

# Caracterização em Voo de Sistemas de Detecção Passiva

Leandro Geraldo da Costa, Felix Dieter Antreich  
 Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) – Departamento de Telecomunicações

**Resumo** — Sistemas de detecção passiva que empregam a técnica de comparação de amplitude de sinal apresentam baixa acurácia nas medições de *Direction-of-Arrival* (DOA), se comparados com aqueles que empregam as técnicas de análise de tempo de chegada e de diferença de fase. Essa deficiência pode ser agravada quando tais sistemas não são caracterizados após a instalação, permanecendo sujeitos ao desbalanceamento permanente entre os canais. A proposta é compensar os erros de medições desses sistemas com base em dados coletados em voos de teste. Os resultados obtidos por meio da compensação das medições de DOA ao erro médio e da seleção de *Line-Of-Bearings* (LOBs) que proporcionam maior concentração da amostra, conforme fundamentação teórica apresentada por Costa (2018), revelam melhora significativa na construção das elipses de probabilidade.

## I. INTRODUÇÃO

A despeito de qualquer informação privilegiada acerca da área provável de localização de um radar de interesse, o sucesso de uma missão de Reconhecimento Eletrônico ainda continuará fortemente dependente do grau de adestramento da tripulação, sobretudo do Coordenador Tático da Missão e dos Operadores dos sistemas de detecção passiva embarcados e das estações terrestres de processamento de dados.

O contexto tático-operacional vigente bem como as características técnicas desses sistemas embarcados podem, naturalmente, restringir o voo em áreas e rotas desfavoráveis ao procedimento de coleta de sinais. Assim, a detecção do sinal de interesse dependerá de um planejamento adequado do perfil de voo a ser realizado, com a definição da geometria de voo, da altitude e velocidade a ser empregada durante a coleta de dados.

Além disso, deve-se ressaltar que sistemas de detecção passiva que empregam a técnica de comparação de amplitude de sinal entre antenas não rotativas possuem baixa acurácia nas medições de *Direction-of-Arrival* (DOA), se comparados com outras técnicas existentes, como análise do tempo de chegada e avaliação da diferença de fase do sinal [1]. Ou seja, operar tais equipamentos requer conhecimento das limitações e capacidades inerentes à técnica de comparação de amplitude de sinal.

Essa deficiência inerente à técnica agrava-se consideravelmente quando a caracterização e o balanceamento dos canais de detecção ocorrem apenas em relação aos dados obtidos em ensaios em câmaras anecoicas, antes da integração do sistema à plataforma. Quando isso ocorre, tais sistemas tornam-se sujeitos ao desbalanceamento permanente entre os canais de detecção em decorrência dos erros associados ao processo de integração à plataforma.

## II. PROPOSTA

Demonstrar a viabilidade de se realizar a caracterização em voo, a posteriori, de sistemas de detecção passiva que estimam o DOA por meio da técnica de comparação de amplitude de sinal, com antenas não rotativas, corrigindo o erro das medições à média, independentemente do setor de detecção da aeronave. Para tanto, deve-se primeiramente considerar o sistema de referência apresentado na Figura 1.

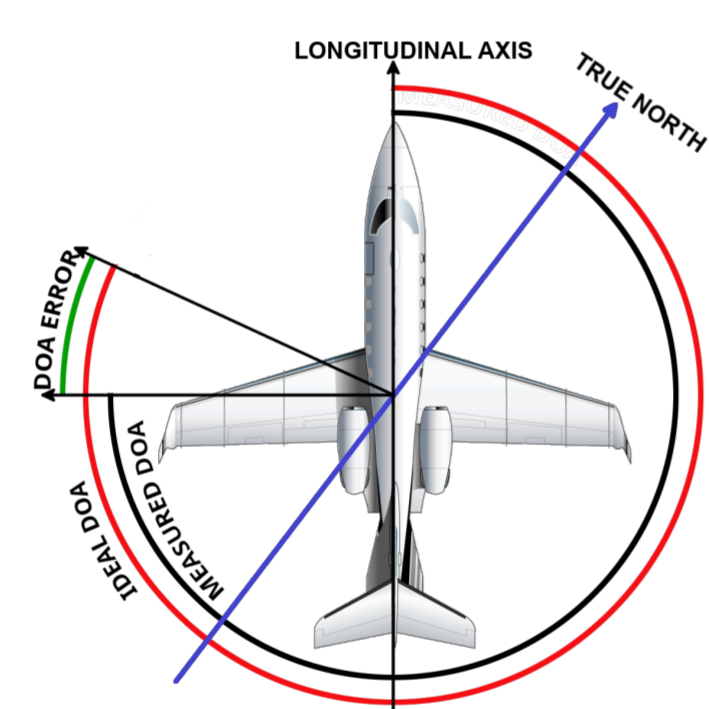


Figura 1 - Sistema de Orientação.

