

O EMPREGO DO RÁDIO DEFINIDO POR SOFTWARE COMO EQUIPAMENTO DE MEDIDA DE APOIO À GUERRA ELETRÔNICA DE BAIXO CUSTO: UMA PROPOSTA DE ESTUDO DE VIABILIDADE EM GRANDES CENTROS URBANOS

Cap Com Luiz Antonio Ramos de Paula
Cap QEM Nina Machado Figueira

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo analisar a contribuição do emprego do Rádio Definido por Software (RDS) na área de Guerra Eletrônica (GE), além de apresentar uma proposta de medidas que visem a uma estrutura permanente de receptores de Medidas de Apoio a Guerra Eletrônica (MAGE) em um grande centro urbano. Devido ao repetitivo emprego em situações reais do 1º Batalhão de Guerra Eletrônica (1º BGE) na cidade do Rio de Janeiro durante os últimos 10 anos, essa localidade foi selecionada para a aplicação da pesquisa. Para chegar a esse objetivo, foram realizados levantamentos e análises no sentido de entender as diferenças entre um receptor RDS e um receptor convencional, o que afirma a doutrina vigente de GE nacional e internacional e de que forma um RDS poderia ser empregado como receptor MAGE. Além disso, todo o estudo foi orientado na utilização lógica da estrutura de rede de Tecnologia da Informação e Comunicações (TIC) do Exército Brasileiro (EB) já disponibilizada por meio da Internet do EB (EBnet) na cidade do Rio de Janeiro. Essa rede seria a espinha dorsal de uma estrutura permanente de GE na cidade. A resposta ao problema é apresentada por meio das Normas para Elaboração, Gerenciamento e Acompanhamento de Projetos do EB, a NEGAPEB. Sendo assim, ao fim da pesquisa, apresentam-se os resultados iniciais de um estudo de viabilidade para um projeto de uma estrutura de MAGE de baixo custo permanen-

te na cidade do Rio de Janeiro. Entretanto, os resultados baseados nessa cidade poderão ser replicados para qualquer outro centro urbano. Sendo, portanto, de alta relevância para as iniciativas de Transformação do EB e nesse sentido, que seus resultados alcançados sejam instrumentos indutores dessa transformação.

Palavras-chave: *Baixo custo. Guerra Eletrônica (GE). Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica (MAGE). NEGAPEB. Rádio definidos por Software (RDS).*

ABSTRACT

The present work aims to analyze the contribution of the use of Software Defined Radio (SDR) in the Electronic Warfare (EW) area, in addition to presenting a proposal for measures aimed at a permanent structure of Electronic Warfare Support measures (ES) in a large urban center. Due to the repetitive use in real situations of the 1st Electronic War Battalion (1st BGE) in the city of Rio de Janeiro during the last 10 years, this location was selected for the application of there search. To reach this objective, surveys and analyzes were carried out in order to understand the differences between an RDS receiver and a conventional receiver, which affirms the current national and international GE doctrine and how an RDS could be used as a MAGE receiver. In addi-



tion, the entire study was guided in the logical use of the Brazilian Army (EB) Information and Communications Technology (ICT) network structure already made available through the EB Internet (EBnet) in the city of Rio de Janeiro. This network would be the backbone of a permanent GE structure in the city. The answer to the problem is presented through the Standards for the Preparation, Management and Monitoring of EB Projects, NEGAPEB. Therefore, at the end of the research, the initial results of a Feasibility Study for a project of a low-cost permanent MAGE structure in the city of Rio de Janeiro are presented. However, results based on that city may be replicated for any other urban center. Therefore, being of high relevance for the EB Transformation initiatives and in this sense, that its results are instruments that induce this transformation.

Keywords: *Electronic Warfare (EW). Electronic Warfare support (ES). Low cost. NEGAPEB. Software Defined Radio (SDR).*

1 INTRODUÇÃO

O percurso tecnológico das comunicações é marcado pelo uso das técnicas de transmissão digital em detrimento dos mecanismos de transmissão analógica. Conforme verificado por Salehi e Proaski (2007), o resultado desse processo faz com que até mesmo informações que são geradas analogicamente sejam digitalizadas, comprimidas e transmitidas por meio de técnicas de modulação digital. Dessa forma, seria um erro não atribuir essa premissa também no tocante às comunicações militares, especificamente a Arma de Comunicações do Exército Brasileiro (EB), que, por exemplo, se utiliza desses mecanismos de transmissão digital para criptografar suas transmissões. Atualmente, estamos diante de um novo paradigma

que, igualmente ao marco digital, vem mudando os rumos das comunicações, o emprego de Rádios Definidos por Software (RDS).

Os primeiros estudos divulgados sobre RDS remontam o início da década de 1990. Nesse contexto, Mitola (1993) definiu o termo como uma classe de rádios que poderia ser reprogramado e reconfigurado através de software. Com isso, Mitola (1993) imaginou um RDS ideal, em que os únicos componentes físicos de um receptor seriam uma antena e um conversor analógico digital, para todas as demais funções haveria manipulações por processadores programáveis em nível de software. Daquela época até os dias de hoje, fica claro que o uso de RDS já é mundialmente uma realidade civil e militar tanto por suas aplicações quanto por seu custo reduzido. Uma das diferentes áreas das Comunicações que poderiam se beneficiar desses resultados recentes dos RDS é sem dúvida a Guerra Eletrônica.

