

Simulador Radar baseado no *software* Blender

Raíssa Brasil Andrade, Rômulo Fernandes da Costa e Renato Machado

Resumo— Este artigo demonstra a validação de alguns conceitos elementares da teoria de radar em um simulador baseado no *software open source* de modelagem 3D Blender. A partir de um cenário 3D simples, pode-se constatar a detecção de alvos, o desvanecimento do sinal radar simulado e características relacionadas à resolução espacial do sistema, conforme previsto em modelo teórico.

Palavras-Chave— SABER, modelagem 3D, equação radar, *path tracing*, *cycles*.

Abstract— This article demonstrates the validation of some elementary concepts of radar theory using a simulator based on the open-source 3D modeling software Blender. From a simply built 3D scene, it is possible to verify target detection, fading of the simulated radar signal, and features related to the system's spatial resolution, as it is provided by the theoretical model.

Keywords— SABER, 3D modeling, radar equation, path tracing, cycles.

I. INTRODUÇÃO

Uma técnica comumente usada em softwares de modelagem 3D é o *path tracing*, que envolve a simulação da trajetória de vários raios de luz para a renderização do cenário desejado. O Blender, um software aberto que emprega essa técnica, é capaz de modelar cenários e objetos tridimensionais constituídos de diferentes materiais a partir de um método de *path tracing* denominado *Cycles*, que permite ao usuário perceber efeitos de reflexão, refração, difração e dispersão a partir da simulação do caminho dos raios de luz, desde de sua origem (fonte luminosa) até o ponto em que está localizado o destino final (câmera).

Tratando a fonte de luz como uma antena emissora e a câmera como uma antena receptora, é possível simular o comportamento de um radar em um cenário construído no Blender. Seguindo o procedimento descrito por [1], as informações de distância e intensidade são codificadas nas componentes RGB dos *frames* renderizados, o quais são analisados em pós-processamento no MATLAB.

Dada a vasta aplicação dos radares nos setores náutico, aeronáutico, espacial, de sensoriamento, de segurança e de defesa [2], percebe-se que o desenvolvimento de um simulador gratuito para essa tecnologia teria grande utilidade por permitir que diferentes cenários e situações possam ser simuladas e avaliadas, principalmente para fins de pesquisa. Destaca-se também a possibilidade de uso do simulador para finalidades didáticas, como a demonstração de propriedades elementares de certos fenômenos eletromagnéticos.

Raíssa Brasil Andrade, Curso de Graduação em Engenharia Eletrônica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos-SP, e-mail: raissaba@ita.br; Rômulo Fernandes da Costa, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Eletrônica, São José dos Campos-SP, e-mail: rfcosta@ita.br; Renato Machado, Departamento de Telecomunicações, São José dos Campos-SP, e-mail: rmachado@ita.br

Esse trabalho faz uma avaliação conceitual do simulador desenvolvido considerando um radar para aplicação em defesa. O cenário avaliado assume a configuração de um radar que opera em banda L, como o radar SABER M60 (Sistema de Acompanhamento de alvos aéreos Baseados em Emissão de Radiofrequência), apresentado na Figura 1. Este foi o primeiro radar com tecnologia 100% nacional e foi desenvolvido em 2006 pelo CTEEx (Centro Tecnológico do Exército) [3].



Fig. 1. Radar SABER M60 do Exército Brasileiro. Fonte: [3].

II. SIMULAÇÃO E RESULTADOS

A Figura 2 mostra o cenário construído no Blender a fim de observar a capacidade de identificação do radar simulado. Foram usados três alvos idênticos, um fixo a uma $d_1 = 300$ m do radar, outro a $d_2 = 330$ m e o terceiro a uma distância variável d_3 .

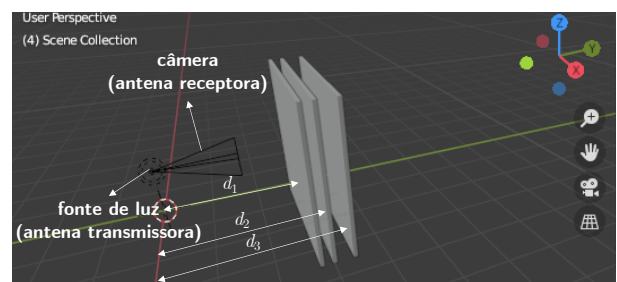


Fig. 2. Cenário considerado no *software* Blender para simulação da transmissão e recepção do sinal radar.

O sinal transmitido foi um *chirp* $s(t)$ com largura de pulso $T = 54 \mu\text{s}$ e banda $B = 4 \text{ MHz}$ [4]. As componentes real e imaginária do *chirp* estão apresentadas na Figura 3. O sinal recebido no receptor radar, após sofrer os efeitos simulados pelo *Cycles*, passa por um filtro casado. Assim, pode-se extrair informação útil do sinal, conforme apresentado na Figura 4.

Sabe-se que a resolução em *range*, δr , do radar pode ser obtida por:

$$\delta r = \frac{c}{2B}, \quad (1)$$

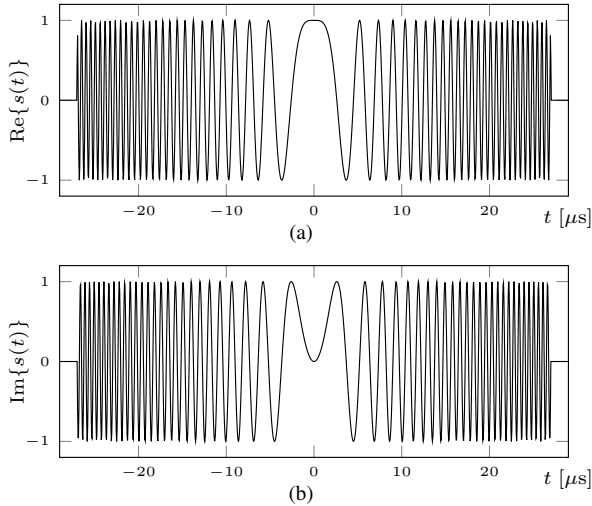


Fig. 3. Componentes real (a) e imaginária (b), respectivamente, do sinal *chirp* considerado no transmissor e no filtro casado.