Em segundo lugar, deve-se considerar o desenvolvimento do software CALCULADOA, apresentado na Figura 2, que viabiliza a estimação e uso de arquivo de calibração de DOA, com base nos padrões de erros observados em cenários específicos de detecção em voo, conforme Figuras 3, 4 e 5. O mapeamento desses erros assim como a identificação de padrões possíveis de serem corrigidos ao erro médio podem ser observados nas Figuras 6, 7 e 8.

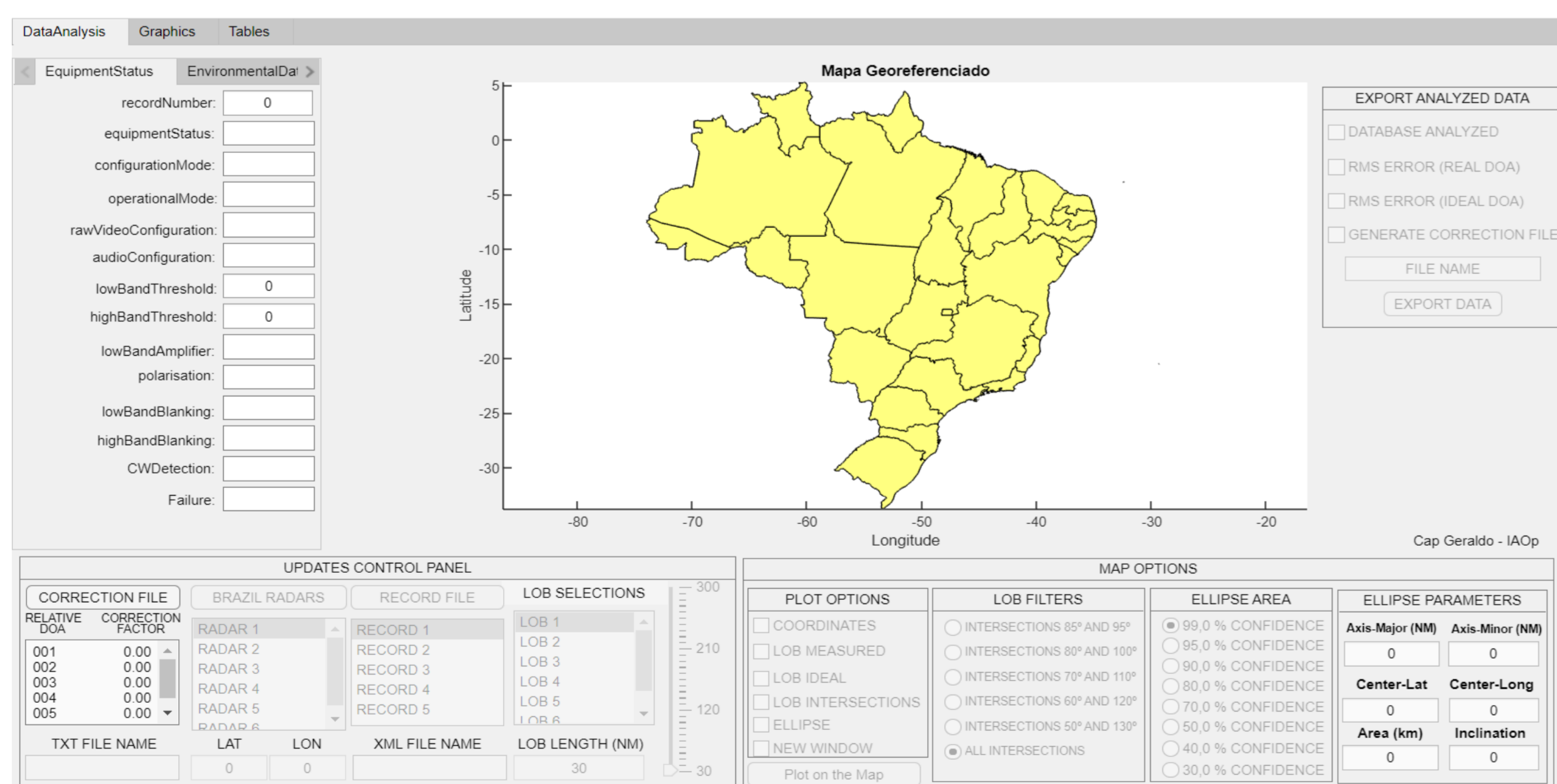


Figura 2 - Aplicativo de Análise, Correção e Processamento de detecções eletromagnéticas.