A Capacidade Operacional (CO) de Guerra Eletrônica tem sua origem e percurso tecnológico análogo ao das Comunicações. Essa CO está baseada conforme a Doutrina militar em três ramos distintos, a saber: Medidas de Ataque Eletrônico (MAE), Medidas de Proteção Eletrônica (MPE) e Medidas de Apoio de Guerra Eletrônica (MAGE). As MAGE, especificamente, possuem como objetivo a obtenção e análise de dados provenientes de emissões eletromagnéticas de interesse e são fundamentais para produção de inteligência nas operações (BRASIL, 2019). Nos dias de hoje, todos os receptores MAGE empregados pelo 1º Batalhão de Guerra Eletrônica (1º BGE), Organização Militar que realiza GE tática, são de origem estrangeira e adquiridos por altos valores monetários, sejam eles frutos de alta sofisticação ou oriundos por variações cambiais.

Durante a última década, o 1º BGE atuou em diversas operações de grande vulto, como pode-se destacar as Operações no Complexo do Alemão e Penha, a Copa das Confederações e a Jornada Mundial da Juventude em 2013, as Operações no Complexo da Maré, a Copa do

Mundo de 2014 e os Jogos Olímpicos e Paralímpicos em 2016. Todos os eventos apontados possuem um elemento em comum muito claro, ocorreram em grandes centros urbanos e mais especificamente na cidade do Rio de Janeiro.

1.1 Problema

Os últimos empregos do 1ºBGE evidenciam uma tendência já observada pelo EB, a urbanização dos conflitos. Nesse contexto, segundo Mendonça (2013, p. 24) “A não linearidade e a multidimensionalidade, acrescidos de direito humanitário, presença da mídia e batalha de informações indicam a necessidade de velocidade de decisão, adaptabilidade, suporte eficiente de comando e controle, além de tropas bem equipadas”. A própria Doutrina Militar Terrestre mostra que “os conflitos atuais tendem a ser limitados, não declarados, convencionais ou não, e de duração imprevisível, e as ameaças são cada vez mais fluidas e difusas” (BRASIL, 2014). Por essa razão, é muito importante e proveniente se considerar as peculiaridades desse contexto e seu cenário.

A tropa empregada em área urbana encontra uma situação bem difícil. O oponente nesse cenário se utiliza de métodos como surpresa, camuflagem e conhecimento do terreno em uma guerra baseada na covardia, sem ética ou honra. Em experiências passadas de forças armadas de outros países, tropas empregadas diante desse cenário são sujeitas a mais baixas do que o normal (USA, 2006). Seria temerário não buscar reduzir esses riscos e uma das abordagens para esse contexto é a produção de inteligência.

Segundo Lambakis (2005), “as inovações militares afetaram decisivamente a balança de poder, ao longo da história, introduzindo assimetrias no campo de batalha”. Dessa forma, não se trataria só de aumentar a produção de conhecimento, mas também de se aumentar os meios para realizar esse fim. Por meio das fontes de sinais, as MAGE são o instrumento utilizado pelo 1º BGE para alcançar esse objetivo.

Lamentavelmente, a experiência adquirida na última década pelo 1ºBGE, demonstra que essa não é uma tarefa fácil. É importante considerar que assim como o cenário descrito no combate físico urbano, o espectro eletromagnético nesse ambiente não está sujeito a regras e ética. Por essa razão, a existência de múltiplas redes predomina e dificulta as atividades de GE, ao limitar a cobertura das MAGE nos domínios do tempo, espaço e frequência. A abordagem intuitiva para buscar solucionar esse problema é o aumento do número de sensores em operações, o que hoje está limitado, a curto prazo, à quantidade de receptores MAGE existente no 1º BGE e, a médio/longo prazo, à disponibilidade financeira para se adquirir receptores militares a altos custos no mercado internacional.

Conforme Janson (2012), atribui-se a evolução da transmissão ou recepção de rádio frequência, à busca de avanços tecnológicos a fim de customizar os equipamentos de rádio, tornando-os cada vez menores, mais rápidos, com menor custo e melhor qualidade. Com certa razão, já que os aprimoramentos em outras áreas tecnológicas, como softwares, circuitos integrados programáveis, processadores de alto desempenho, entre outras, deram base para o início das pesquisas em RDS.

Nesse sentido, Lakatos e Marconi (2003, p. 97) consideram que “Toda investigação nasce de algum problema teórico/prático sentido”, e essa pesquisa visa ao que muitos estudiosos de rádio frequência sempre almejam: um menor custo com a implementação de software e, conseqüentemente, uma redução no hardware do equipamento. Portanto, busca-se reunir dados e informações com o propósito de responder ao seguinte problema de pesquisa: de que forma o emprego de RDS auxiliaria na cobertura MAGE nas operações em grandes centros urbanos?

1.2 Objetivos

O presente estudo tem como objetivo geral avaliar e propor, por meio de um estudo



de viabilidade, uma estrutura baseada em RDS permanente de GE para auxiliar em MAGE as operações em grandes centros urbanos, como a cidade do Rio de Janeiro.

1.3 Questões de estudo

Com a finalidade de se alcançar o objetivo proposto para este trabalho, formulou-se algumas questões de estudo, na tentativa de elucidar uma resposta conclusiva para o problema proposto:

- a) Quais são as diferenças de um RDS e de um receptor rádio convencional?
- b) O que diz a doutrina vigente de Guerra Eletrônica e de MAGE?
- c) Quais são as principais dificuldades para o emprego dos sistemas de GE, nas MAGE, no domínio do tempo, espaço e frequência em grandes centros urbanos?
- d) De que forma um RDS poderia ser empregado como Equipamento MAGE?
- e) Quais são os custos monetários de RDS comparados aos de receptores MAGE convencionais?
- f) Há viabilidade técnico-econômica para o estabelecimento de uma estrutura permanente de GE em grandes centros urbanos como o Rio de Janeiro?

