



O Comunicante

SUMÁRIO

Artigos

CORPO EDITORIAL	2
EDITORIAL	2
EXPEDIENTE	3
 HADDOP: UMA NECESSIDADE PARA ANALISTAS	 5
A INFLUÊNCIA DO EMPREGO DO SISTEMA DE ENTREVISTA INFORMATIZADO NO PROCESSO DE SELEÇÃO COMPLEMENTAR DO 9º BATALHÃO DE COMUNICAÇÕES E GUERRA ELETRÔNICA NO BIÊNIO 2018/0219	16
METODOLOGIAS ATIVAS NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM NOS CURSOS REGULARES DA ESCOLA DE COMUNICAÇÕES	31
ARQUITETURA E VERIFICAÇÃO DE UM SISTEMA DIGITAL BASEADO NA CRIPTOGRAFIA AES 128 BITS	37
ESTUDO SOBRE A CAPACIDADE DE COBERTURA DA TECNOLOGIA DE 4ª GERAÇÃO - LONG TERM EVOLUTION (LTE) NO TEATRO DE OPERAÇÕES RURAL	45
COMUNICAÇÕES ROBÓTICAS NAS BRIGADAS DE INFANTARIA E CAVALARIA MECANIZADAS E EM OPERAÇÕES DE COORDENAÇÃO E COOPERAÇÃO COM AGÊNCIAS	58



**Revista Científica da
Escola de Comunicações**
Escola Coronel Hygino Corsetti





O Comunicante

SUMÁRIO

Artigos

CORPO EDITORIAL	2
EDITORIAL	2
EXPEDIENTE	3
 HADDOP: UMA NECESSIDADE PARA ANALISTAS	5
A INFLUÊNCIA DO EMPREGO DO SISTEMA DE ENTREVISTA INFORMATIZADO NO PROCESSO DE SELEÇÃO COMPLEMENTAR DO 9º BATALHÃO DE COMUNICAÇÕES E GUERRA ELETRÔNICA NO BIÊNIO 2018/0219	16
METODOLOGIAS ATIVAS NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM NOS CURSOS REGULARES DA ESCOLA DE COMUNICAÇÕES	31
ARQUITETURA E VERIFICAÇÃO DE UM SISTEMA DIGITAL BASEADO NA CRIPTOGRAFIA AES 128 BITS	37
ESTUDO SOBRE A CAPACIDADE DE COBERTURA DA TECNOLOGIA DE 4ª GERAÇÃO - <i>LONG TERM EVOLUTION (LTE)</i> NO TEATRO DE OPERAÇÕES RURAL	45
COMUNICAÇÕES ROBÓTICAS NAS BRIGADAS DE INFANTARIA E CAVALARIA MECANIZADAS E EM OPERAÇÕES DE COORDENAÇÃO E COOPERAÇÃO COM AGÊNCIAS	58



**Revista Científica da
Escola de Comunicações**
Escola Coronel Hygino Corsetti

CORPO EDITORIAL

EDITOR-CHEFE HONORÁRIO

Comandante e Diretor de Ensino

Cel Rodolfo Roque Salguero De La Vega Filho

COORDENADOR GERAL

Subcomandante e Subdiretor de Ensino

Cel Alexandre Rebelo de Souza

EDITOR-CHEFE

Chefe da Divisão de Ensino - Maj Anderson Fidélis José da Silva

EDITORES-CHEFES ADJUNTOS

Chefe da Seção de Pós-Graduação e Doutrina

Cap Saulo Antonio de Oliveira

Chefe da Seção Técnica de Ensino

Cap Washington Rodrigues da Silva

Chefe da Seção de Ensino a distância

Cap Luiz Paulo Lopes dos Santos

CONSELHO EDITORIAL

Diretor de Ensino

Subdiretor de Ensino

Chefe da Divisão de Ensino

Chefe da Seção Técnica de Ensino

Chefe da Seção de Pós-Graduação e Doutrina

CORPO CONSULTIVO

Coordenador do Curso de Oficial de Comunicações

Coordenador do Curso de Gerenciamento de Manutenção de Comunicações

Coordenador do Curso de Gestão de Sistemas Táticos de Comando e Controle

Chefe da Seção de Ensino de Tecnologia da Informação e Comunicações

Chefe da Seção de Ensino de Manutenção de Comunicações

Chefe da Seção de Ensino de Emprego das Comunicações



EDITORIAL

A presente edição da Revista “O Comunicante” apresenta uma seleção de artigos produzidos pelo corpo docente e discente da Escola, além de colaboradores externos, nas Áreas de Defesa Nacional, com enfoque em comunicações militares, Ciência e Tecnologia e Educação.

Pode-se observar, nesta publicação, o desenvolvimento de novas tecnologias que contribuem para a evolução das telecomunicações, temas abordados em textos de fácil leitura, contribuindo para a atualização dos conhecimentos técnicos dos leitores que lidam com o desafio de prover o apoio de comunicações.

Desta forma, a EsCom, Escola que completou neste ano 98 anos de existência, mantém a sua missão, contribuindo para ampliar o debate em torno de temas de caráter técnico-doutrinário, preservando as tradições desta casa na difusão de assuntos relacionados ao exercício do Comando e Controle.

O Comando da Escola de Comunicações agradece a contribuição de todos que submeteram os artigos para análise e aproveita para convidar o público em geral a contribuir com trabalhos acadêmicos nas futuras edições desta revista.

Uma boa leitura a todos.

RODOLFO ROQUE SALGUERO DE LA VEGA FILHO - Cel
Comandante da Escola de Comunicações

EXPEDIENTE

A Revista Científica, O Comunicante, publicada pela Escola de Comunicações, busca incentivar pesquisas científicas nas áreas afetas à Defesa e que contribuam para o desenvolvimento da Arma de Comunicações.

OBJETIVOS

Promover o viés científico em áreas do conhecimento que sejam de interesse da Arma de Comunicações e, conseqüentemente, do Exército Brasileiro.

Manter um canal de relacionamento entre o meio acadêmico militar e civil.

Trazer à reflexão temas que sejam de interesse da Força Terrestre e que contribuam para a Defesa.

Publicar artigos inéditos e de qualidade.

Aprofundar pesquisas e informações sobre assuntos da atualidade em proveito da Defesa e difundir aos Corpos de Tropa.

PÚBLICO-ALVO

A revista está voltada a um amplo espectro de pesquisadores, professores, estudantes, militares, bem como profissionais que atuem nas áreas de Defesa, Cibernética, Ciência & Tecnologia, Direito Militar, Doutrina, Educação, Informática, História Militar, com ênfase em Comunicações e Equipamentos de Comunicações, Instrução Militar, Gestão, Meio Ambiente, Operações Militares Conjuntas e Singulares.

PUBLICAÇÃO DE ARTIGOS

Os artigos apresentados para submissão devem ser livres de embaraços. Caso o autor tenha submetido o Artigo a outra revista, ele deverá consultá-la e certificar-se de não estar ferindo direitos de publicação conferidos à revista anterior.

PROCESSO DE AVALIAÇÃO

Os artigos submetidos são avaliados pela Comissão Editorial, no que se refere ao seu mérito e adequação às regras de apresentação de trabalhos científicos.