Figura 3 – Voo de Caracterização nº 1.

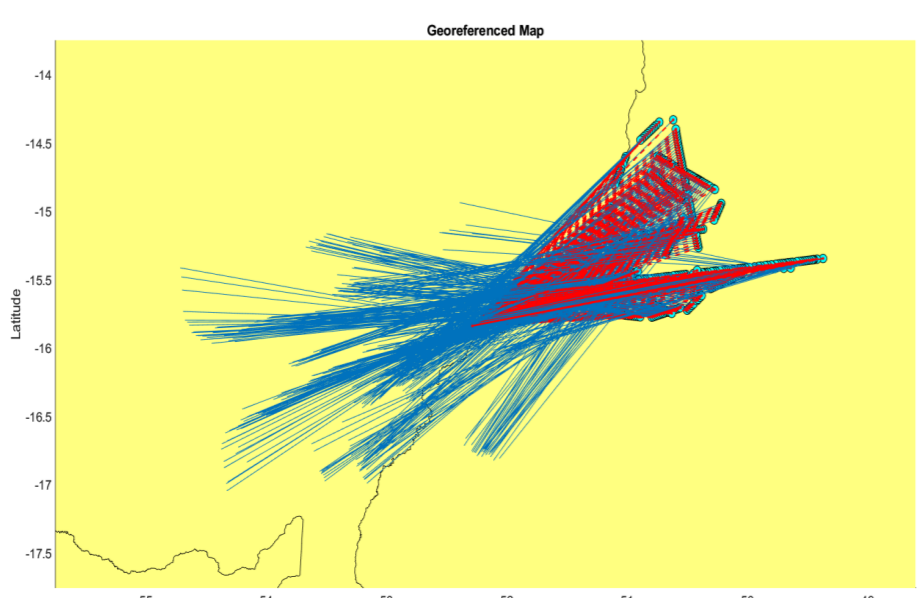


Figura 4 – Voo de Caracterização nº 2.

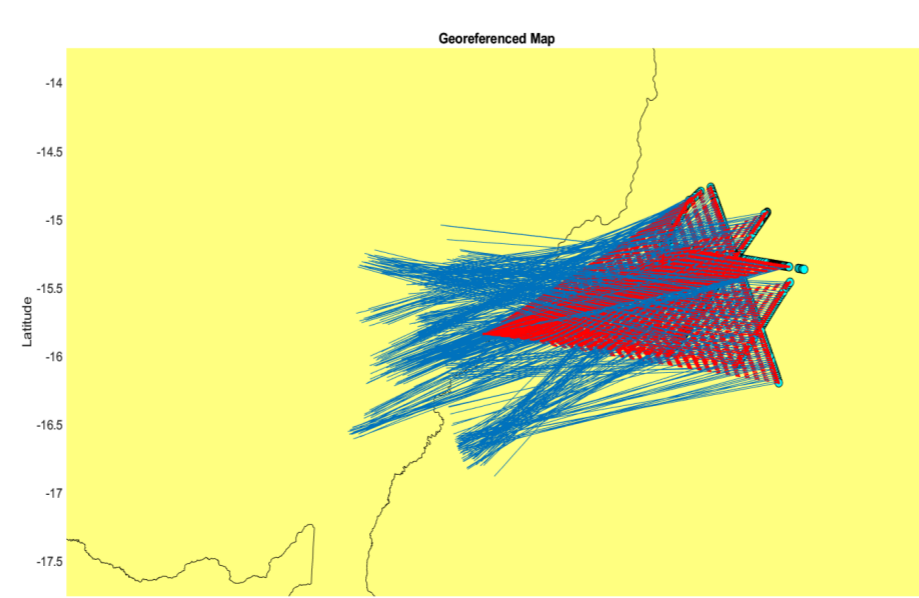


Figura 5 – Voo de Caracterização nº 3.

