTs): Hermes 450 e também foi proposto um novo modelo. A partir dos modelos desenvolvidos foram realizados estudos da redução da Seção Reta Radar (RCS) por meio da aplicação gerenciada de Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética (MARE). Os modelos em estudo foram desenvolvidos com o apoio do software "*Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application*" - CATIA [1]. Enquanto que, os estudos da redução da RCS foram realizadas com o apoio do software "*Computer Simulation Technology*"- CST [2], com o qual é possível simular a aplicação de um material absorvedor, sobre a superfície da aeronave. O Material utilizado nas simulações foi o MARE, FC70, desenvolvido na Divisão de Materiais (AMR), o qual possui boa atenuação na faixa de 10-12GHz [3].

1. Introdução

O objetivo é reduzir a RCS de uma aeronave militar está diretamente relacionado à distância na qual a mesma possa ser detectada por um radar hostil. A equação radar dada a seguir fornece uma maneira quantitativa de analisar o impacto da redução de RCS de um alvo na sua distância de detecção por um radar monoestático (1.1):

$$R_{max} = \left[\frac{P_t G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^2 P_{min} L} \right]^{\frac{1}{4}}, \quad (1.1)$$

onde: R_{max} é o alcance máximo de detecção do radar, P_t é a potência de transmissão da antena do radar, D_t e diretividade da antena, P_{min} é a potência mínima detectável pelo radar, $G=G_t=G_r$ é o ganho do radar, L são as perdas associadas à eletrônica do radar e ao meio ambiente e σ é a RCS [4].

Analisando-se a Equação (1.1) constata-se que, dentre as diversas variáveis da equação radar, a única possível de controle por parte da aeronave alvo é a sua RCS, pois todas as demais são inerentes ao sistema radar que a detecta ou ao ambiente. Dessa forma, do ponto de vista da aeronave, os parâmetros do radar e do ambiente podem ser considerados como uma constante do sistema de detecção. Uma análise da Equação (1.1) mostra que a RCS de um alvo deverá ser diminuída em 16 vezes para que a distância máxima de detecção R caia pela metade.

2. Material e métodos

Os materiais empregados e utilizados neste período do projeto foram o software CÁTIA V5 para construir os modelos 3-D das aeronaves as quais serão estudadas a redução da RCS e o software CST para estudar e simular o espalhamento eletromagnético sobre as superfícies das aeronaves. Também foi utilizado o MARE FC70 [3].

Os estudos da redução RCS da aeronave Hermes 450 foram realizados com duas configurações diferente, uma com as antenas e outra sem a antenas. Para cada uma das configurações, foram realizadas aplicações de MARE de três formas diferentes, denominadas Partes 1, 2 e MARE total. Para o modelo de VANT proposto os estudos foram realizados de cinco formas diferentes denominadas, Partes 1, 2, 3, 4 e MARE total. Neste trabalho todos os estudos foram realizados na frequência de 10 GHz [5].

A Figura 1(a) mostra o modelo tridimensional do Hermes 450 com antenas gerado com o software CATIA. O modelo foi fracionado para viabilizar a aplicação de MARE necessária para a redução da RCS da aeronave. As Figuras 1(b) e 1(c), ilustram duas formas de aplicação de MARE denominadas Partes 1 e 2 respectivamente. As superfícies em verde, representam as regiões revestidas com MARE, enquanto que as superfícies em cinza representam as superfícies em metal .

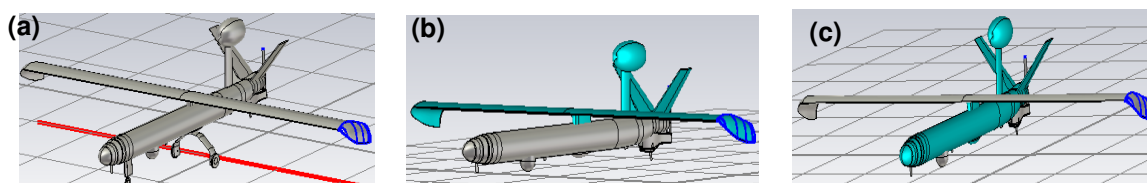


Figura 2- Modelo 3D da aeronave Hermes com antenas, desenvolvido com o software CATIA.

