

Aplicação Operacional Do *Corner Reflector* Para Incremento Da Refletividade Radar De Balsas De Emergência

1º Ten Av Jorge Luiz Lessa Júnior – jlessa@ita.br, Tel: +55 (12) 3947-6889

Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) - Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 - Vila das Acácias CEP 12228-900 – São José dos Campos – SP – Brasil

Resumo — Os *Corner Reflectors* comumente equipam embarcações de pequeno porte não metálicas, como uma forma de aumentar a sua Seção Reta Radar (RCS). Instalados a bordo, facilitam a detecção destas embarcações por parte dos radares de navegação operados pelos demais navios que transitam pelo oceano, como uma forma de evitar colisões em alto mar, principalmente à noite ou sob nevoeiro. Este artigo tem por objetivo realizar uma breve apresentação das características desta estrutura, destacando o ganho em eficiência na realização de uma busca a possíveis tripulantes sinistrados, caso este item venha a ser incorporado aos kits de sobrevivência no mar, embarcados nas aeronaves da Força Aérea Brasileira.

Palavras-chaves — *Corner reflector*, detecção, busca e balsa de emergência.

I. INTRODUÇÃO

Devido às características físicas das balsas de emergência contidas nos kits de sobrevivência existentes na maioria das aeronaves civis e militares em operação no Brasil, as missões de busca a sobreviventes de desastres no mar, operacionalizadas pela Força Aérea Brasileira têm o sensor visual, na maioria das vezes, como principal meio de detecção. É sabido, entretanto, que o ideal é atuar com uma combinação de sensores. Desta maneira, a deficiência de um deles pode ser compensada pela excelência do outro em dado momento, minimizando suas limitações intrínsecas e maximizando suas potencialidades. Além do elevado custo de uma operação prolongada, há ainda outro fator muito mais relevante: a relação de compromisso entre a demora na localização das vítimas e sua probabilidade de sobrevivência. Face ao exposto, tornam-se desnecessários maiores comentários acerca da necessidade de se utilizar todos os recursos existentes a bordo das aeronaves envolvidas de modo a abreviar tanto quanto possível o tempo necessário para a localização dos sobreviventes.

Desta forma, sendo possível aumentar de alguma maneira a Seção Reta Radar (RCS) daquelas embarcações, tornar-se-ia factível utilizar o radar embarcado nas aeronaves como mais um sensor a ser empregado, ainda que, à priori, de forma secundária.

II. REFLETORES PASSIVOS

A. Refletor Plano

A possibilidade de aumento da RCS de um alvo a partir da utilização de refletores passivos baseia-se nas especificidades

da reflexão de uma onda plana incidente em corpos condutores. A RCS de qualquer corpo numa dada direção pode ser determinada por (1), onde o valor de “ s_2 ” é igual à razão entre a potência refletida pelo corpo e a densidade de potência da onda eletromagnética incidente no refletor, e “ G ” é o ganho do refletor na direção dada:

$$RCS = s_2 G \quad (1)$$

Para corpos planos o valor de “ s_2 ” é equivalente à área efetiva “ A_r ” de uma dada antena (2):

$$A_r = s_2 = G \lambda^2 / 4\pi \quad (2)$$

Substituindo-se o valor de G de (2) em (1), obtém-se (3):

$$RCS = 4\pi s_2^2 / \lambda^2 \quad (3)$$

Um prato plano idealmente condutor, cujas dimensões sejam muito maiores do que o comprimento de onda, colocado em posição normal à direção de propagação da onda incidente, tem sua RCS expressa por (4), onde s representa a área do prato.

$$RCS = 4\pi s^2 / \lambda^2 \quad (4)$$

Pode-se facilmente verificar que um prato plano de dimensões bem modestas pode apresentar valores consideráveis de RCS. Por exemplo, para um comprimento de onda de 3cm (banda X), um prato quadrado de 0,3m de lado possuiria uma RCS de aproximadamente 113m², sob incidência normal.

Entretanto, a magnitude do retro-espalhamento ocasionado por um prato plano decai rapidamente à medida que o ângulo de incidência varia a partir de 90°, devido ao seu padrão de reflexão bastante estreito.

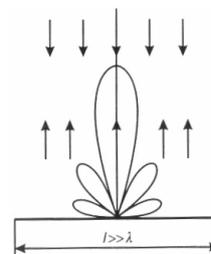


Fig. 1. Padrão de reflexão de um prato plano metálico, com dimensões muito maiores do que o comprimento de onda [1]

B. Corner Reflector

Trata-se de uma estrutura formada por dois ou três planos ortogonais, cuja principal característica é refletir de volta à fonte, a onda incidente. Esta característica se deve ao fato de os ângulos formados entre os raios incidentes e refletidos e a superfície refletora, serem sempre iguais. A RCS deste tipo de estrutura, cuja área projetada é s , também pode ser obtida pela equação do prato plano (4). A diferença é que o *corner reflector* sempre reflete com máximo ganho.