1.4 Justificativas e contribuições

As MAGE possuem limitações nos domínios do tempo, espaço e frequência, e em cidades como o Rio de Janeiro essa situação ainda se agrava pela saturação do espectro eletromagnético. O presente trabalho busca aumentar o alcance desses domínios com o emprego de RDS como equipamentos MAGE de baixo custo, a curto prazo e de forma sustentável. Logo, essa pesquisa possui relevância no sentido que pretende alcançar resultados aplicáveis e em cenário urbano atual e provável de futuros conflitos.

O grande benefício a curto prazo, seria a utilização lógica da estrutura de rede de

Tecnologia da Informação e Comunicações (TIC) já disponibilizada por meio da EBnet na cidade do Rio de Janeiro. Essa rede seria a espinha dorsal onde cada um dos seus front-ends seriam candidatos a prováveis sensores passivos de MAGE, aumentando operacionalmente toda a cobertura na cidade.

O emprego de RDS é a tendência das comunicações sem fio no mundo, e sugere-se que a base de um novíssimo paradigma chamado Rádio Cognitivo. Sendo assim, diversos outros estudos na área podem se favorecer deste trabalho e gerar spin-off dos principais resultados que ele alcançar.

Economicamente, esta proposta pode se justificar mediante três Programas Estratégicos do Exército Brasileiro. Primeiramente, o próprio Projeto RDS integrante do Programa Estratégico Defesa Cibernética, que busca dominar todo o ciclo de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) de um RDS. Outro Programa que, embora orientado à fronteira, poderia se beneficiar com esse projeto é o Programa Estratégico do Sistema de Monitoramento de Fronteiras (SISFRON), principalmente por meio dos seus Projetos de Sistemas de Apoio à Decisão (SAD). Por fim, o Programa Estratégico Obtenção de Capacidade Operacional Plena (OCOP), cujas ações preveem aquisições de Equipamentos de Comunicações e GE. Além do mais, todos os Programas mencionados buscam contribuir para fortalecer a Base Industrial de Defesa do país, beneficiando-se assim a sociedade brasileira como um todo.

No tocante a longo prazo, como se trata de uma área recente e em expansão, espera-se que desdobramentos dos resultados deste trabalho possam gerar propriedade intelectual e, portanto, benefícios sustentáveis a qualquer um dos programas que ele venha a contribuir.

Diante do exposto, essa proposta se justifica, não só pela aplicação operacional a curto prazo, mas também pelos seus resultados estratégicos a longo prazo. Sendo, portanto, de alta relevância para as iniciativas de transformação do Exército Brasileiro.

2 METODOLOGIA

O presente estudo será realizado dentro de um processo científico e baseado em procedimentos metodológicos a fim de solucionar o problema da pesquisa. Para alcançar os objetivos propostos, a pesquisa primeiramente utilizar-se-á como alicerce do método de revisão da literatura. Após isso, foi utilizado o método de levantamento com a finalidade de se identificar os sintomas e causas do problema enunciado. Por fim; utilizando-se de um estudo de caso, analisar-se-á a luz das Normas para Elaboração, Gerenciamento e Acompanhamento de Projetos no Exército Brasileiro (BRASIL, 2013) e das Instruções Gerais para a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar (BRASIL, 2016) a viabilidade dessa iniciativa.

2.1 Objeto formal de estudo

O presente trabalho tem por objetivo avaliar e propor, por meio de um estudo de viabilidade, uma estrutura baseada em RDS permanente de GE para auxiliar em MAGE as operações em grandes centros urbanos, como a cidade do Rio de Janeiro. Nesse contexto, é possível identificar a cobertura MAGE como variável dependente que sofre as influências das causas e sintomas registrados nos domínios do tempo, espaço e frequência em grandes centros urbanos, sendo estas as variáveis independentes.

A ambientação do estudo sedeu no cenário da cidade do Rio de Janeiro, sede de eventos de grande vulto na última década e local recorrente de operações do 1º BGE no período. A revisão da literatura demonstrou as dificuldades e a relevância das MAGE nesse contexto para a segurança da tropa. Sendo, portanto, fundamental entendê-lo para se evitar efeitos colaterais em ambientes similares no futuro.

2.2 Amostra

Com a finalidade de complementar a revisão da literatura na resolução do problema apontado, foram realizados questionários em uma amostra de especialistas com experiência e vinculação com o tema. Por esse motivo, a pesquisa buscou alcançar os militares que serviram no 1º BGE ou que participaram de operações de GE na cidade do Rio de Janeiro na última década.

Como consequência, o estudo ao privilegiar esse universo alcançou todas as causas e sintomas relacionados à dificuldade de se operar nesse ambiente complexo e cenário de grandes eventos com repercussões internacionais.

2.3 Delineamento da pesquisa

Este estudo tem por finalidade realizar uma pesquisa aplicada, uma vez que utilizou de conhecimento da pesquisa básica para resolver problemas e relacioná-los a aplicações concretas.

Para um melhor tratamento dos objetivos e melhor apreciação desta pesquisa, observou-se que ela é classificada como uma pesquisa exploratória e descritiva. Detectou-se também a necessidade de revisão da literatura quando se fez uso de materiais já elaborados na busca e alocação de conhecimento sobre RDS, GE e ambiente urbano, correlacionando tal conhecimento com abordagens já trabalhadas por outros autores.