A Figura 2(a) mostra o modelo tridimensional do veículo Aéreo não tripulado (VANT), Hermes 450 sem as antenas gerado com o software CATIA. As Figuras 1(b) e 1(c), ilustram duas formas de aplicação de MARE denominadas Partes 1 e 2 respectivamente.

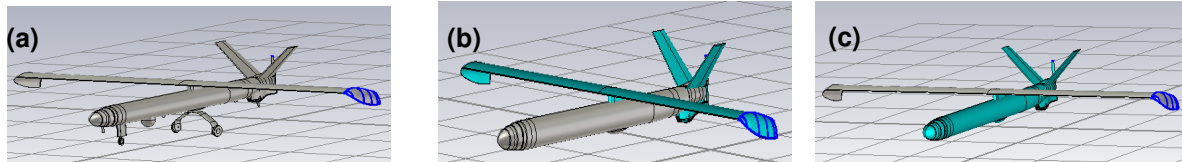


Figura 2- Modelo 3D da aeronave Hermes 450 sem antenas, desenvolvido com o software CATIA.

A Figura 3(a) mostra o modelo tridimensional do modelo de VANT proposto, gerado com o software CATIA. As Figuras 3(b), 3(c) e (d), ilustram duas formas de aplicação de MARE denominadas Partes 1, 2 e 3, respectivamente.

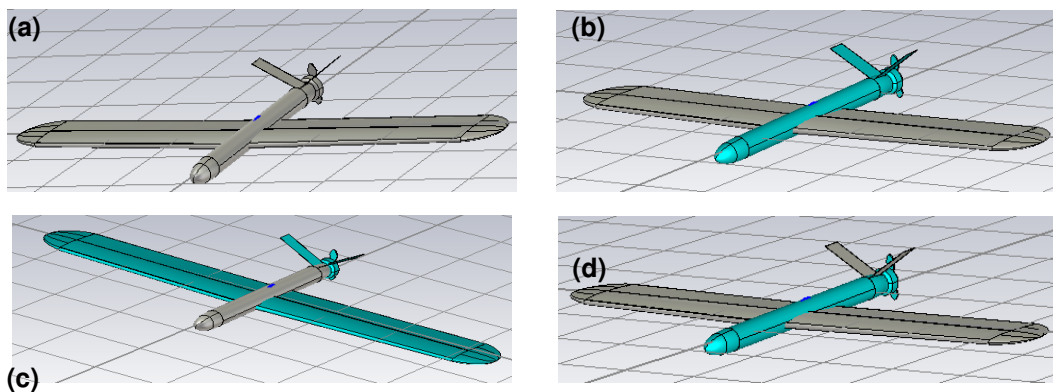


Figura 3- Modelo 3D de VANT proposto, desenvolvido com o software CATIA.

A Figura 4 mostra a curva da refletividade do MARE FC70 utilizado no estudo da redução da RCS.

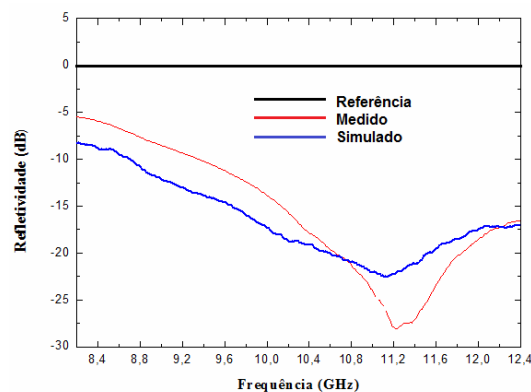


Figura 4– Curva da refletividade do MARE FC 70, utilizado no estudo da redução da RCS das aeronaves [3].