Em seguida, os textos são encaminhados aos pareceristas que terão o prazo de 30 dias para fazerem a avaliação. Os pareceristas não são remunerados e, caso aceitem participar, terão seus nomes incluídos no Comitê de Avaliadores, publicados a cada volume da revista. A partir das avaliações dos pareceristas, o Comitê Editorial pode decidir editar ou não os artigos submetidos, além de sugerir mudanças eventuais de modo a adequar os textos.

Os textos submetidos devem vir acompanhados de carta de autorização para publicação que garantirá seu ineditismo ou, ainda, que apesar de estar concorrendo a publicação em outras revistas, não está ferindo direitos de publicação com terceiros para ser veiculado nesta revista.

Outrossim, nenhum dos organismos editoriais, organizações de ensino e pesquisa ou pessoas físicas envolvidas nos conselhos, comitês ou processo de editoração e gestão da revista se responsabilizam pelo conteúdo dos artigos seja sob forma de ideias, opiniões ou conceitos, devendo ser de inteira responsabilidade dos autores dos respectivos textos.

PERIODICIDADE

A revista tem periodicidade quadrimestral (fevereiro, junho e outubro) e se reserva ao direito de realizar edições especiais, além das previstas.

O Comunicante - Revista Científica da Escola de Comunicações - Volume 9, Nº 3 (Out/2019)
Brasília-DF: Escola de Comunicações. 2019 68p; 29,7 cm X 21,0 cm

Publicação Quadrimestral

ISSN 1968-6029 ISSN 2594-3952(Digital)

Revista Científica da Escola de Comunicações

1. Escola de Comunicações 2. Defesa 3. Cibernética 4. Ciência & Tecnologia 5. Doutrina 6. Direito 7. Educação 8. Informática 9. Instrução Militar 10. Gestão 11. Meio Ambiente 12. Operações Militares Conjuntas e Singulares.

ARTIGO CIENTÍFICO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO

**CIÊNCIA E
TECNOLOGIA**



HADOOP: UMA NECESSIDADE PARA ANALISTAS

ELIEZER DE SOUZA BATISTA JUNIOR¹, RÔBER YAMASHITA²

Mestre em Ciências Militares¹, Doutorando em Business Administration²

RESUMO: *BIG DATA* É UM TERMO QUE ESTÁ EM VOGA ATUALMENTE. A NECESSIDADE DE REALIZAR PESQUISAS EM UMA GRANDE QUANTIDADE DE DADOS, DE DIFERENTES FORMATOS, RESULTANDO EM PRODUTOS RÁPIDOS, ASSERTIVOS E COM GRAU DE VALOR QUE OS ADVERSÁRIOS NÃO POSSUEM É ALTA EM UM AMBIENTE DE COMPETIÇÃO. PARA TANTO, ANALISTAS NECESSITAM DE FERRAMENTAS QUE PROVÊM ESSES REQUISITOS PARA QUE SEUS CHEFES POSSAM, DE MELHOR FORMA, REALIZAR O PROCESSO DA TOMADA DE DECISÃO. O HADOOP É UMA DESSAS FERRAMENTAS E O SEU USO SERÁ DISCUTIDO COMO PRINCIPAL OBJETIVO DESSE ARTIGO. OUTROS OBJETIVOS ESPECÍFICOS SÃO CARACTERIZAR *BIG DATA* E HADOOP E MOSTRAR OS DESAFIOS DE IMPLEMENTAÇÃO DA FUNCIONALIDADE.

PALAVRAS-CHAVE: BIG DATA, DADOS, DECISÃO, FERRAMENTAS, HADOOP

INTRODUÇÃO

Com a Internet das coisas (IoT), houve um grande aumento na quantidade de dispositivos com capacidade de gerar dados [Cozza et al 2011]. Os dados provenientes desses dispositivos são armazenados em diferentes repositórios, possuindo suas peculiaridades de formatação, segurança e rede. Nesse ínterim mídias sociais, blogs, anúncios, vendas e transações bancárias são alguns exemplos de onde os dados são gerados, podendo até chegar em grandes planejamentos de cidades conectadas, ou *smart cities* [Moreno-Cano, 2015].

A integração desses dados é algo que, naturalmente, se faz necessário. Os sistemas não trabalham mais como “ilhas”, como ocorria no passado. Atualmente, o resultado do processamento de um software pode ser o início de um outro processo. Por exemplo, a análise de reclamações bancárias no portal “reclame-aqui” é o início do processo de tratamento do problema pela parte jurídica de uma determinada empresa.

Coletar esses dados é uma tarefa extremamente difícil, pois não está se falando apenas dos dados contidos em repositórios de aplicações corporativas internas, mas também das interações que essas realizam no espaço virtual e com outros repositórios externos [Tan et al. 2013]. Ferramentas capazes de extrair,

transformar e carregar dados em um repositório são primordiais para empresas que querem possuir vantagens competitivas.

Infelizmente, a velocidade de crescimento de dados geralmente não é proporcional com o crescimento de hardwares, com exceção de empresas que podem bancar por tal situação. Os preços de equipamentos de ponta-de-linha e suas respectivas manutenções estão cada vez mais caros para se adquirir [Tulloch, 2019]. A vertente econômica que diz: “necessidades ilimitadas para recursos escassos” é uma premissa em ambientes de centro de processamento de dados ou em *datacenters*. Equipamentos storages geralmente têm a necessidade de realizar upgrades com menos de 05 (cinco) anos por conta do volume de dados gerados, ocasionando superlotação.

Outro fato que causa bastante impacto é que profissionais de Tecnologia da Informação (TI) necessitam de tecnologias adequadas. Do ponto de vista de armazenamento, os atuais Sistemas Gerenciais de Banco de Dados (SGDB) disponíveis comercialmente não são capazes de lidar com grandes volumes de dados. A análise de grandes volumes requer SGDBs especializados capazes de processar dados estruturados e não estruturados, distribuindo dados a fim de escalar grandes tamanhos [Begoli e Horey, 2012].

A velocidade do dado é outro ponto que causa bastante impacto nos sistemas de

TI. Dependendo do local a ser coletado, muitos profissionais preferem trabalhar apenas com extratos (amostras) dos dados para que sejam analisados, o que não permite que todos os detalhes daquele conjunto sejam observados [DiFranzo et al. 2013].

Os dados que trafegam na rede mundial de computadores possuem diferentes formatos como imagens, vídeos, textos, agrupamento de dados, dentre outros. Esses formam um grande conglomerado que não possui estruturação fixa. Segundo Chen (2001), pode-se perceber que grande parte da web é composta por dados não estruturados.

Com os dados corretos e apresentados de forma correta, as fases de observação e orientação do ciclo de tomada de decisão OODA fica mais fidedigno para a próxima ação que é a decisão. Portanto, a tomada de decisão é diretamente impactada por conhecimentos extraídos de diversas bases de dados. [Hazen e Jones-Farmer, 2014]

Com todos os problemas relatados nessa seção, verifica-se a necessidade de ferramentas para dar uma solução à demanda de tratamento do *Big Data*. Os próximos capítulos abordarão sobre o *Big Data* em uma metodologia que se inicia em conceitos mais amplos até chegar nos processos mais específicos de casos de implementação. Com isso, abordar-se-á: *Big Data*, casos de sucesso, Hadoop, possíveis locais de implementação e desafios.