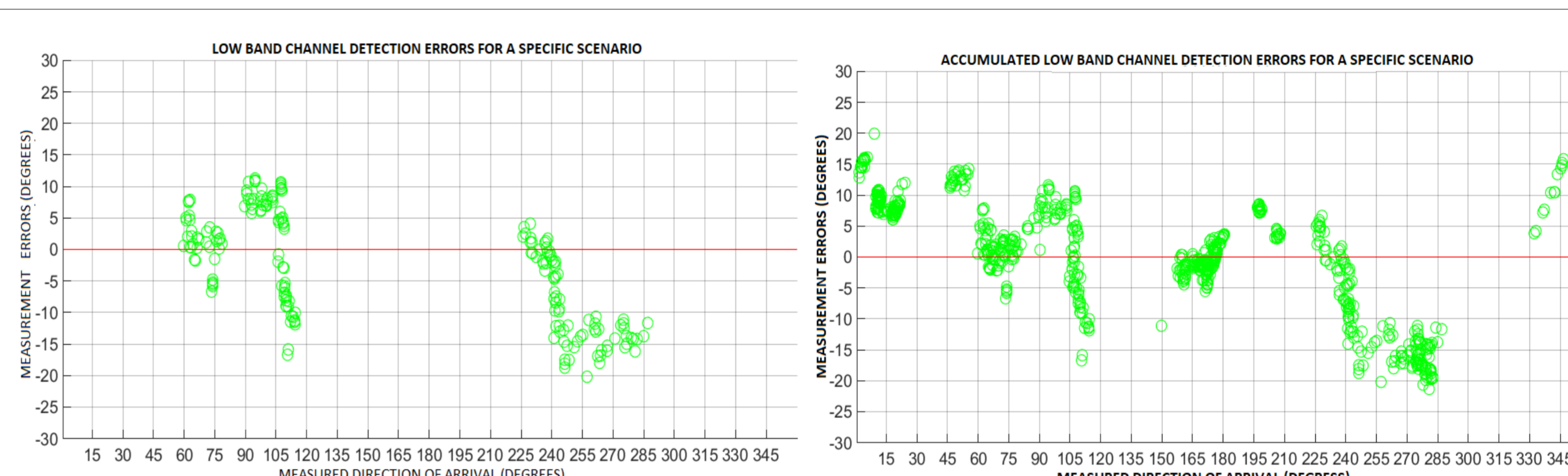


Figura 6 – Erro obtido no voo de caracterização nº 1.

Figura 7 – Erro acumulado (voos nº 1 e nº 2).