3. Resultados

Todos os estudos da redução da RCS das aeronaves VANTs, através da aplicação gerenciada MARE realizados neste trabalho, foram realizados na frequência de 10GHz e com os ângulos de aspecto variando de 0° a 360° em incrementos de 1° .

3.1- Redução da RCS da aeronave Hermes em 10 GHz

A Figura 5 mostra a comparação entre a RCS do VANT Hermes com antenas na frequência de 10GHz, parcialmente revestida e não revestida com MARE mostrado na Figura 1 (a), (b) e totalmente revestido com MARE Figura (c).

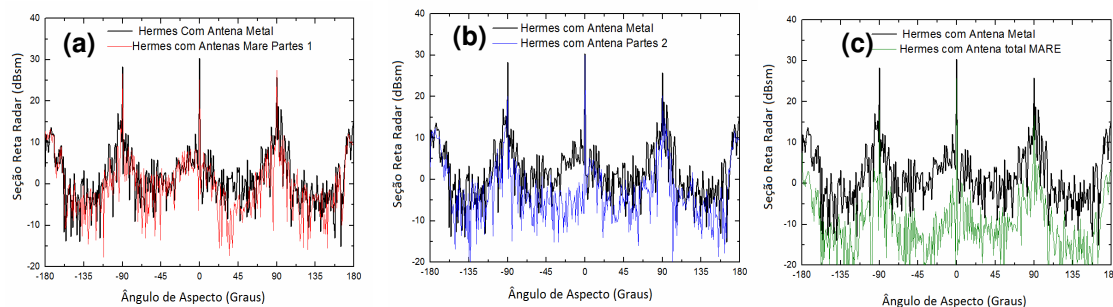


Figura 5 - Comparação entre a RCS do VANT Hermes, parcialmente revestida e não revestida com MARE.

A Figura 6 mostra a comparação entre a RCS do VANT Hermes 450 sem as antenas na forma metálica e parcialmente revestido e totalmente revestido com MARE, conforme mostrado na Figura 1 (a), (b) e (c), na frequência de 10GHz.

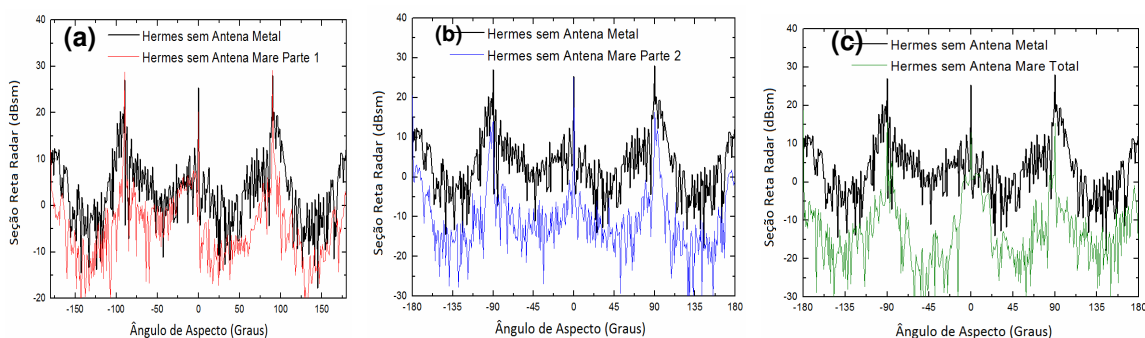


Figura 6 - Comparação entre a RCS do VANT Hermes sem antenas, metálico, parcialmente revestido e totalmente revestido com MARE.

A Tabela 1 mostra a comparação entre os valores de picos da RCS em 10GHz para a RCS frontal, lateral e traseira do VANT Hermes.