A pesquisa assume também como método o levantamento ao se utilizar de instrumentos como questionários para levantar sugestões de causas referentes ao problema proposto. Por fim, é utilizado o método de estudo de caso, que por sua vez, proporciona maior familiaridade com o problema, tornando-o explícito.

2.3.1 Procedimentos Metodológicos

Inicialmente, realizou-se a revisão da literatura como recurso para se obter informações



para a presente proposta. Nessa fase, privilegiou-se a pesquisa em sítios na internet. Os critérios de inclusão foram fontes publicadas em português ou inglês, políticas nacionais em vigor sobre guerra eletrônica, manuais doutrinários e publicações em revistas ou periódicos especializados e como critério de exclusão fontes desatualizadas e não confiáveis.

2.3.2 Instrumentos

Os instrumentos utilizados durante a pesquisa foram, inicialmente, a revisão da literatura, a fim de nivelar os conhecimentos acerca do objeto de pesquisa, o uso de questionários para identificar as causas do problema proposto e as normas vigentes de Projetos Estratégicos, com o intuito de demonstrar a viabilidade da iniciativa.

2.3.3 Análise dos Dados

A abordagem do tratamento da coleta de dados do levantamento e do estudo de caso foi quantitativa, pois utilizou-se o uso de recursos e técnicas de estatística, procurando traduzir em números os conhecimentos gerados pela pesquisa.

3 REVISÃO DA LITERATURA

A filosofia de um Rádio Definido por Software, emergente atualmente, tem origem no Departamento de Defesa Americano e facilmente encontrou espaço nos estudos da área de radiofrequência. Para Janson (2012), não restam dúvidas de que durante décadas os americanos desenvolveram um equipamento de rádio transmissão que pudesse se adaptar a diversas faixas de frequência sem a necessidade de alteração no hardware. Entretanto, cabe ressaltar que academicamente o termo só foi introduzido na década de 1990.

O resultado dessa filosofia é a conceituação de Mitola (1993) que define um rádio definido por Software como um rádio cuja modulação das formas de onda do canal é definida em software. De forma geral, as formas de ondas são geradas como sinais digitais amostrados, convertidas de digitais para analógicos por meio de um conversor digital analógico no transmissor. Enquanto que no receptor, por sua vez, é capturado o sinal, que é convertido de analógico para digital, por meio de um conversor analógico digital e demodulado a forma de onda do canal por software. Esse conceito de RDS ideal pode ser observado no diagrama de blocos do receptor a seguir:

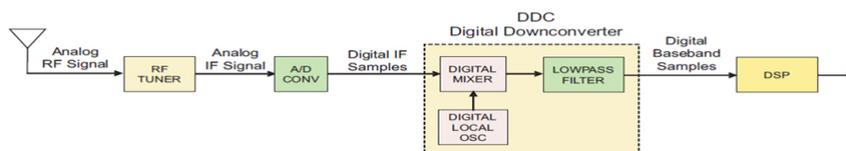


Figura 1: SDR ReceiverBlockDiagram
Fonte: Hosking (2012, p. 7)

A figura nos mostra que ainda hoje o conceito é válido e que limita os hardwares de um RDS basicamente a uma antena, conversores de Rádio Frequência (RF) em Frequência Intermidiária (FI ou IF) e conversores analógico digitais. Além disso, alguns autores como Reed (2002) consideram que esses conversores podem estar ainda em um mesmo dispositivo. Dessa forma, todos os processos subsequentes no diagrama de bloco são realizados em nível de software. Portanto, essa redução de hardware baixa e muito o preço comercial de um RDS.

Conforme foi colocado por Fernández (2015), os dispositivos RDS mais comuns são receptores, entretanto a tecnologia também inclui transmissores. Na época, o autor aponta que adquirir um receptor RDS poderia ser tão barato quanto 20 dólares, enquanto que o custo de RDS transmissores/receptores poderiam exceder 300 dólares.

A GE como CO é uma das principais ca-

pacidades relativa à superioridade das informações e por definição tem por objetivo, em ações de natureza tática, impedir, dificultar ou tirar proveito das emissões eletromagnéticas de uma força oponente (BRASIL, 2019). Cabe ressaltar que o próprio espectro eletromagnético é considerado na Doutrina Militar Terrestre como um dos fatores que delimitam os espaços geográficos dos campos de batalha modernos, sejam na terra, água ou ar (BRASIL, 2017). Plessis (2014) aponta em seu trabalho que editoriais do Journal of Electronic Defence (JED) argumentam que todo soldado deve em certo grau estar envolvido e ser afetado por GE. Dentre os ramos da GE que podem afetar diretamente a segurança dos soldados nos campos de batalha com a produção de inteligência estão as Medidas de Apoio a Guerra Eletrônica que possuem a seguinte definição de acordo com a doutrina de GE vigente (BRASIL, 2019, p. 3-1):

- 3.2.1 É o ramo de atuação da GE que objetiva a obtenção e análise de dados, a partir das emissões eletromagnéticas de interesse oriundas do oponente.
- 3.2.2 Em razão da criticidade do tempo, as MAGE coletam dados e parâmetros dos sinais de interesse necessários e suficientes para permitir a determinação do tipo de ameaça, seu modo de operação e sua localização provável.

A partir dessa definição, pode-se medir o seu sucesso e complexidade por meio de sua cobertura. Em ambientes densos, como grandes centros urbanos, é facilmente identificável a presença de múltiplas redes, grandes áreas a serem monitoradas e a saturação do espectro eletromagnético nas faixas de rádio comunicações. Por consequência, esses fatores dificultam respectivamente a cobertura MAGE nos domínios do tempo, espaço e frequência.