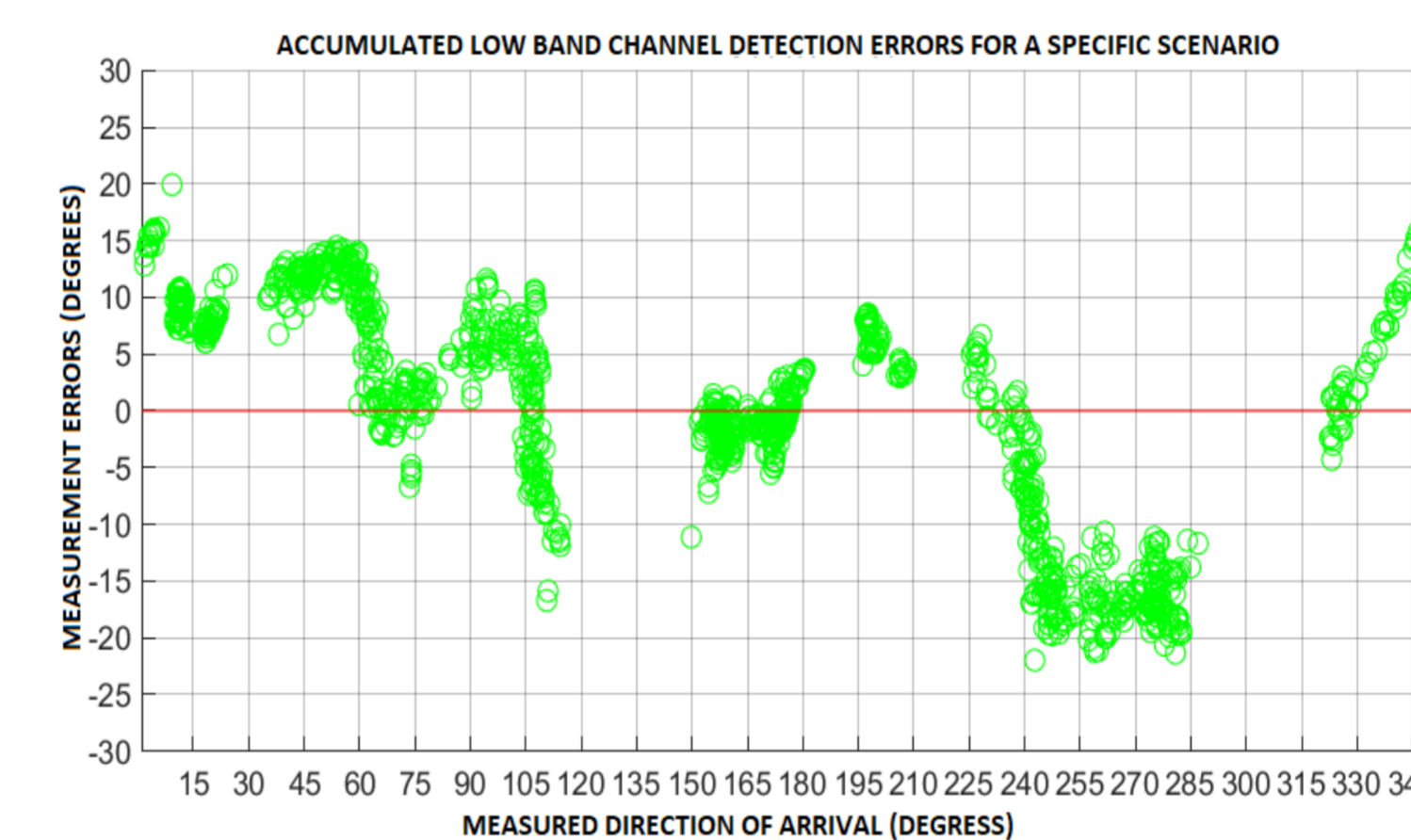


Figura 8 – Erro acumulado (voos nº 1, nº 2 e nº 3).

## III. RESULTADOS

Os padrões de erro observados nos três voos de teste em determinado contexto operacional permitiram o desenvolvimento do software CALCULADOA, que apresenta diversas funcionalidades para corrigir os DOA's, otimizar o processo de análise de sinais e a triangulação de *Line-of-Bearings* (LOB's). Assim, as Figuras 9 a 13 revelam o emprego do referido software e os resultados obtidos.

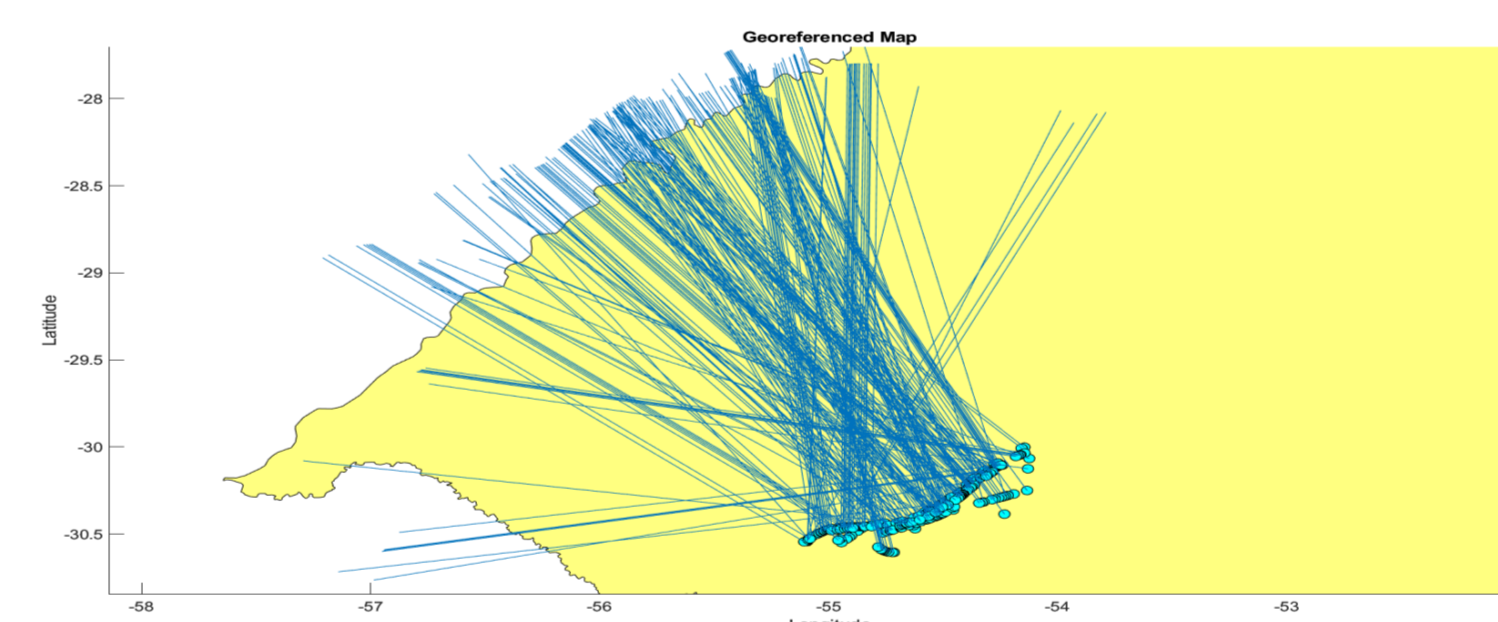


Figura 9 – 222 LOB's coletados.