2 *BIG DATA*

Por muito tempo, as empresas não trataram os dados que são trafegados fora e dentro de seus sistemas. Em outras palavras, não davam valor aos dados que possuíam. Quando a primeira empresa conseguiu o devido tratamento, gerou uma grande vantagem competitiva em relação às demais empresas concorrentes e conquistou a ponta dos negócios. O modelo foi replicado pelas concorrentes e a ferramenta que significava a liderança do mercado passou a ser a correta análise.

Segundo Dean e Ghemawat (2004), a primeira empresa que processou grandes quantidades de dados em paralelo, dividindo o trabalho em conjuntos de tarefas independentes, foi a Google, em 2004, com o desenvolvimento do *MapReduce*. Em 2005, o sistema foi melhorado pela Yahoo, sendo que alguns autores creditam a criação do *Big Data* a essa empresa, como é o caso da Chede (2011).

A definição de *Big Data* possui várias versões. Segundo o Gartner (2012), *Big Data*, em geral, é definido como “ativos de informações de alto volume, alta velocidade e/ou alta variedade que exigem formas inovadoras e econômicas de processamento de informações que permitem uma visão aprimorada, tomada de decisão e automação de processos”. A Intel (2014), define como sendo:

Um conjunto de dados extremamente amplos e que, por este motivo, necessitam de ferramentas especialmente preparadas para lidar com grandes volumes, de forma que toda e qualquer informação processada por esses meios possa ser encontrada, analisada e aproveitada em tempo hábil: O valor do *Big Data* está no insight que ele produz quando analisado – buscando padrões, derivando significado, tomando decisões e, por fim, respondendo ao mundo com inteligência.

Na literatura pesquisada sobre o assunto, as definições disponíveis tratam o tema se utilizando de características. Doug Laney (2001) utiliza a notação 3V para designar as principais características que são:

- Volume: organizações coletam dados de grande variedade de fontes, incluindo transações comerciais, redes sociais e informações de sensores ou dados transmitidos entre máquinas. Novas tecnologias têm possibilitado realizar esse requisito de armazenamento que era muito difícil de ser cumprido antes do aparecimento do *Big Data*;

- Velocidade: a velocidade dos dados aumentou substancialmente nos últimos anos. Tratá-los em tempo hábil sem perder qualquer tipo de informação também é um desafio;

c. variedade: dados estruturados são complicados de serem coletados e armazenados em um repositório comum. Mesmo possuindo padrões, ainda assim necessita-se realizar normalização de tabelas para que se tenha um entendimento do que se está tratando. O problema é potencializado quando são adicionados textos, e-mails, vídeos, áudios e sons sem padrão. Como não há padronizações, denomina-se esses de dados não estruturados. Ainda há os dados que são semi-estruturados, caracterizados por possuírem padrões heterogêneos, e portanto, são difíceis de serem identificados por seguirem diversos padrões. Com isso, aumenta-se a faixa de atuação do *Big Data*;

Há uma linha de raciocínio mais abrangente, como relata Gomes (2018), que acrescentam outras duas características em complemento ao 3V, formando 5V:

- Veracidade: esta dimensão inclui a consistência dos dados (confiabilidade estática) e a confiabilidade dos dados definida pelo número de fatores (incluindo a origem dos dados, métodos de coleta, processamento e infraestrutura confiável).

- Valor: definida pelo valor agregado que o dado coletado pode trazer para um processo, atividade ou hipótese.

FIGURA 1 5V do *Big Data*



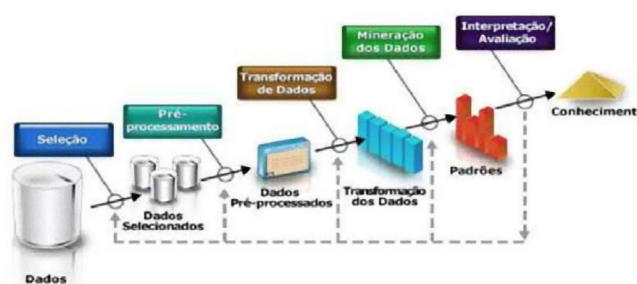
Fonte: Laney (2001)

O principal objetivo do *Big Data* é produzir conhecimento por meio de bancos de dados. Para atingir esse alvo, Fayyad (1996) propôs uma metodologia de “Descoberta de conhecimento em Banco de Dados (KDD):

KDD é um processo, de várias etapas não trivial, iterativo e interativo, para identificação de padrões compreensíveis, válidos, novos e potencialmente úteis a partir de grandes conjuntos de dados.

A metodologia é dividida em 05 (cinco) etapas, conforme mostra a figura 2.

FIGURA 2 Etapas do *Big Data*



Fonte: Fayyad (1996)

Ainda segundo Fayyad (1996), as cinco etapas são as seguintes:

- Seleção: é o momento em que é realizada a coleta dos dados que serão avaliados no KDD. A qualidade do dado levantado nessa fase pode impactar diretamente o resultado;

- Pré-processamento: após coleta dos dados realizada na fase anterior, é realizada uma filtragem para retirada de caracteres indesejados, ruídos ou informações incompletas. Esses erros ocorrem, geralmente, em bases de dados heterogêneas que não possuem devido tratamento de dados;

- Transformação: objetiva adequar os dados em uma estrutura e formatação necessária conforme exigido no algoritmo de mineração de dados (próxima fase). Na transformação, ocorre a conversão de tipos de dados;

- Mineração: processo automático ou semi-automático que utiliza algoritmos e visa explorar e analisar grandes bases de dados, objetivando encontrar novos padrões e regras úteis e compreensíveis para o analista; e



- Exibição dos resultados: são realizadas seleções e ordenações das descobertas de interesse, gerando relatórios de resultados.

Segundo o Westcon (2019), caso seja implementado de forma correta, o *Big Data* pode trazer vários benefícios como por exemplo melhoria na tomada de decisão, identificação de padrões, acompanhamento da concorrência, melhores estratégias de marketing, relacionamento com o cliente, otimização de processos internos, gerenciamento de risco e melhoria da cibersegurança.

