Aplicação de Técnicas de *Business Intelligence Offline* como Ferramenta para Análise de Padrões de Comunicações em Guerra Eletrônica

Cleber A. P. dos Santos[1], Thiago da Silva Klaus[2], Felipe S. Ivo[1], Valéria C. M. N. Leite[1], Lucio P. Amaro[1] e Renato Machado[1].

[1]Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA / [2]Centro de Instrução de Guerra Eletrônica - CIGE

Este trabalho propõe a aplicação de técnicas de *Business Intelligence Offline* (BIO) como ferramenta de apoio à análise de padrões de comunicações em Guerra Eletrônica (GE). Com esse objetivo, a pesquisa avalia o emprego do software *Microsoft Power BI,* considerando um ambiente computacional estritamente *offline,* caracterizado pela ausência de conexão ativa com redes externas. Essa abordagem considera ainda o processamento de um grande volume de metadados provenientes de interceptações do espectro eletromagnético, empregando BIO para análise do conteúdo e tráfego das mensagens, localização dos emissores e receptores nos cenários operacionais, além da identificação de padrões e técnicas de comunicação utilizados durante a troca de informações. Como demonstração de conceito, foi analisado um cenário hipotético de comunicações concorrentes, baseado em sinais VHF/UHF de redes não cooperativas, utilizando dados simulados no Campo de Instrução da Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN). Os resultados indicam que as técnicas de *BIO* podem contribuir para a redução do tempo de triagem do analista de GE, apoiar a identificação de padrões de comunicação e ampliar a consciência situacional no ambiente operacional.

I. INTRODUÇÃO

• O emprego de sensores de Medidas de Apoio de Guerra Eletrônica (MAGE) na área de comunicações caracteriza-se pela geração de um grande volume de informações, cuja análise demanda elevado esforço e tempo por parte de especialistas em Guerra Eletrônica (GE). Essa demanda pode impactar a celeridade do processo decisório, o tempo de resposta operacional e a obtenção da consciência situacional no ambiente operacional.

• Por outro lado, técnicas de *Business Intelligence Offline* (BIO) podem ser empregadas como ferramentas de apoio à otimização dos processos de análise, possibilitando o tratamento e a visualização de informações relacionadas ao conteúdo e tráfego das mensagens, à localização dos emissores e receptores nos cenários operacionais, bem como à identificação de padrões e técnicas de comunicação empregados durante a troca de informações.

• **Objetivo:** investigar a aplicação de técnicas de BIO, por meio do software Microsoft Power BI, como ferramenta de apoio à análise em GE, verificando sua capacidade em identificação de padrões de comunicação, características de tráfego, localização eletrônica de emissores e receptores em um ambiente operacional simulado.

II. *BUSINESS INTELLIGENCE OFFLINE*

• ***Business Intelligence Offline*** refere-se ao conjunto de técnicas e tecnologias destinadas à coleta, processamento, análise e apresentação de informações estratégicas sem a necessidade de conexão contínua com sistemas corporativos ou fontes de dados em tempo real. Essas abordagens geralmente envolvem mecanismos de Extração, Transformação e Carga de dados (ETL, do inglês *Extract, Transform, Load*), permitindo a consolidação das informações em bases locais isoladas ou ambientes controlados. Além disso, técnicas de BIO podem priorizar a utilização de estruturas de dados unificadas, como tabelas consolidadas ou repositórios analíticos simplificados, com o objetivo de otimizar o desempenho das consultas, reduzir a complexidade de processamento e acelerar a geração de informações para apoio à tomada de decisão. Essa abordagem torna-se particularmente relevante em ambientes táticos e operacionais que possuem restrições de conectividade, segurança da informação ou limitações de acesso a sistemas corporativos.

• **Implementação de *Business Intelligence Offline*:** o ower BI é uma ferramenta de *Business Intelligence* (BI) desenvolvida pela Microsoft para coletar, transformar, modelar e analisar dados, permitindo a criação de relatórios e dashboards interativos para suporte à tomada de decisão. A ferramenta possibilita a integração de diferentes fontes de dados, como arquivos, bancos de dados e tabelas, realizando etapas de preparação e tratamento das informações. Na implementação de BIO, o Power BI opera em ambiente local, utilizando bases de dados armazenadas no próprio equipamento ou em repositórios controlados. O processo consiste em importar os dados, realizar a transformação e consolidação das informações, aplicar modelos analíticos e gerar dashboards que podem ser utilizados sem conexão contínua com sistemas externos.

III. APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE BIO EM UM CENÁRIO DE GE PARA COMUNICAÇÕES

• Foram aplicadas técnicas de BIO em um cenário tático simulado de GE para comunicações no Campo de Instrução da AMAN, representando a interceptação de oito emissores não cooperativos — cujos indicativos táticos de rádio simulados foram designados de CHARLIE-02 a YANKEE-09 — operando com assinaturas técnicas de transceptores portáteis. Os metadados brutos gerados pelas três unidades interceptadoras MAGE (01, 02 e 03) foram exportados localmente e consolidados em uma matriz unificada de 31 atributos (*flat table*), a qual foi repassada e carregada via arquivo estruturado diretamente no Microsoft Power BI Desktop. O conjunto de dados contemplou transmissões entre 115 MHz e 137,5 MHz, com modulação FM e largura de banda de 25 kHz. A análise foi realizada com o software em ambiente 100% local, considerando a integração, a modelagem e a visualização dos dados. Foram correlacionadas informações de conteúdo das mensagens, padrões de tráfego e características técnicas dos sinais, além da representação espacial de azimutes de *Direction Finding* (DF) e coordenadas estimadas dos emissores. A solução permitiu transformar dados brutos de interceptação em indicadores analíticos, apoiando a identificação de padrões e a compreensão da estrutura das redes de comunicações.