Tabela 1- Comparação entre a RCS de pico do VANT Hermes na frequência de 10GHz, metálico, e parcialmente revestido e totalmente revestido com MARE FC70.

| Seção Reta Radar de pico (MARE absorção de 17 dB) | | | | | | | |
|---|------------|------------|--------------|------------|--------------|--------------|--------------|
| Hermes com as antenas | | | | | | | |
| Setor | Metal | Partes 1 | | Partes 2 | | MARE total | |
| | RCS (dBsm) | RCS (dBsm) | Redução (dB) | RCS (dBsm) | Redução (dB) | 25,62 (dBsm) | Redução (dB) |
| Frontal (0°) | 30,29 | 25,11 | 4,89 | 29,94 | 0,35 | 16,62 | 13,67 |
| Lateral (90°) | 25,72 | 27,41 | -1,69 | 20,13 | 5,59 | 3,66 | 22,06 |
| Traseira (180°) | 14,76 | 9,66 | 5,10 | 9,87 | 4,89 | 25,62 | -10,76 |
| Hermes sem as antenas | | | | | | | |
| Frontal (0°) | 25,38 | 20,1 | 5,37 | 25,06 | 0,32 | 12,96 | 12,42 |
| Lateral (90°) | 27,98 | 29,06 | -1,08 | 16,26 | 11,72 | 15,39 | 12,59 |
| Traseira (180°) | 11,93 | 1,91 | 10,02 | -1,14 | 13,07 | -14,93 | 26,86 |

Analisando os gráficos de RCS verifica-se que a mesma varia drasticamente em relação ao ângulo de aspecto. Portanto, para uma análise mais precisa é mais adequado tomar a média das RCSs. A Tabela 2 mostra a comparação entre os valores da média da RCS em 10GHz, num intervalo de 10° para a RCS frontal, lateral e traseira do VANT Hermes.

Tabela 2- Comparação entre a RCS média num intervalo de 10° para VANT Hermes na frequência de 10GHz, metálico, e parcialmente revestido e totalmente revestido com MARE FC70.

| Seção Reta Radar de pico (MARE absorção de 17 dB) | | | | | | | |
|---|------------|------------|--------------|------------|--------------|--------------|--------------|
| Hermes com as antenas | | | | | | | |
| Setor | Metal | Partes 1 | | Partes 2 | | MARE total | |
| | RCS (dBsm) | RCS (dBsm) | Redução (dB) | RCS (dBsm) | Redução (dB) | 25,62 (dBsm) | Redução (dB) |
| Frontal (-5° a 5°) | 5,82 | 5,47 | 0,35 | 0,014 | 5,80 | -6,12 | 11,94 |
| Lateral (85° a 95°) | 12,50 | 7,89 | 4,61 | 9,74 | 2,76 | 1,55 | 10,95 |
| Traseira (175° a -175°) | 10,13 | 10,79 | -0,66 | 9,72 | 0,41 | 1,32 | 8,81 |
| Hermes sem as antenas | | | | | | | |
| Frontal (-5° a 5°) | 5,06 | -1,32 | 6,38 | -4,74 | 9,80 | 1,58 | 3,43 |
| Lateral (85° a 95°) | 15,03 | 7,82 | 7,21 | 3,43 | 11,60 | -0,80 | 15,83 |
| Traseira (175° a -175°) | 9,54 | 1,87 | 7,67 | 2,16 | 7,38 | -6,02 | 15,56 |

3.2- Redução da RCS do VANT Proposto em 10GHz

A Figura 7 mostra a comparação entre a RCS do VANT Hermes na frequência de 10GHz, parcialmente revestida e não revestida com MARE conforme mostrado nas Figura 1 (a), (b), (c) e (d).