3 HADOOP

Uma das formas de implementação do *Big Data* é por meio da utilização do Apache Hadoop. Conforme o próprio site, o Apache Hadoop é um projeto que desenvolve software de código aberto para computação distribuída, confiável e escalável. Sua biblioteca é uma estrutura que permite o processamento distribuído de grandes conjuntos de dados entre *clusters* (conjunto de computadores que compartilham um sistema de arquivos) de computadores, usando modelos de programação simples. Ele foi projetado para expandir de servidores único para milhares de máquinas, cada uma oferecendo computação e armazenamento local. Em vez de confiar no hardware para oferecer alta disponibilidade, a própria biblioteca foi projetada para detectar e lidar com falhas na camada de aplicativos, oferecendo um serviço altamente disponível em cluster de computadores, cada um dos quais pode estar sujeito a falhas. (HADOOP, 2019)

Os benefícios da utilização do Hadoop iniciam por ser um software de código aberto, ou seja, não há necessidade de pagamento. Segundo o site SAS (2019), apesar disso, versões comerciais (chamadas de “distros”) têm sido lançadas. Essas distros são pagas e o usuário recebe capacidades adicionais relacionadas à segurança, governança, SQL, consoles de gestão/administração, treinamento, documentação e outros serviços. Os distros mais populares são Cloudera, Hortonworks, MapR,

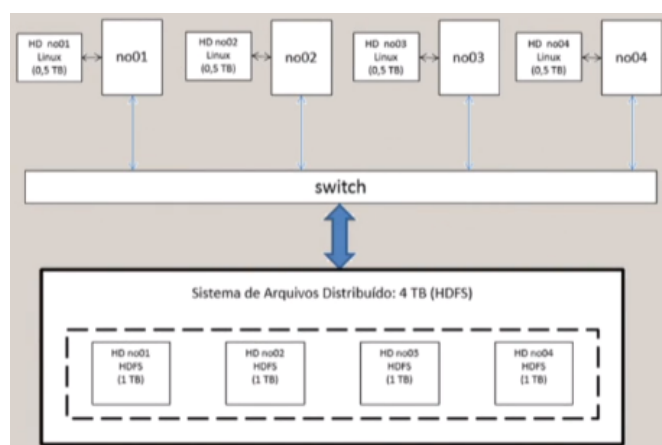
IBM BigInsights e PivotalHD.

Segundo CETAX, outros benefícios do uso do Hadoop são:

- Escalabilidade e desempenho: permite armazenar, gerenciar, processar e analisar dados em escala de petabytes;
- Confiabilidade: a ferramenta é resistente à falhas por conta de replicação; e
- Flexibilidade: há possibilidade de armazenar os dados em qualquer formato.

O Hadoop é um sistema que é instalado em plataforma operacional Linux. Verificou-se que a instalação no CentOS possui menos erros de instalação que outras distribuições. O sistema de arquivos utilizado pelo Hadoop é o HDFS (*Hadoop Distributed FileSystem*, ou Sistema de Arquivos Distribuído do Hadoop). Foi projetado para armazenar arquivos muito grandes, escrever uma vez e ler muitas vezes e funcionar com *commodity hardware* que são definidas como máquinas simples com preço acessível, mas que não significa baixa capacidade. Cada computador que constitui o *cluster* terá uma pequena partição para armazenar o sistema operacional. A figura 3, mostra a arquitetura de um *cluster* com 04 (quatro) computadores.

FIGURA 3 HDFS



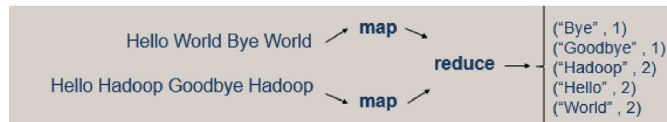
Fonte: Estácio de Sá (2019)

Enquanto sistemas operacionais normais operam com blocos de disco de 1KB (1024 bytes), o HDFS trabalha, por padrão,

com 64 MB. Entretanto, esse valor pode chegar à 128 MB. (Estácio de Sá, 2019)

O principal processo executado é o MapReduce que trabalha com mapeamento de tarefas que gera um par de chave e valor e depois executa com a redução do tamanho de um arquivo, tendo como base o par de chave e valor. Um exemplo de como esse processo é realizado é mostrado na figura 4.

FIGURA 4 MapReduce



Fonte: Estácio de Sá (2019)

A versão mais recente do Hadoop possui um módulo chamado de YARN (*Yet Another Resource Negotiator* – ainda outro negociador de recursos) que é constituído por uma estrutura de agendamento de tarefas e gestão de recursos de *clusters* (Pinto, 2015). Sua arquitetura é constituída dos seguintes componentes:

- *ResourceManager*: agente que arbitra os recursos (CPU, memória, disco, rede etc.) entre todas aplicações do sistema. É constituído de *scheduler* e *ApplicationManager*;

- *Scheduler*: aloca recursos às várias aplicações em execução;

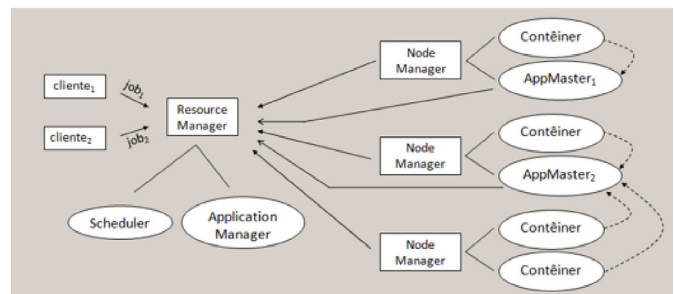
- *ApplicationManager*: negocia com os contêineres para execução da aplicação de tarefas. Também é responsável por monitorar erros;

- *NodeManager*: Responsável pelos contêineres, monitorando os recursos utilizados por eles, e fornecendo relatórios desses usos para o *Scheduler*; e

- *ApplicationMaster*: encarregado de negociar contêineres do *Scheduler*. Trabalha com o *NodeManager* para executar tarefas.

A figura a seguir mostra como uma tarefa solicitada por um cliente é desenvolvida no Hadoop versão 2.

FIGURA 5 Arquitetura do Yarn



Fonte: Estácio de Sá (2019)

Segundo SAS, outros componentes de software podem ser executados sobre ou junto com o Hadoop. Esses softwares formam o ecossistema Hadoop. A utilização não é obrigatória e depende dos requisitos do cliente. Alguns exemplos são:

- Ambari: interface web para gerir, configurar e testar serviços e componentes do Hadoop;

- Avro: software para troca de dados serializados e serviços;

- Cassandra: banco de dados distribuído;

- Drill: interface para smartphones e *internet banking*;

- Flume: coleta, agrega e coloca grandes quantidades de fluxos de dados em HDFS;

- HBase: banco de dados distribuído e não relacional. As tabelas podem servir como entradas ou saídas para trabalhos e *MapReduce*;

- HCatalog: gestor de tabelas e armazenamento que ajuda usuários a acessar e compartilhar dados;

- Hive: *Data Warehouse* e uma linguagem de consulta semelhante ao SQL que apresenta dados na forma de tabelas;

- Mahout: trabalha com algoritmo de aprendizado de máquina e biblioteca de mineração de dados;

- Oozie: organizador de tarefas;



- Pig: plataforma para manipular dados armazenados em HDFS que inclui um compilador para programas *MapReduce* e uma linguagem de alto nível, chamada de *Pig Latin*.

- Solr: ferramenta escalável que inclui indexação, confiabilidade, configuração central, tolerância a falhas e recuperação;

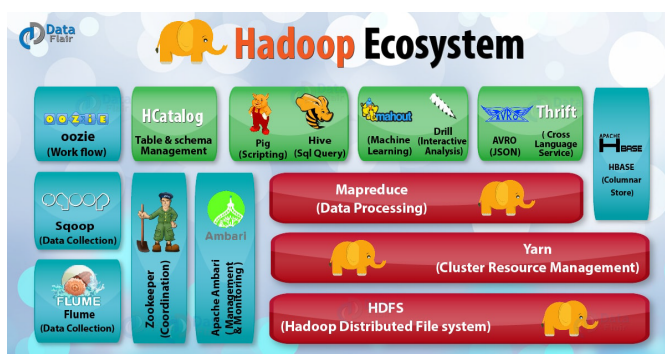
- Spark: estrutura de computação em cluster com inteligência analítica *in-memory*;

- Squirrel: mecanismo de conexão e transferência que movimenta dados entre Hadoop e bases de dados relacionais; e

- Zookeeper: coordena o processamento distribuído.