Portanto, o presente estudo se restringirá ao ambiente urbano, tendência vivenciada pelo 1º BGE e nas operações contemporâneas. Por sua complexidade, traz reflexos na

organização e composição dos meios, a fim de evitar os indesejáveis efeitos colaterais comuns na guerra no meio do povo (CASTRO, 2013). Seu cenário exemplo será, dessa forma, a cidade do Rio de Janeiro, na qual, segundo o IBGE (2018), tinha uma população de aproximadamente 6.688.927 pessoas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presente seção tem por finalidade apresentar e discutir os resultados obtidos por meio da revisão da literatura, do levantamento e do estudo de caso, para, ao final, obter os subsídios necessários para a conclusão final do trabalho, amparado pelos procedimentos metodológicos aplicados.

4.1 Resultados da revisão da literatura

A realização da revisão de literatura, guiada pela utilização inicial de uma revisão sistemática, permitiu a obtenção de uma visão teórica organizada sobre o tema e seus contornos, possibilitando a visualização de um quadro geral das principais fontes que tratam sobre RDS, GE e baixo custo.

Nesse contexto, alguns autores merecem destaque nessas áreas; por exemplo, em RDS, autores consagrados como Joseph Mitola e Walter Tuttlebee, sendo Mitola um dos pioneiros nos estudos de RDS. Na área de GE, destacam-se, principalmente, os periódicos do Journal of Electronic Defense (JED) e a literatura basilar de David Adamy. Já no tocante à união dessas duas áreas em um contexto de baixo custo, a literatura se mostrou bem mais pulverizada, principalmente, devido às comunidades makers e ao acesso facilitado a hardwares e softwares livres.

A utilização desse instrumento permitiu também a identificação de lacunas na literatura sobre o assunto, como por exemplo, a escala considerada por essa pesquisa e a presença de um estudo de viabilidade para se aplicar essa estrutura em um contexto de ope-



rações. Por outro lado, isso demonstra a originalidade do assunto proposto neste trabalho.

A revisão sistemática apontou também para uma limitada quantidade de trabalhos relevantes envolvendo a temática militar. Uma hipótese levantada pelo autor é que esses tipos de trabalhos possam ser mantidos em bancos de dados restritos para o público em geral. A fim de tentar contornar essa limitação, buscou-se acesso aos trabalhos dos bancos de dados de estabelecimentos de ensino militar, como os da Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais e do Centro de Instrução de Guerra Eletrônica.

Ao decorrer da revisão da literatura, buscou-se, principalmente, mas não se limitando a isso, responder às questões de estudo que foram levantadas no objetivo do presente trabalho. Diante disso, foi possível levantar também o estado da arte acerca do assunto e identificar as forças armadas dos Estados Unidos, Rússia e China, como estando na vanguarda desse conjunto de assuntos.

Por fim, a revisão criou as bases para a utilização dos procedimentos mais adequados de levantamento e as condições essenciais para o estudo de caso. Contudo, a revisão da literatura foi tratada até o fim do trabalho como um capítulo aberto, pois ainda poderia sofrer influência desses outros dois procedimentos até a solução do problema de pesquisa proposto.

4.2 Resultados do levantamento

O instrumento selecionado para o levantamento foi o questionário, devido ao seu alcance, facilidade de distribuição e tabulação. Dessa forma, foram distribuídos questionários para uma amostra de especialistas com experiência e vinculação com o tema. Vale ressaltar que esse levantamento foi realizado no sentido de confrontar as necessidades sugeridas pelo autor, o qual, apesar de ter mais de 8 anos de experiência na área e de ter participado de, praticamente, todas

as operações apresentadas e realizadas na cidade do Rio de Janeiro nos últimos 10 anos, precisava ser comprovada por seus pares.

Diante disso, foi realizada, então, uma primeira oitiva de pré-teste do questionário com os comandantes das companhias de Guerra Eletrônica e de Guerra Cibernética do 1ºBGE, que atendiam aos pré-requisitos para integrar a amostra proposta no estudo, com a finalidade de identificar possíveis falhas no instrumento de coleta de dados. A contribuição desse pré-teste foi marcante pois, por ter sido realizado presencialmente, possibilitou, de imediato, além de pequenas correções de entendimento, um direcionamento mais preciso para os trabalhos de revisão da literatura.

Em uma fase mais avançada do trabalho e com novas abordagens inseridas na revisão da literatura, foi, então, realizada uma nova rodada de pré-teste, distribuído para uma amostra aleatória de 10 militares da população estabelecida. Esse pré-teste teve como finalidade principal verificar a aplicação dos meios de distribuição e o retorno dos dados de resposta tabulados. Para isso, foi utilizado o Google Forms como formulário digital e o aplicativo de mensagens Whatsapp como meio de distribuição.