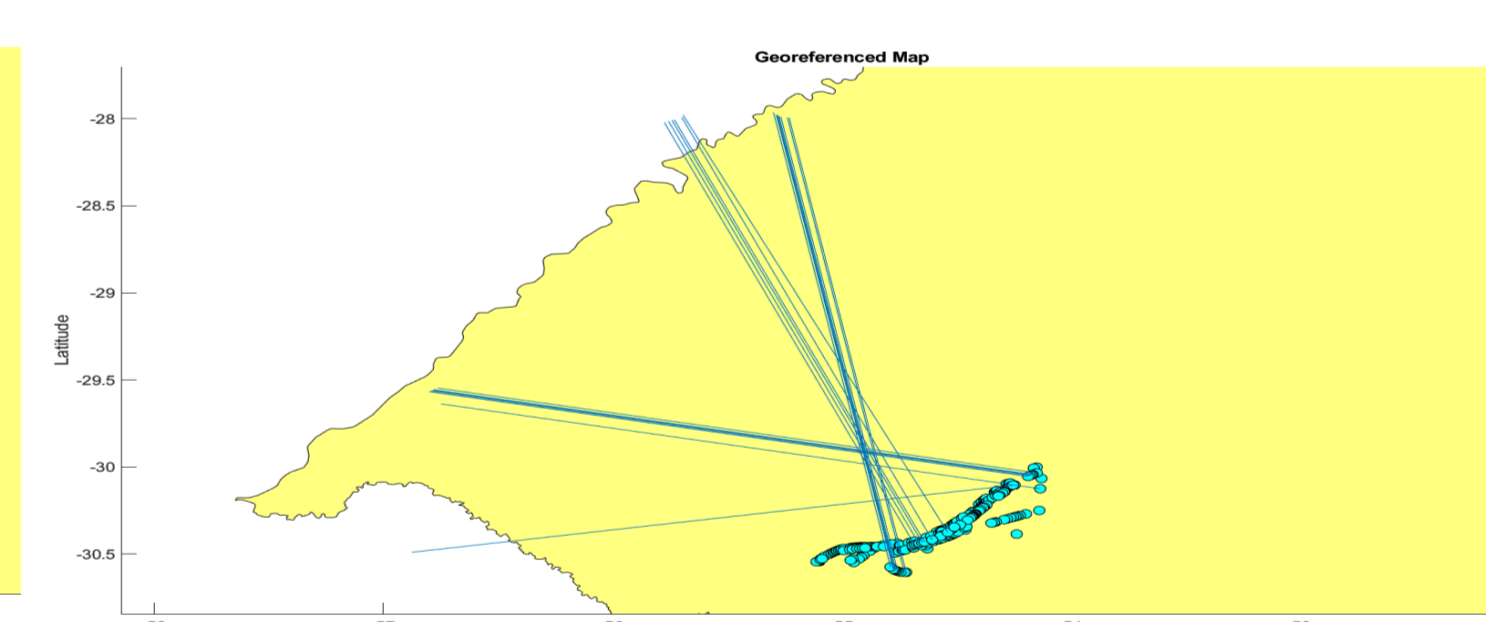


Figura 10 – 23 LOB's selecionados pelo aplicativo.