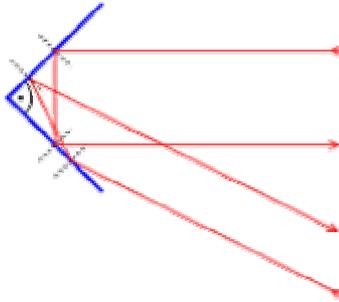


Fig. 2. Retro-reflexão em diferentes ângulos de incidência [4]

As três geometrias mais comuns de *corner reflectors* são as seguintes:

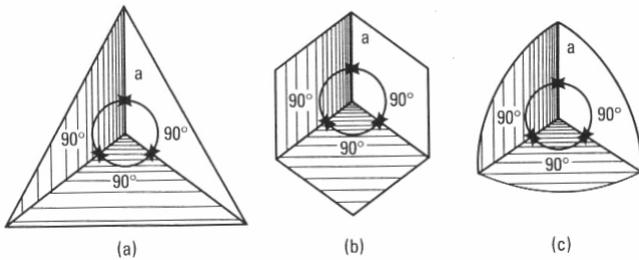


Fig. 3. Refletores: a) triangular, b) retangular e c) circular [1]

A RCS máxima de cada um dos refletores acima pode ser calculada de acordo com (5), (6) e (7), respectivamente, onde a é o tamanho do lado do refletor.

$$RCS_{tri} = 4\pi a^4 / 3\lambda^2 \quad (5)$$

$$RCS_{ret} = 12\pi a^4 / \lambda^2 \quad (6)$$

$$RCS_{circ} = 2\pi a^4 / \lambda^2 \quad (7)$$

A fim de possibilitar uma boa reflexão sob qualquer ângulo de aspecto, usualmente é feito o agrupamento de oito dessas estruturas numa montagem única octaedral.

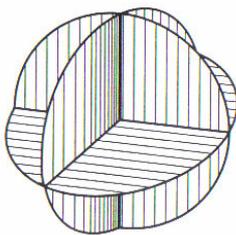


Fig. 4. *Corner reflector* octaedral [1]

III. APLICAÇÃO

A fim de minimizar o risco de acidentes, especialmente em condições de baixa visibilidade, muitas embarcações de pequeno porte, com destaque às construídas a partir de materiais não metálicos, possuem refletores instalados ao longo de sua estrutura. São normalmente posicionados em pontos elevados de modo a aumentar a distância de detecção.



Fig. 5. *Corner reflector* instalado em mastro de embarcação

Algumas bóias de sinalização naval, distribuídas ao longo de baías e portos, além de luzes de presença, possuem *corner reflectors* incorporados à estrutura.



Fig. 6. Bóia de sinalização na Baía de San Diego (EUA). Observam-se os planos metálicos ortogonais próximos ao topo da estrutura [4]

Há ainda uma série de outras aplicações conhecidas para o *corner reflector* fora do ambiente naval. Como exemplo pode-se citar os vários pequenos elementos componentes dos refletores de luz (olhos de gato) presentes em bicicletas e luzes traseiras de automóveis ou as estruturas de *corner reflectors* microscópicas que podem ser incorporadas a tintas refletivas para aumento da visibilidade à noite.

Merece destaque, entretanto, o seu uso por sobreviventes a bordo de balsas de emergência, como uma forma de facilitar a sua detecção pelos navios e aeronaves engajados na busca.



Fig. 7. Balsa de emergência padrão [5]

IV. OBSERVAÇÕES FINAIS

Apesar de um *corner reflector* não ser capaz de aumentar a RCS de um pequeno bote de borracha a ponto de torná-la equivalente à de um grande navio mercante, a possibilidade de sua incorporação ao kit de sobrevivência no mar da FAB deve ser considerada. Além das discorridas propriedades refletivas, outras características intrínsecas como simplicidade, baixo custo e funcionamento independente de alimentação ou manutenção, constituem pontos positivos no seu emprego. Se apenas uma vez, um bote contendo tripulantes à deriva for encontrado devido ao sinal de um tênue, porém persistente *plot*, observado na tela do radar de uma aeronave em missão de busca, a iniciativa já terá sido válida.

REFERÊNCIAS

- [1] VAKIN, Sergei A.; SHUSTOV, Lev N.; DUNWELL, Robert H. *Fundamentals of Electronic Warfare*. Norwood: Artech House, 2001.
- [2] KRAUS, John D.; FLEISCH, Daniel A. *Electromagnetics With Applications*. 5.ed. Singapura: McGraw Hill International Editions, 1999.
- [3] SKOLNIK, Merrill I. *Introduction To Radar Systems*. 3.ed. New York: McGraw Hill International Editions, 2001.
- [4] Corner reflector – Wikipedia, the free encyclopedia. Disponível em: < http://en.wikipedia.org/wiki/Corner_reflector > Acesso em 16nov.2006.
- [5] Lifeboat – Wikipedia, the free encyclopedia. Disponível em: < <http://en.wikipedia.org/wiki/Lifeboat> > Acesso em 16nov.2006.