A figura 6 mostra o atual ecossistema Hadoop com alguns softwares que foram necessários, nesse caso.

FIGURA 6 Exemplo de arquitetura do sistema Hadoop



Fonte: Data-Flair (2019)

4 LOCAIS DE IMPLEMENTAÇÃO E CASOS DE SUCESSO

Atualmente, um dos fatores que permite a vantagem competitiva é a análise de informações de forma fidedigna. Várias empresas necessitam do entendimento do mundo que a cerca para tomada de decisão.

Um dos locais que mais utilizam o *Big Data* é o comércio varejista. Necessidade de conhecer como, quando, por que, o que um cliente compra são exemplos de perguntas que melhoram o rendimento das vendas. Chin

et al (2016) descreve o caso de estudo da Amazon. A Amazon era uma empresa que vendia algumas quantidades de livros até os anos 2000. Em 2004, após a percepção do comportamento de seus clientes, a Amazon expandiu os seus negócios e seus serviços. Chegou ao ponto de disponibilizar a plataforma de *Big Data* para que outras empresas pudessem realizar a mesma operação.

Outro local que é de interesse são hospitais. Alguns conhecimentos podem trazer respostas para demandas que não foram completamente solucionadas. Por exemplo, ao comparar o local onde um paciente vive e sua doença com outras pessoas, poder-se-ia chegar a uma conclusão que a localidade é endêmica. Oliveira (2014) mostra que grande parte dos hospitais norte-americanos usam o *Big Data*, como é o caso do *Reliant Medical Group*, em Boston. O hospital utiliza acessórios da Apple e Google, como *smartwatches*, para servirem como sensores para monitorar saúde de cardíacos, por exemplo.

As operações bancárias também necessitam de conhecimentos que podem ser providos por sistemas de *Big Data*. Saber se uma operação foi realmente executada por um cliente, baseado em seu perfil, é um exemplo que Prakash (2015) descreve. O Hadoop é uma das ferramentas mais aplicadas nesse ramo, principalmente para uso de linguagens que não são baseadas apenas em SQL. Além disso, milhares de transações bancárias são realizadas por dia. Fazer um sistema resiliente a erros é um grande desafio.

Dentro da administração de cidades também é possível perceber a utilização de *Big Data*. Segundo Cheng (2015), o software chamado de CiDAP (*City Data and Analytics Platform*) foi capaz de elevar a cidade de Santander à condição de cidade inteligente que consegue responder a questionamentos como relacionados à energia, coleta de lixo, serviços prestados pela prefeitura e trafegabilidade. Há de se ressaltar que o referido projeto possui uma parte onde foi implementado o Hadoop para absorver dados não estruturados.

O Sistema Jurídico no Brasil já aplica sistemas de *Big Data*. Segundo Melo (2017), o *Big Data* no Judiciário mostra como dados impactam nos negócios dos tribunais (distribuição de justiça) e como a presidência da corte pode tomar ações antecipadas, especialmente para conferir mais celeridade aos Tribunais de Justiça.

No mundo militar, há alta demanda para com dados e informações que exigem a mais alta segurança. Andrejevic e Gates (2014) abordam que as principais agências de inteligência norte-americanas (NSA, CIA e forças militares) trabalham com *Big Data*. Em outras palavras, não é apenas um requisito para melhorar as capacidades de defesa, mas também de segurança. Silva (2016) destaca o uso de *Big Data* ao dizer que “suas possíveis aplicações militares vêm sendo exploradas especialmente no que se refere à modelagem e à simulação, assim como em atividades de teste e avaliação”. Várias são as possibilidades de se utilizar o *Big Data* e Hadoop em operações militares.

Vários outros casos de estudo de *Big Data* existem e são possíveis de utilização. Os exemplos supracitados dão uma noção ao leitor de como a tecnologia é poderosa e pode trazer benefícios.

5 DESAFIOS

A implementação do Hadoop não é uma atividade simples. A primeira definição que se deve realizar é saber o porquê da implementação do Hadoop. Muitos demandantes não sabem o que podem extrair com essa poderosa ferramenta. Após um processo de análise que pode ser muito custoso, o decisor pode entender que aquela informação extraída não é de interesse.

Após decidir sobre a implementação do Hadoop e levantado os requisitos de utilização, faz-se necessária a definição de arquitetura do sistema. Conforme dito no capítulo 3 (Hadoop), não há necessidade de implementar todas as ferramentas do ecossistema, mas há

necessidade de “pinçar” as ferramentas que atenderão às necessidades elencadas para que, em um momento posterior, haja a sincronização.

Em termos de necessidades, muitos comerciantes dirão que *Business Intelligence* (BI) possui as mesmas capacidades que o *Big Data*. Entretanto, segundo Fiveacts (2014), tal assertiva é falsa. “Enquanto as soluções de *Big Data* servem para minerar dados de forma mais precisa, a ferramentas de BI analisam e condensam informações para tomada de decisões. É uma dupla infalível para a competitividade da empresa”. Verifica-se que BI é algo mais personalizado, enquanto *Big Data* é mais amplo. Os dois não se substituem, se complementam. Portanto, de acordo com os requisitos postos em cena, o BI poderá ser uma opção a ser considerada.

Segundo Ferreira e Picchetti (2018), em empresas com muito tempo de operação, um dos grandes desafios é a mudança de paradigmas relacionado aos recursos humanos. Para que o sistema funcione com efetividade, há necessidade do uso de dados fidedignos. Por exemplo, se os funcionários de um determinado hospital não lançam dados ou dados incorretos referentes a procedimentos médicos, o sistema produzirá informações erradas e, por consequência, entrará em descrédito. Há necessidade de realizar trabalhos de conscientização dos funcionários para que o Hadoop funcione corretamente.

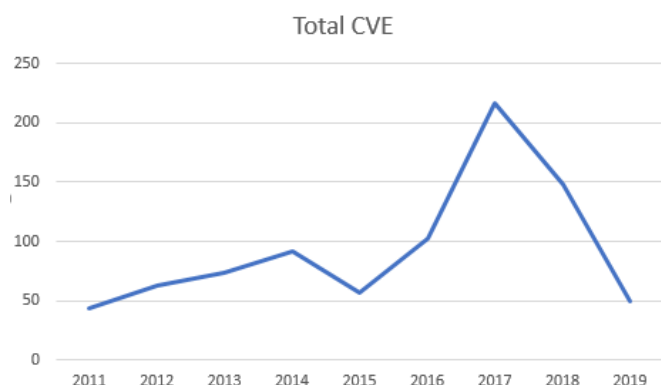
A implementação em si é outro desafio que ocorre. O Hadoop é baseado em Java 1.7 que já está desatualizado. Isso ocorre porque os javas novos ainda não foram personalizados às demandas que o Hadoop possui. Dessa forma, na própria instalação da ferramenta, há necessidade de instalação do Java 1.7 de forma prévia. Isso traz problemas de segurança.