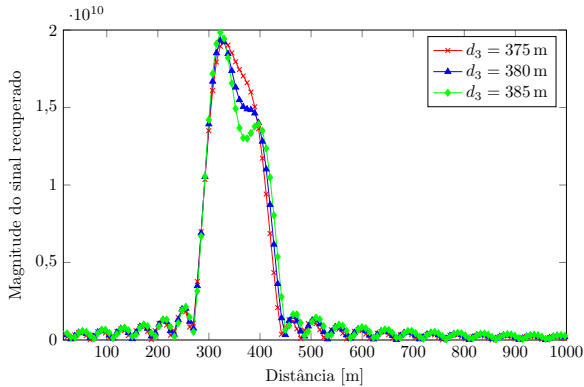


Fig. 4. Sinal na saída do filtro casado, como resultado da convolução do sinal recebido com o sinal *chirp*.

em que $c = 3 \times 10^8$ m/s é a velocidade da luz, o que resulta em $\delta r = 37,5$ m. Espera-se, portanto, que os dois alvos mais próximos do radar sejam indistinguíveis e o terceiro alvo só seja identificável para $d_3 > 367,5$ m. A Figura 4 mostra, no entanto, que isso ocorre de forma gradual, com o terceiro alvo se tornando mais perceptível com uma separação de 50 m do segundo ($d_3 = 380$ m). Apesar de a resolução obtida não coincidir exatamente com aquela fornecida por (1), ela evidencia um comportamento semelhante àquele previsto pela teoria, não só por ter a mesma ordem de grandeza que o valor teórico, mas também pelo surgimento gradual do segundo ponto de máximo relacionado ao terceiro alvo.

Montando sucessivos cenários com um único objeto e variando apenas a distância dele em relação ao conjunto transceptor, pode-se analisar o decaimento da amplitude do sinal que interage com o alvo à medida que este se afasta do radar. Para cada posição do alvo, obteve-se o valor dessa grandeza e conjunto de medidas foi apresentado em um gráfico em função da distância.

Usando a ferramenta `cftool` do MATLAB, chegou-se curva em preto mostrada na Figura 5, que corresponde a um

sinal com amplitude proporcional ao inverso do quadrado da distância, indicando a coerência do simulador com o modelo de perdas teórico considerado.

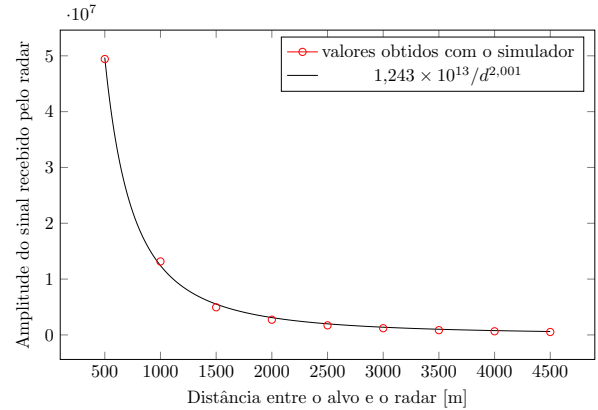


Fig. 5. Amplitude do sinal recebido pelo radar em função de sua distância em relação ao alvo.

III. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostram que o comportamento do simulador, no que diz respeito à identificação de alvos estacionários, ambiguidade e perda de potência, está alinhado com o que é previsto na teoria. Isso significa que pode-se usar as informações obtidas da renderização do cenário no Blender para a reconstrução do sinal do radar e simulação de seu comportamento. Assim, espera-se que, até o final desse projeto, objetos com geometrias mais complexas possam ser inseridos no simulador, permitindo a simulação e avaliação de cenários mais próximos ao que se observa no mundo real. A partir desse estágio, poder-se-á vislumbrar possíveis adaptações do simulador, de acordo com as especificidades do setor de aplicação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e ao LAB-GE (Laboratório de Guerra Eletrônica), do ITA, pelo apoio financeiro e institucional, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- [1] R. F. Costa, D. S. Medeiros, R. B. Andrade, O. Saotome, R. Machado, "Aplicação de Simulador Radar Baseado em Blender Cycles em Vigilância de Espaço Aéreo", *XXII Simpósio de Aplicações Operacionais em Áreas de Defesa*, pp. 11 – 26, 2020.
- [2] M. Skolnik, *Introduction to Radar Systems*, 3a. ed. Nova Iorque: McGraw-Hill Education, 2001.
- [3] J. A. N. Silva, B.S. Pompeo, V. A. F. S. Rita, B. S. Carvalho, "Uma visão geral sobre os radares desenvolvidos pelo Exército Brasileiro", *Cadernos CPqD Tecnologia*, vol. 10, número especial, pp. 27 – 40, 2014.
- [4] Z. Sawicki, "Coherent multiple-frequency chirp exciter for L band radars". *15th International Conference on Microwaves, Radar and Wireless Communications*, pp. 129 – 132, 2004.
- [5] B. R. Mahfza, *Radar Systems Analysis and Design Using MATLAB*. Huntsville: Chapman & Hall, 2000.