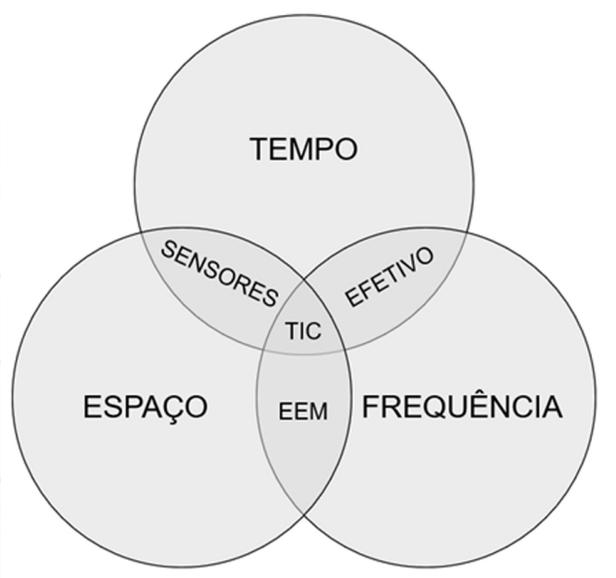


Figura 2: A interdependência entre os domínios
Fonte: O autor

Durante o pré-teste, foi dada especial atenção quanto à formatação na qual o militar iria receber as perguntas em seu dispositivo celular, principalmente, se haveria distorções em seu texto. A utilização do aplicativo Whatsapp foi particularmente importante, pois permitiu um controle apurado de quem respondeu ou não o questionário mesmo com a opção de anonimato.

Ao final dessa seção, pode-se concluir que a variável independente que define o sucesso ou o fracasso das ações de GE em grandes centros urbanos é influenciada pelas dimensões do domínio do tempo, do espaço e da frequência. Entretanto, após a análise dos indicadores dessa variável, notou-se que elas não estão totalmente separadas e isoladas, mas sim possuem regiões inter-relacionais entre elas. A Figura 2 busca ilustrar essas interdependências entre os domínios.

Portanto, em uma análise mais profunda da Figura 2, é então possível confirmar a importância dos aspectos julgados mais relevantes a cada domínio: os pequenos efetivos que participam das ações de GE, a quantidade de receptores MAGE utilizados na área de operação e a saturação do EEM nos centros urbanos. Por fim, mas não menos importante, ao centro o que une esses domínios, um dos elementos de Comando e Controle, representado pela infraestrutura de TIC.

Não por acaso, a aplicabilidade desse estudo, no tocante à conectividade da estrutura de GE proposta no estudo de caso, só é possível ao se utilizar toda a malha de redes que foi herdada dos grandes eventos realizados na cidade do Rio de Janeiro como backbone de TIC.

Além disso, cada um desses aspectos indicados são passíveis de serem solucionados pela utilização de soluções baseadas em RDS. Diante disso, dentro da instituição EB, o meio formal de se concretizar uma iniciativa

como a proposta neste trabalho é a utilização de instrumentos de planejamento e gerenciamento de projetos, por essa razão o estudo de caso a seguir foi alinhado com a NEGABEB.

4.3 Resultados do estudo de caso

Baseado na revisão da literatura, que foram expostas praticamente todas as posições de MAGE utilizadas durante as operações de GE realizadas no Rio de Janeiro, bem como os sites da Rede Metropolitana, foram realizadas simulações no software HTZ Warfare. A sobreposição dessas duas informações foi desenvolvida nessa simulação.

A cobertura provável ao se sobrepor a capacidade simulada na infraestrutura de TIC do Rio de Janeiro pode ser observada na Figura 3, onde grande parte da região metropolitana da cidade é abrangida pela simulação.



FIGURA 3 – Resultado da cobertura MAGE com 12 postos.
Fonte: O autor

Como esperado, a cobertura saturou visualmente a apresentação e praticamente cobriu toda a área da cidade. Entretanto, vale destacar que esse ainda não seria o limite de posições possíveis de se instalar receptores MAGE. Ainda seria possível instalar sensores em áreas próximas, desde que se utilize equipamentos de comunicações para se estabelecer enlace com os sites apresentados, ou ainda a qual-



quer ponto de saída da EBnet. Nesse sentido, a cobertura MAGE alcançada pode ser também beneficiada pela sobreposição de vários equipamentos, o que aumenta consideravelmente as possibilidades para a análise de GE.

Dessa forma, o emprego de RDS seria muito útil em grandes cidades em que, frequentemente, ocorrem operações militares, como o Rio de Janeiro. Com o uso dessa estrutura, é possível se ter uma área de cobertura muito maior do que normalmente se tem quando o 1º BGE é empregado em operações na cidade.

Portanto, o uso de RDS de baixo custo pode sim ser um grande aliado no aumento da capilaridade dos sensores e aumento da cobertura MAGE. Além disso, espera-se que, com a infraestrutura de TIC herdada dos grandes eventos, possa ser viável a coleta e processamento dessas informações de forma integrada e com meios de proteção cibernética do CITEEX, que o 1º BGE não possui.

No entanto, entende-se que não deva ocorrer uma cisão completa de um modelo por outro, mas, sim, uma convivência harmônica entre eles. Nesse contexto, é fundamental que se explore o potencial disruptivo que essa abordagem oferece, principalmente nos locais e momentos em que os equipamentos do 1º BGE não estejam presentes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho de pesquisa foi desenvolvido com o objetivo de avaliar e propor, por meio de um estudo de viabilidade, uma estrutura permanente de GE, baseada em RDS, para auxiliar em MAGE as operações em grandes centros urbanos, como a cidade do Rio de Janeiro.

A escolha do objetivo da pesquisa foi motivada pela observação e inquietação do autor devido ao repetitivo emprego do 1º BGE em operações de GE na cidade do Rio de Janeiro nos últimos 10 anos. Com isso, visando a solucionar ou ao menos amenizar as dificuldades encontradas nesse ambiente e aumentar a capacidade operativa de GE, foi formulado

o seguinte problema: de que forma o emprego de RDS auxiliaria na cobertura MAGE nas operações em grandes centros urbanos?