Outro desafio é achar os softwares que constituem o ecossistema do Hadoop de forma compatível. Gomes (2017) relata que em sua experiência teve problemas com o Kettle (versão 6.0) e o Apache Cassandra (versão 3.4).

Assim como o Java, houve a necessidade de buscar uma versão mais antiga do Cassandra (2.0.17) para que a sincronização fosse realizada.

Outro problema é em relação à hardware. Segundo Hortonworks (2019), os softwares do ecossistema Hadoop necessitam de muita memória disponível e dedicada. A versão do Hortonworks que é utilizada para testes, treinamentos e aprendizado solicita 8 GB de memória RAM, minimamente, para que as funcionalidades sejam utilizadas com efetividade. Em outras palavras, em lap tops normais (possuem cerca de 8GB) não é possível o uso. Em usos profissionais, esses requisitos aumentam de acordo com o *commodity hardware* que está sendo utilizado.

FIGURA 6 Quantidade de vulnerabilidades, expressadas por CVE



Fonte: Bhathal e Singh (2019)

Até o momento no ano de 2019, foram descobertas 49 vulnerabilidades. Dessa forma, colocar um ativo de Tecnologia da Informação conectado diretamente à Internet não é um bom procedimento. Há necessidade de inserir instrumentos de segurança, como IPS, IDS e uma tabela de *iptables* extremamente restritiva para o Hadoop.

CONCLUSÃO

O ponto de interseção dos casos mencionados no capítulo 4 (locais de implementa-

ção e casos de sucesso) é justamente a necessidade de analisar dados que estão cada vez maiores, em vários formatos, em menor tempo, com maior assertividade e que tragam valores diferenciados em um ambiente de competição.

Tudo isso se constitui em desafios para analistas que, não conseguem realizar o trabalho com o mesmo *modus operandi* de tempos atrás, ou seja, por si próprio. Há necessidade de empregar ferramentas adequadas para atingir o objetivo final.

Da mesma forma, decisores não conseguem mais realizar um procedimento e tomada de decisão sem utilizar os dados que acerbam o negócio de sua empresa. Qualquer informação que não for passada poderá ter impacto grande. Portanto, trazer a informação de forma rápida e fidedigna pode levar a empresa à liderança ou ao fim, no ambiente de competição.

Cada vez mais, a tecnologia da informação e comunicação evolui. Robôs e procedimentos automatizados têm conseguido dar resultados a demandas de análise de dados, utilizando-se de aprendizado de máquina, inteligência artificial e cognitiva. Profissionais que trabalham com análise poderão ser substituídos por esses instrumentos de automação, caso não acompanhem a evolução. Em outras palavras, conhecer ferramentas de *Big Data* será um requisito para analistas de diversos setores.

O Hadoop é uma forma de levar a capacidade de *Big Data* ao analista. É uma forma de buscar informações em um oceano de dados. Por ser de código aberto, possui grande aceitação no mercado e tem se atualizado no decorrer dos tempos, trazendo resultados às demandas solicitadas.

O software apresentado nesse artigo prima pela simplicidade de implementação. Respondendo às demandas de volumetria, rapidez, diversificação de formatos e veracidade, a ferramenta é capaz de agregar valor em um processo de análise. Portanto, verifica-se que atualmente, ferramentas para análise do *Big*

Data são uma necessidade para o analista de TI, sendo o Hadoop uma opção atrativa e de código aberto.

HADOOP: A NEED FOR ANALYSTS

ABSTRACT: BIG DATA IS A TERM THAT IS CURRENTLY IN VOGUE. THE NEED TO SEARCH A LARGE AMOUNT OF DATA IN DIFFERENT FORMATS, RESULTING IN FAST, ASSERTIVE AND VALUABLE PRODUCTS THAT OPPONENTS DO NOT POSSESS IS HIGH IN A COMPETITIVE ENVIRONMENT. TO DO SO, ANALYSTS NEED TOOLS THAT MEET THESE REQUIREMENTS SO THAT THEIR BOSSES CAN BETTER CARRY OUT THE DECISION-MAKING PROCESS. HADOOP IS ONE OF THESE TOOLS AND ITS USE WILL BE DISCUSSED AS THE MAIN PURPOSE OF THIS ARTICLE. OTHER SPECIFIC OBJECTIVES ARE TO CHARACTERIZE BIG DATA AND HADOOP AND TO SHOW THE CHALLENGES OF IMPLEMENTING THE FUNCTIONALITY.

KEYWORDS: BIG DATA, DATA, DECISION, TOOLS, HADOOP

REFERÊNCIAS

- Andrejevic, Mark e Gates, Kelly. Big Data Surveillance: Introduction. Disponível em: https://ojs.library.queensu.ca/index.php/surveillance-and-society/article/download/bds_ed/bds_editorial. Acessado em 15 de setembro de 2019.
- Bathal, Gurjit Singh e Singh, Amardeep. Big Data: Hadoop framework vulnerabilities, security issues and attack. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590005619300025>. Acessado em 15 de setembro de 2019.
- Begoli, E. and Horey, J. (2012). Design principles for effective knowledge discovery from big data. In Software Architecture (WICSA) and European Conference on Software Architecture (ECSA), 2012 Joint Working IEEE/IFIP Conference on, pages 215– 218. IEEE
- Cetax. Hadoop: o que é, conceito e definição. Disponível em: <https://www.cetax.com.br/blog/apache-hadoop/>. Acessado em 14 de setembro de 2019.
- Chede, Cesar. Software, Open Source, SOA, Innovation, Open Standards, Trends. Disponível em: https://www.ibm.com/developerworks/community/blogs/ctaurion/entry/conhecendo_hadoop?lang=en. Acessado em 10 de setembro de 2019.
- Chen, H. (2001), "Knowledge management systems: a text mining perspective", Arizona: Knowledge Computing Corporation.
- Cheng, Bin et al. Buiding a Big Data Platform for Smart Cities: Experience and Lessons from Santander. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/280572509_Building_a_Big_Data_Platform_for_Smart_Cities_Experience_and_Lessons_from_Santander_BigData2015-5084. Acessado em 14 de setembro de 2019.
- Chin, Ong Eu et al. The Evolution of e-commerce: A case study on Amazon. Disponível em: https://www.academia.edu/30175817/Evolution_of_E-Commerce_Amazon_case_study. Acessado em 14 de setembro de 2019.
- Cozza, R., Milanese, C., Gupta, A., Nguyen, T. H., Lu, C. K., Zimmermann, A., & De La Vernege, H. J. (2011), "Market Share Analysis: Mobile Devices", Gartner Report, Disponível em: <http://www.gartner.com/newsroom/id/1689814>. Acessado em 08 de agosto de 2019.
- Data-Flair. Hadoop Ecosystem and their componentes – A complete tutorial. Disponível em: <https://data-flair.training/blogs/hadoop-ecosystem-components/>. Acessado em 14 de setembro de 2019.
- Dean, Jeffrey e Ghemawat, Sanjay. MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters. Disponível em: <https://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/pt-BR//archive/mapreduce-osdi04.pdf>. Acessado em 10 de setembro de 2019.
- DiFranzo, D., Zhang, Q., Gloria, K., Hendler, J. (2013). "Large Scale Social Network Analysis Using Semantic Web Technologies", AAAI Fall Symposium Series.
- Estácio de Sá. Apostila de Tecnologias Avançadas: 2019.
- Fayyad, U. et al. The KDD process for extracting useful knowledge from volumes of data. Communications of the ACM, v. 39, no 11, p. 27-35, 1996.
- Ferreira, Pedro Guilherme e Picchetti, Paulo. A era do Big Data e suas implicações para o acompanhamento macroeconômico. Disponível em : <https://blogdoibre.fgv.br/posts/era-do-big-data-e-suas-implicacoes-para-o-acompanhamento-macroecnomico>. Acessado em 15 de setembro de 2019.
- Fiveacts. Afinal, qual a diferença entre Business Intelligence e Big Data. Disponível em: <https://www.fiveacts.com.br/afinal-qual-diferenca-entre-business-intelligence-e-big-data/>. Acessado em 15 de setembro de 2019.
- Gartner. Big data. Disponível em: <https://gartner.com/>