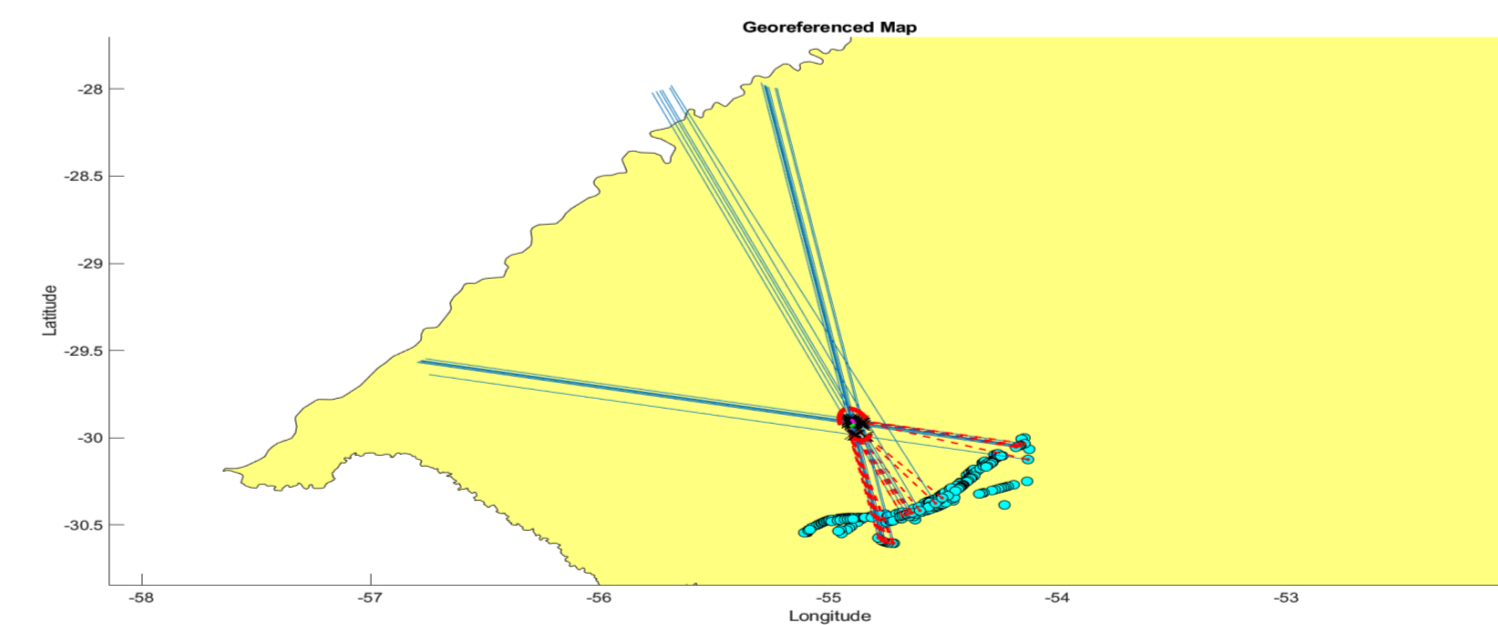


Figura 11 – Remoção de Outlier e Aplicação de técnica de triangulação.

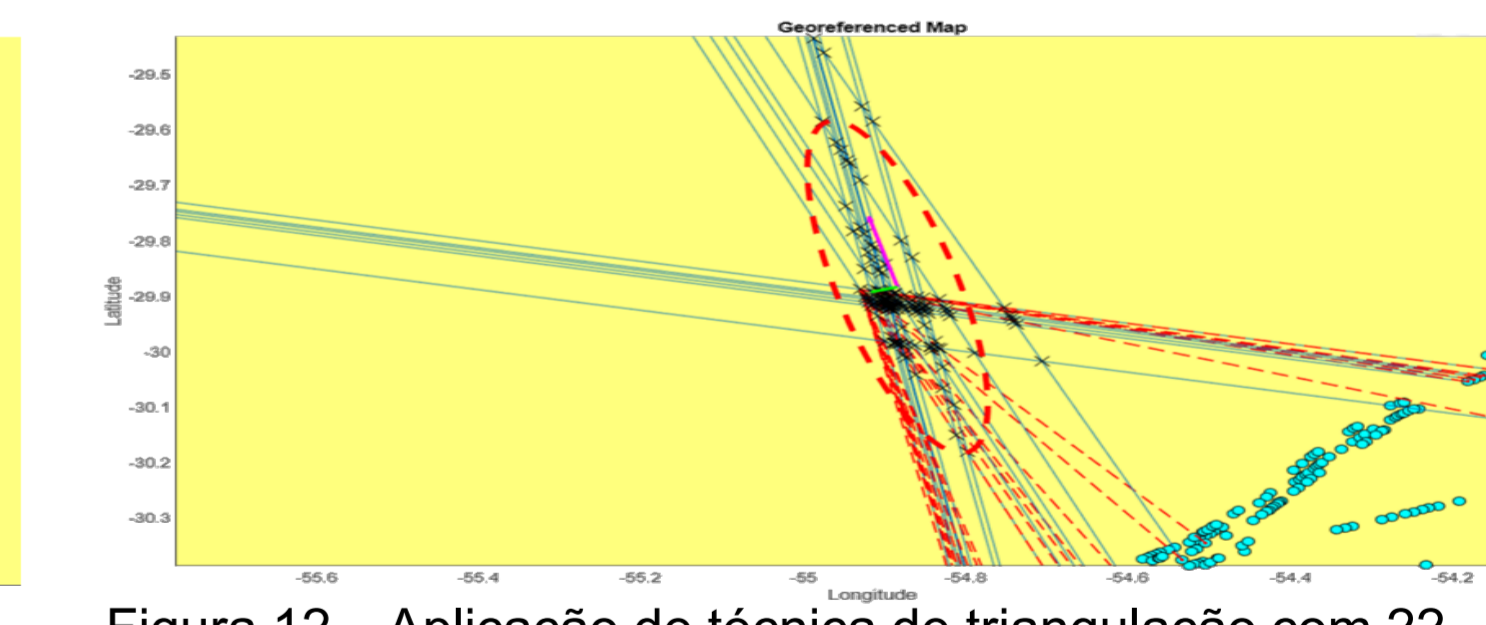


Figura 12 – Aplicação de técnica de triangulação com 22 LOB's e 90% de confiança.