Como proposta para solução ao problema da pesquisa, foram formuladas então questões de estudo. Essas questões de estudo nortearam os trabalhos realizados nesta pesquisa com a finalidade de objetivar sua validação.

Com base nas questões de estudo apresentadas, foi inicialmente realizada uma revisão da literatura sobre assuntos relacionados à temática da pesquisa. Além disso, foram consultados militares de GE, por meio de um levantamento, com objetivo de verificar e confrontar as percepções do autor acerca das questões trabalhadas ao confrontá-las entre os especialistas em GE. Por fim, ao se realizar um estudo de caso, chegou-se à confecção de um estudo de viabilidade real baseado na legislação para elaboração e gerenciamento de projetos adotada pelo EB.

A revisão da literatura, em sua primeira parte, apresentou uma revisão sistemática que, após obter uma visão geral das pesquisas que vêm sendo desenvolvidas, identificou as lacunas nos trabalhos analisados, possíveis estados da arte e evidenciou uma tendência de aumento do interesse no tema. A conclusão parcial dessa revisão sistemática foi que não existe, atualmente, nenhuma pesquisa em andamento que contemple todos os aspectos propostos neste artigo. Em sua segunda parte, a revisão da literatura apresentou de forma pormenorizada cada uma das questões de estudo.

Além disso, todo o estudo foi orientado na utilização lógica da estrutura de rede de Tecnologia da Informação e Comunicações (TIC) já disponibilizada por meio da EBnet na cidade do Rio de Janeiro. Essa rede seria a “espinha dorsal” da estrutura permanente de GE a ser proposta.

Durante a realização do levantamento sobre a percepção dos especialistas em GE sobre o desempenho das MAGE em operações de GE, na cidade do Rio de Janeiro, foi possível identificar três aspectos determinantes

que influenciam os resultados das ações de GE nos centros urbanos: os pequenos efetivos que participam das ações de GE, a quantidade de receptores MAGE utilizados na área de operação e a saturação do EEM nesse ambiente. Por sua vez, cada um desses aspectos indicados são passíveis de serem solucionados ou ao menos tratados pela utilização de soluções baseadas em RDS.

No tocante ao estudo de caso, ao se utilizar da normativa de elaboração de projeto, foi possível vislumbrar a concepção de uma iniciativa como a proposta nesse trabalho. Nesse sentido, o 1º BGE, para alcançar uma cobertura MAGE em uma escala de cidade, como a apresentada, está limitado aos seus sensores de GE de dotação. No entanto, ao se sugerir por meio do emprego de RDS como receptores MAGE de baixo custo, foi possível alcançar essa cobertura e de forma sustentável.

Os custos de plataformas MAGE nesse contexto estão na ordem de aproximadamente 100 vezes menos do que os receptores de GE tradicionais. Dessa forma, ao se renunciar a qualidade de hardwares específicos, ganhar-se-ia e muito em quantidade, flexibilidade e escalabilidade, proporcionadas por receptores de baixo custo baseados em RDS.

No entanto, entende-se que não deva ocorrer uma transição completa de um modelo por outro, mas, sim, uma convivência harmônica entre eles. Nesse ponto, é fundamental que se explore o potencial disruptivo que essa abordagem oferece, principalmente nos locais e momentos em que os equipamentos do 1º BGE não estejam presentes.

Diante do exposto, pode-se concluir que os resultados obtidos com os procedimentos de pesquisa aplicados foram coerentes com os resultados esperados, confirmando as expectativas do autor relativas às necessidades operativas de cobertura MAGE e às dificuldades enfrentadas pela GE em centros urbanos.

Com base na análise de todos os elementos que compõem o presente trabalho, os resultados não só confirmaram as percepções apre-

sentadas pelo autor, como também permitiram a proposição de uma solução aplicável para o problema: a confecção de um estudo de viabilidade para uma estrutura permanente de GE na cidade do Rio de Janeiro. Entretanto, os resultados baseados nessa cidade poderão ser replicados para qualquer outro centro urbano do país. Sendo, portanto, de alta relevância para as iniciativas de transformação do EB e, nesse sentido, que seus resultados alcançados sejam instrumentos indutores dessa transformação.

5.1 Sugestões de estudo

As sugestões de estudo que são apresentadas têm relação com o tema da presente pesquisa, mas não foram abordadas no trabalho pois desviariam o foco dos objetivos propostos. Um dos principais problemas enfrentados pela GE, como observado ao longo do trabalho, é o pequeno número de especialistas empregados em operações. Nesse sentido, uma alternativa para esse problema seria a utilização de RDS no ensino desses militares, talvez até nas escolas de formação, no intuito de se aumentar essa massa crítica de especialistas.

Além do incentivo ao ensino de novos especialistas, sugere-se que se inicie as discussões doutrinárias quanto aos papéis dos oficiais e graduados na GE. Pois, ao se aumentar consideravelmente o número de sensores, inevitavelmente será necessário o aumento de analistas. Entretanto, a análise imediata que hoje é realizada pelo operador se tornará inexequível manualmente.

O próprio volume de informações e dados que serão gerados em uma estrutura permanente de GE já se apresentam como um problema futuro a ser enfrentado. Para isso, sugere-se estudos no tocante à big data e mineração de dados. Além disso, soluções para classificação automática de sinais, criptoanálise e armazenamento de dados também poderão ser necessárias para essa demanda latente.