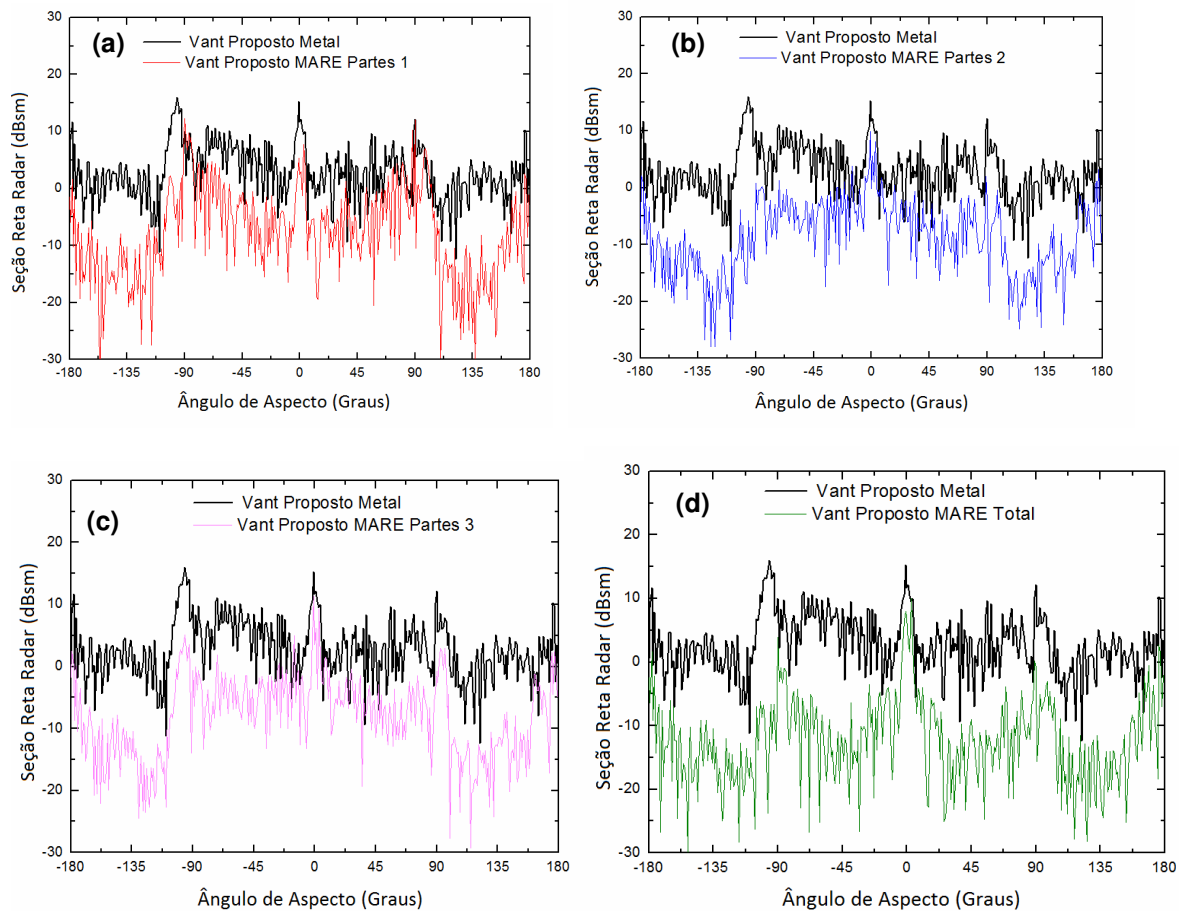


Figura 7 - Comparação entre a RCS do VANT proposto, parcialmente revestida e não revestida com MARE. (partes 1, 2, 3 e MARE total).

A Tabela 3 mostra a comparação entre os valores de picos da RCS em 10GHz para a RCS frontal, lateral e traseira do VANT Hermes.