IV. RESULTADOS

• Os resultados obtidos são apresentados de forma integrada a partir das etapas de análise implementadas no Microsoft Power BI Desktop.

• A Fig. 1 detalha o módulo de triagem e busca indexada do conteúdo textual das mensagens interceptadas, permitindo a classificação temática das comunicações. Na Fig. 2, apresenta-se a análise de tráfego, evidenciando o comportamento volumétrico e a dinâmica de transmissão dos alvos. A Fig. 3 exibe a caracterização dos parâmetros técnicos dos sinais (frequência, modulação e largura de banda). Na Fig. 4, apresentam-se as informações de azimute e a localização eletrônica (Loc Elt), identificando a limitação técnica de conectividade para renderização do mapa de fundo nativo. Por fim, a Fig. 5 ilustra o dashboard final integrado, no qual os quatro círculos azuis destacados no mapa indicam as áreas de localização eletrônica estimada dos emissores interceptados, consolidando a visão holística para apoio à tomada de decisão de comando.

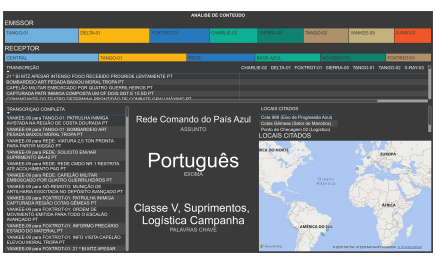


Figura 1 – Painel de Análise Conteúdo.

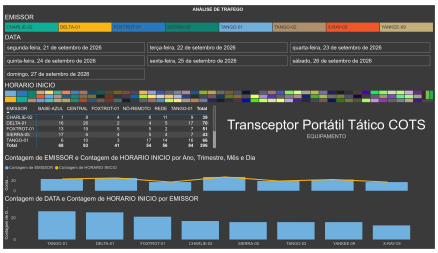


Figura 2 – Painel de Análise de Tráfego.

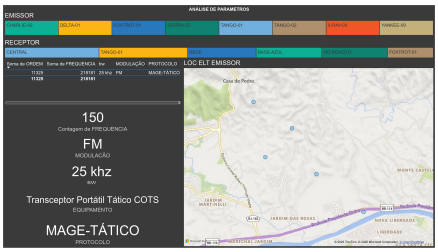


Figura 3 – Painel de Análise de Parâmetros Técnicos.

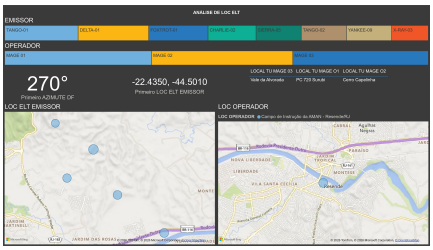


Figura 4 – Painel de Análise de Localização Eletrônica.

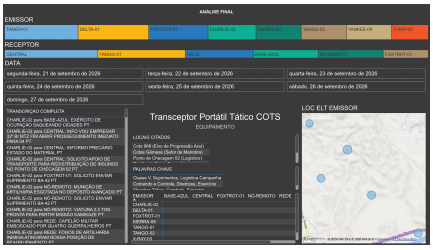


Figura 5 - Dashboard Final Integrado da Ferramenta de Análise de Guerra Eletrônica.

V. CONCLUSÃO

• Este trabalho demonstrou que a técnica de BIO, implementada por meio do Microsoft Power BI, pode ser uma ferramenta de apoio à análise de padrões de comunicações em Guerra Eletrônica.

• A solução avaliada revelou-se eficaz na identificação de padrões de comunicação, características de tráfego, localização eletrônica de emissores e receptores em um ambiente operacional simulado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro de Instrução de Guerra Eletrônica do Exército Brasileiro (CIGE) pelo apoio institucional e técnico prestado ao desenvolvimento deste trabalho, incluindo a disponibilização de infraestrutura e suporte para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. EXÉRCITO BRASILEIRO. **EB70-MC-10.201 - Manual de Campanha de Guerra Eletrônica**. Brasília: Comando de Operações Terrestres, 2021.

2. MICROSOFT CORPORATION. **Microsoft Power BI Desktop Documentation**: Implantação e segurança em infraestruturas isoladas (*air-gapped*). Microsoft COTS, 2025.

3. SANTOS, C. A. P. et al. **Emprego do software Power BI como IA de Business Intelligence para a busca de padrões e tendências na análise de dados estruturados**. Documento técnico/acadêmico, CIGE, Nov. 2024