it-glossary/big-data/. Acessado em 10 de setembro de 2019.

Gomes, Pedro César Tebaldi. Os 5Vs do Big Data. <https://www.datageeks.com.br/5vs-do-big-data/>. Acessado em 10 de setembro de 2019.

Hadoop. The Apache Hadoop. Disponível em: <https://hadoop.apache.org/>. Acessado em 14 de setembro de 2019.

Hazen, Benjamin T. e Jones-Farmer, L. Alisson. Statistical perspective on “big data”. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527314001339>. Acessado em 10 de setembro de 2019.

Intel. Introdução à Big Data: como avançar com uma implantação bem-sucedida. Disponível em: intel.com.br/content/dam/www/public/lar/br/pt/documents/articles/e7-big-data-planning-guide-webready-por.pdf. Acessado em 10 de setembro de 2019.

Hortonworks. Hortonworks Sandbox with VirtualBox. Disponível em http://hortonworks.com/wp-content/uploads/2015/04/Import_on_VBox_4_07_2015.pdf. Acessado em 15 de setembro de 2019.

Laney, Doug. 2001. 3-D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity and Variety. Meta Group Research Note, 6 de fevereiro.

Melo, Thiago. Big Data no Judiciário: como a análise de dados pode tornar a justiça mais ágil. Disponível em: <https://www.sajdigital.com/tribunal-de-justica/big-data-no-judiciario/>. Acessado em 14 de setembro de 2019.

Moreno-Cano, V., Terroso-Saenz, F., and Skarmeta-Gomez, A. F. (2015). Big data for iot services in smart cities. In Internet of Things, 2015 IEEE 2nd World Forum on, pages 418–423. IEEE.

Oliveira, Débora. Hospital norte-americano usa Big Data para analisar informações de pacientes. Disponível em: <https://www.itforum365.com.br/hospital-norte-americano-usa-big-data-para-analisar-informacoes-de-pacientes/>. Acessado em 14 de setembro de 2019.

Prakash, Om et al. Banking on Big Data: a case study. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/297420730_Banking_on_big_data_A_case_study. Acessado em 14 de setembro de 2019.

Pinto, Helder. Introdução ao Hadoop Yarn. Disponível

em: <https://www.infoq.com/br/presentations/introducao-ao-hadoop-yarn/>. Acessado em 14 de setembro de 2019.

SAS. Hadoop: O que é e qual a sua importância. Disponível em: https://www.sas.com/pt_br/insights/big-data/hadoop.html. Acessado em 14 de setembro de 2019.

Silva, Peterson Ferreira da. A Guerra do futuro já começou e o Brasil enfrenta o desafio do abismo tecnológico. Disponível em: <http://ebrevistas.eb.mil.br/index.php/CEEEExAE/article/download/2116/1710/>. Acessado em 15 de setembro de 2019.

Tan, W., Blake, M. B., Saleh, I., Dustdar, S. (2013), “Social-Network-Sourced Big Data Analytics”. Internet Computing. IEEE Computer Society, v. 17, n. 5, p. 62-69.

Tulloch, Mitch. Business data storage is i setting cheaper – or is it? <http://techgenix.com/business-data-storage-costs/>. Acessado em 08 de agosto de 2019.

Westcon. Quais os benefícios do Big Data analytics para os negócios. Disponível em: <https://blogbrasil.westcon.com/quais-os-beneficios-do-big-data-analytics-para-os-negocios>. Acessado em 10 de setembro de 2019.

Eliezer de Souza Batista Junior é bacharel em Ciências Militares pela Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN) e Sistemas de Informações (FIP/RO). É pós-graduado de forma latu sensu em Guerra Eletrônica, Cibernética e Análise de Malware; e de forma strictu em Sistema Tático de Enlace de Dados. Atualmente, está realizando pós graduação em Big Data e Análise de dados na faculdade Estácio de Sá e exerce a função chefe da Subdivisão de Gestão de TI do Hospital das Forças Armadas, em Brasília. Pode ser contactado pelo email eliezer.batista@eb.mil.br.

Rôber Yamashita é bacharel em Ciências Militares (Comunicações) pela Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN). É pós-graduado em Criptografia e Segurança de Redes pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Mestre pela Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais (EsAO) e doutorando pela Asia e University (Malásia). Atualmente, é aluno do Curso de Comando e Estado-Maior da Escola de Comando e Estado-Maior do Exército (ECEME) e pode ser contactado pelo email yamashita.rober@eb.mil.br.



ÁREA DE CONCENTRAÇÃO



**CIÊNCIA E
TECNOLOGIA**

A INFLUÊNCIA DO EMPREGO DO SISTEMA DE ENTREVISTA INFORMATIZADO NO PROCESSO DE SELEÇÃO COMPLEMENTAR DO 9º BATALHÃO DE COMUNICAÇÕES E GUERRA ELETRÔNICA NO BIÊNIO 2018/2019

RAPHAEL MACHADO DA SILVA RODRIGUES¹, MÁRCIO MASSAHIKO TAKANO²
Pós-graduado em Ciências Militares¹, Mestre em Ciências Militares²