Tabela 3- Comparação entre a RCS de pico do VANT proposto na frequência de 10 GHz, não revestida e parcialmente revestida com MARE FC70.

| Seção Reta Radar de pico (MARE absorção de 17 dB) | | | | | | | | | |
|---|------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|
| Setor | Metal | Partes 1 | | Partes 2 | | Partes 3 | | MARE total | |
| | RCS (dBsm) | RCS (dBsm) | Redução (dB) | RCS (dBsm) | Redução (dB) | RCS (dBsm) | Redução (dB) | RCS (dBsm) | Redução (dB) |
| Frontal (0°) | 11,62 | 2,45 | 9,17 | -0,23 | 11,85 | 3,50 | 8,12 | 7,14 | 4,48 |
| Lateral (90°) | 12,15 | 12,00 | 0,15 | -2,28 | 14,43 | -0,82 | 12,97 | -0,78 | 12,93 |
| Traseira (180°) | 3,36 | -1,02 | 3,38 | -9,68 | 13,04 | -5,04 | 8,4 | -1,99 | 5,35 |

A Tabela 4 mostra a comparação entre os valores da média da RCS em 10GHz, num intervalo de 10° para a RCS frontal, lateral e traseira do VANT proposto.

Tabela 4- Comparação entre a RCS média num intervalo de 10° para o VANT proposto na frequência de 10GHz metálico, e parcialmente revestido e totalmente revestido com MARE FC70.

| Seção Reta Radar média (MARE absorção de 17 dB) | | | | | | | | | |
|---|------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|
| Setor | Metal | Partes 1 | | Partes 2 | | Partes 3 | | MARE total | |
| | RCS (dBsm) | RCS (dBsm) | Redução (dB) | RCS (dBsm) | Redução (dB) | RCS (dBsm) | Redução (dB) | RCS (dBsm) | Redução (dB) |
| Frontal (-5° a 5°) | 9,57 | 0,51 | 10,08 | 2,82 | 12,39 | 1,60 | 7,97 | 2,66 | 6,91 |
| Lateral (85° a 95°) | 4,58 | -0,79 | 5,37 | -8,27 | 12,85 | -4,06 | 8,64 | -7,49 | 12,07 |
| Traseira (175° a -175°) | 4,53 | -5,13 | 9,66 | -3,35 | 7,88 | -2,13 | 6,66 | -5,11 | 9,64 |

4. Conclusões

Com o uso da ferramenta CST foi possível testar computacionalmente com grande precisão a influência da aplicação de Material absorvedor nos modelos de VANTs apresentados. Analisando-se os resultados obtidos verifica-se que a aplicação do MARE FC70 foi pouco efetiva na maioria dos casos. Mesmo simulando a aplicação de um material com um bom desempenho, isto é 17dB na frequência de 10GHz e revestindo completamente as aeronaves. Quando se está interessado em estudar a diminuição da distancia de detecção, a RCS mais importante é a do setor frontal. O melhor resultado obtido foi uma RCS de -6,12dBsm (redução de 11,94dB) para a aeronave Hermes com antenas, o que representa uma redução de aproximadamente 16 vezes na RCS, ou seja, permite a aeronave aproximar cerca de 50% em relação ao cenário anterior.

Referências

- [1] Manual do Usuário CATIA www.catia.com
- [2] Manual do Usuário CST Studio Suite versão 2012, www.cst.com
- [3] GAMA, A.M. **Complex permeability and permittivity variation of carbonyl iron rubber in the frequency range of 2 to 18 GHz**. 2nd ed. Journal of Aerospace Technology and Management, 2010. 115p.
- [4] Knott, E.F; J.F. Schaeffer and M.T. Tuley; “**Radar Cross Section**”, 2^a edition, Artech House Inc., USA, 1993W.-K. Chen, *Linear Networks and Systems* (Book style). Belmont, CA: Wadsworth, 1993, pp. 123–135.
- [5] Luiz Alberto de Andrade, Luan Silva Carvalho dos Santos, Adriana Medeiros Gama Analysis of Radar Cross Section Reduction of Fighter Aircraft by Means of Computer Simulation. J. Aerosp. Technol. Manag., São José dos Campos, Vol.6, No 2, pp.177-182, Apr.-Jun., 2014.