Durante a revisão da literatura, foi identificado que as maiores forças armadas utilizam



RDS como vetor de Comando, Controle, Computação, inteligência reconhecimento, vigilância e aquisição (C4IRVA), por meio da utilização de SARP. O estudo desse segmento pode se beneficiar do vanguardismo do assunto, além de estar alinhado com o estado da arte das inovações militares. Inclusive, o próprio legado de TIC deixado por ocasião dos grandes eventos poderia também ser utilizado nesse sentido.

Outra inovação, baseada em RDS, encontrada nas forças armadas americanas foi a utilização de dispositivos portáteis anti-IED. Embora essa necessidade não seja uma realidade para a nossa Força Terrestre, não deixa de ser uma outra abordagem de soluções inovativas.

Por fim, espera-se que o uso de RDS na GE possa ser popularizado e que essa inovação favoreça o transbordamento para outras áreas. Uma das áreas com grande afinidade com a GE e que certamente pode se beneficiar desse cenário é a Guerra Cibernética. Portanto, recomenda-se que sejam realizados maiores estudos quanto à convergência da Guerra Cibernética e da GE e que um dos possíveis pontos de ligação seja o uso de RDS.

REFERÊNCIAS

ADAMY, D. **EW 101: a first course in electronic warfare.** Norwood, MA, USA: ArtechHouse, 2001.

_____. **Normas para Elaboração, Gerenciamento e Acompanhamento de Projetos no Exército Brasileiro (NEGAPEB).** 2ª. ed. Brasília, DF: Exército Brasileiro, 2013a. (EB20-N-08.001).

_____. **Doutrina Militar Terrestre.** 1ª. ed. Brasília, DF: Exército Brasileiro, 2014a. (EB20-MF-10.102).

_____. **Operações.** 4ª. ed. Brasília: Centro de Doutrina do Exército, 2014b. (EB20-MF-10.103).

_____. **Instruções Gerais para a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar.** Brasília, DF: Exército Brasileiro, 2016. (EB10-IG-01.018).

_____. **Operações.** 5ª. ed. Brasília, DF: Exército Brasileiro, 2017. (EB70-MC-10.223).

BRASIL. **A Guerra Eletrônica na Força Terrestre.** 1ª. ed. Brasília, DF: EGGCF, 2019. (EB70-MC-10.201).

CASTRO, P. C. **A guerra no meio do povo.** Doutrina Militar Terrestre, Brasília, p. 28-33, jan-mar 2013.

DU PLESSIS, W. P. **Electronic-Warfare Training Using Low-Cost Software-Defined Radio Platforms.** In: Defense Operational Applications Symposium (SIGE), São José dos Campos, Brasil, p. 119-123, 2013.

DU PLESSIS, W. P. **Software-defined radio (SDR) as a mechanism for exploring cyber-electronic warfare (EW) collaboration.** In: 2014 Information Security for South Africa., IEEE, p. 1-6, 2014.

EPEX. **Programa Defesa Cibernética.** Escritório de Projetos do Exército. Disponível em: <<http://www.epex.eb.mil.br/index.php/defesa-cibernetica>>. Acesso em: 05 Agosto 2019.

_____. **Programa OCOP.** Escritório de Projetos do Exército. Disponível em: <<http://www.epex.eb.mil.br/index.php/ocop>>. Acesso em: 05 Agosto 2019.

_____. **Programa SISFRON.** Escritório de Projetos do Exército. Disponível em: <<http://www.epex.eb.mil.br/index.php/sisfron>>. Acesso em: 05 Agosto 2019.

FERNANDEZ, J. R. M. **Software defined radio: Basic principles and applications.** Havana: Facultad de Ingeniería, v. 24, 2015.
HOSKING, R. H. **Software defined radio Handbook.** 9^a. ed. New Jersey: Pentekinc, 2012.

IBGE. **Estimativas da população residentes no Brasil e unidades da Federação com data de referência em 1º de julho de 2018.** IBGE Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&-t=downloads>>. Acesso em: 06 Agosto 2019.

JANSON, J. **Radio Definido por Software: Estudo e Realização de Teste com uma Plataforma Livre.** São José: Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina, 2012.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica.** 5^a. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LAMBAKIS, S. **Reconsidering a symmetric warfare.** Joint Force Quarterly, Fort McNair, Washington DC, v. 36, p. 108, jan 2005.

MENDONÇA, H. D. O. **Soldado do futuro no combate urbano: Consciência situacional no escalão subunidade.** Rio de Janeiro: Dissertação - Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, ESAO, 2013.

MITOLA, J. **Software radios: Survey, critical evaluation and future directions.** IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, v. 8, p. 25-36, 1993.

OLIVEIRA, H. J. C. D. **Coletânea História da Guerra Eletrônica.** Brasília: Centro Integrado de Guerra Eletrônica, CIGE, v. 1, 2002.

PFAMMATTER, D.; GIUSTINIANO, D.; LENDERS, V. **A software defined sensor architecture for large-scale wideband spectrum monitoring.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION PROCESSING IN SENSOR NETWORKS, 14th., 2015, ACM, Seattle, Proceeding, New York, p. 71-82, 2015.
SALEHI, M.; PROAKIS, J. **Digital Communications.** 5^a. ed. Nova Iork: Mc-Graw-Hill Education, 2007.

USA. **FM 3-06: Urban Operations.** Washington, DC: DEPARTMENT OF THE ARMY, 2006.

VELOSO, L. N. **Estruturação do Centro de Operações do 1º Batalhão de Guerra Eletrônica com a utilização remota dos sistemas de Mage: Uma proposta para operações de garantia da lei e da ordem.** Dissertação (Mestrado em Ciências Militares) - Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais. Rio de Janeiro: [s.n.], 2019.