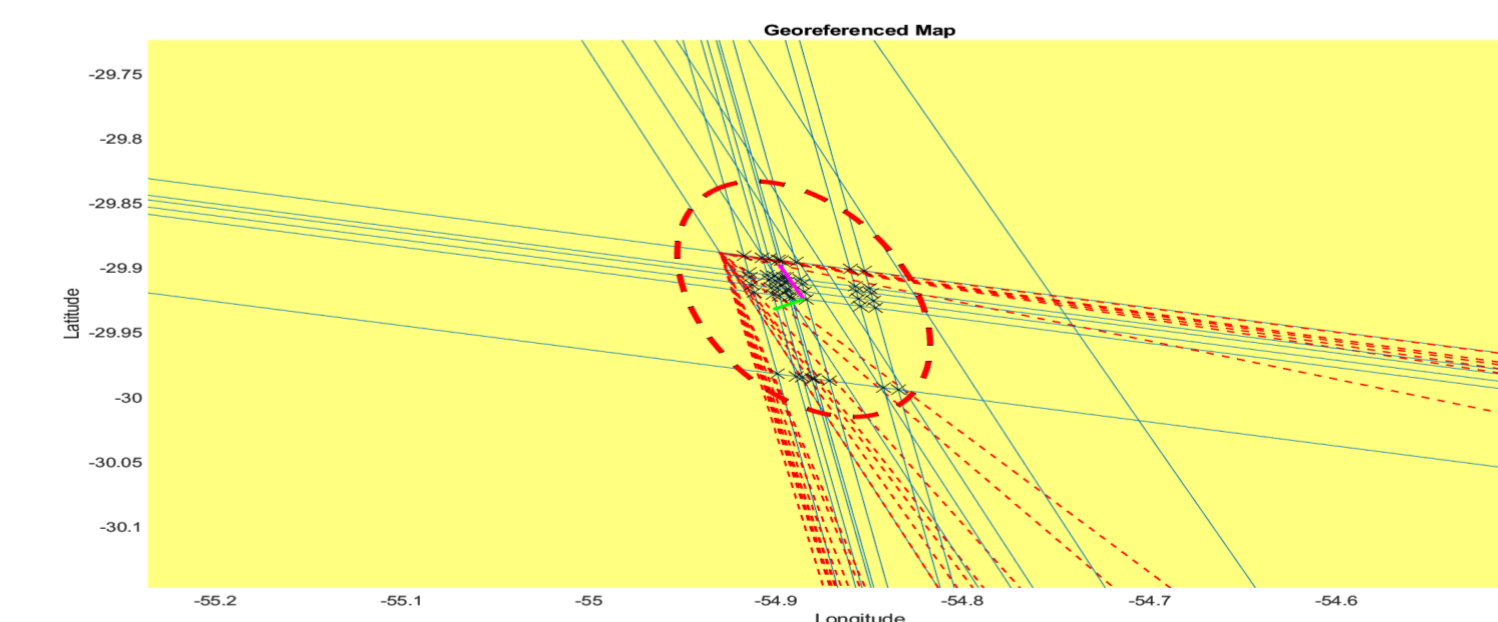


Figura 13 – Aplicação de técnica de triangulação com LOB's com interações entre 60 a 120° e confiança de 99%.

## IV. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com auxílio do software CALCULADOA e fundamentação teórica construída por Costa (2018) revelam a importância de se realizar a caracterização em voo de sistemas de detecção passiva que operam por comparação de amplitude de sinal entre antenas não rotativas, haja vista a melhora significativa na construção das elipses de probabilidade obtidas com a proposta apresentada.

## REFERÊNCIAS

1. F. Neri, "Introduction to Electronic Defense Systems", 2<sup>nd</sup> ed. Boston. Artech House, Inc., 2001, p. 529–551 .
2. L. G. Costa, "Metodologia para Avaliação da Acurácia das Medições de DOA", 2018. 176f Trabalho de Conclusão de Curso (CEAAE) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2018.