RESUMO: O PRESENTE ESTUDO TRATA SOBRE A INFLUÊNCIA DO EMPREGO DO SISTEMA DE ENTREVISTA INFORMATIZADO NO PROCESSO DE SELEÇÃO COMPLEMENTAR DO 9º BATALHÃO DE COMUNICAÇÕES E GUERRA ELETRÔNICA, EM 2018 E 2019. ESSA APLICAÇÃO FOI DENOMINADA DE SISTEMA DE ENTREVISTA DA SELEÇÃO COMPLEMENTAR (SESCOMP) E SEU EMPREGO GEROU UMA RESPOSTA MUITO POSITIVA ENTRE OS MILITARES DO 9º B COM GE, QUE A UTILIZARAM. CIENTE DISSO, A PRESENTE PESQUISA BUSCOU ANALISAR EM QUE NÍVEL SE DEU ESTE IMPACTO POSITIVO DO SISTEMA SOBRE O PROCESSO DE SELEÇÃO COMPLEMENTAR. PARA SE CHEGAR A UMA MEDIDA, VALEU-SE DE INDICADORES ELENCADOS POR DeLONE E McLEAN (1992) PARA MEDIÇÃO DO SUCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO, CONFORME EXPLANADO NA REVISÃO DA LITERATURA. ESSES INDICADORES FORAM RELACIONADOS A PERGUNTAS DO QUESTIONÁRIO APLICADO, QUE EMPREGOU A ESCALA LIKERT, CHEGANDO-SE AOS RESULTADOS INDIVIDUAIS DE INCIDÊNCIA EM CADA INDICADOR. APÓS ISSO, FOI REALIZADA A MÉDIA DESSES INDICADORES E, ASSIM, FEITA A GENERALIZAÇÃO DO MÉTODO INDUTIVO, OBTENDO-SE O RESULTADO DE 90% DE INCIDÊNCIA POSITIVA, CONSIDERANDO-SE AS OPÇÕES ALTA E MÉDIA. DESSA FORMA, DEVIDO AO ELEVADO NÍVEL DE INFLUÊNCIA FAVORÁVEL, A PESQUISA VALIDOU O EMPREGO DO SESCOmp EM APOIO AO PROCESSO DE SELEÇÃO COMPLEMENTAR E PROPÔS UM MODELO DE REQUISITOS OPERACIONAIS BÁSICOS DE UM SISTEMA INFORMATIZADO DE ENTREVISTA, DE MANEIRA A CONTRIBUIR COM O EXÉRCITO BRASILEIRO NA MELHORIA DO PROCESSO DE SELEÇÃO COMPLEMENTAR.

PALAVRAS-CHAVE: SELEÇÃO COMPLEMENTAR. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO. SISTEMA DE ENTREVISTA DA SELEÇÃO COMPLEMENTAR (SESCOMP). REQUISITOS OPERACIONAIS BÁSICOS DO SESCOmp

INTRODUÇÃO

Em 2017, a Seção de Tecnologia da Informação (STI) do 9º Batalhão de Comunicações e Guerra Eletrônica (9º B Com GE) recebeu a missão de desenvolver uma aplicação informatizada para ser empregada na entrevista da seleção complementar (SC) do ano seguinte, 2018. Essa foi chamada de Sistema de Entrevista da Seleção Complementar (SESComp), sendo novamente utilizada em 2019. Abaixo, podemos ver na Figura 1, a representação de sua tela principal:

Dessa forma, a STI/9º B Com GE deveria elaborar uma ferramenta que auxiliasse as equipes de seleção na execução das entrevistas e o comando da organização militar (OM) na tomada de decisão quanto à escolha dos que iriam servir.

FIGURA 1 Tela principal do SESCOmp

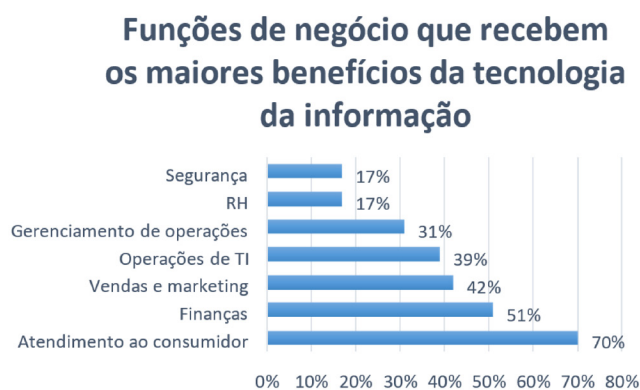


Fonte: o autor

As entradas do sistema eram as respostas às perguntas (valoradas conforme entendimento da direção da unidade) do formulário de entrevista e o resultado da avaliação de aptidão profissional. As saídas foram os relatórios de classificação dos conscritos (ordenamento de acordo com somatório da pontuação recebida nas perguntas) e o de exclusão direta (corte da relação anterior de acordo com perguntas eliminatórias).

A tecnologia da informação (TI) desempenha um papel essencial na implantação de iniciativas relacionadas a melhoria de processos nas organizações, aumentando a inteligência de funções de negócios, entre elas as de recursos humanos (RH) (BALTZAN; PHILLIPS, 2012), conforme visto no Gráfico 1.

GRÁFICO 1 Benefícios da TI nos negócios



Fonte: BALTZAN; PHILLIPS, 2012, p. 7

Segundo Audy, Andrade e Cidral (2007), uma implementação de sistema de informação (SI) tem sucesso quando ocorre a melhoria do processamento das informações e do processo decisório. Dessa forma, ciente da importância de bem selecionar recursos humanos para o Exército Brasileiro (EB) e coerente com o estado da arte de uso de SI no mundo corporativo, esta pesquisa procurou medir o nível de influência positiva do emprego do SESComp sobre o desempenho do processo de seleção complementar, segundo a percepção dos envolvidos nesta atividade e restringindo o estudo a certo número de impactos individuais e organizacionais, selecionados para este trabalho. Como resultado prático, este trabalho sugere uma proposta de Requisitos Opera-

cionais Básicos (ROB) dessa aplicação, com base, também, no que foi levantado no estudo.

2 PROBLEMA

No EB, cada vez mais, faz-se uso da TI, que auxilia diretamente a produção e controle das informações do Campo de Batalha, conforme se observa no Manual de Fundamentos da Doutrina Militar Terrestre:

A informação é o componente primordial da Era do Conhecimento. A produção, a obtenção, a disseminação e o emprego de informações relevantes, seletivas e oportunas – e com credibilidade – têm relação direta com a qualidade do processo decisório. São ações imprescindíveis no Espaço de Batalha, desempenhadas com suporte de Tecnologias da Informação e Comunicações (TIC) (BRASIL, 2014, p. 4-5, grifo nosso).

Na vida administrativa, observa-se também o cuidado da Força Terrestre em aperfeiçoar suas rotinas de trabalho. O uso de ferramentas como o Sistema de Boletim e Alterações (SisBol), Sistema de Protocolo Eletrônico de Documentos (SPED) e o Sistema Eletrônico de Recrutamento Militar e Mobilização (SERMILMOB) da Diretoria de Serviço Militar (DSM), que auxilia o alistamento “On-Line”, têm aumentado a eficiência e produtividade de processos vitais nas OM.

Assim sendo, buscando-se verificar o grau de efetividade do sistema de entrevista no aperfeiçoamento da sistemática de seleção complementar de OM, a pesquisa teve o seguinte problema a ser trabalhado: em que medida o emprego do SESComp influenciou positivamente o desempenho do processo de seleção complementar do 9º B Com GE, em 2018 e 2019?

3 OBJETIVOS

De forma a apresentar uma solução para a problematização levantada para esta pesquisa, definiu-se o seguinte objetivo geral: analisar o nível de influência positiva do em-



prego do SESComp sobre o desempenho do processo de seleção complementar do 9º B Com GE, em 2018 e 2019.

Por conseguinte, foram selecionados os seguintes objetivos intermediários, de forma que estes auxiliem a consecução do intento geral:

a) Apresentar os conceitos de seleção complementar e de sistema de informação;

b) Identificar um modelo de medidas de sucesso dos SI como base referencial do estudo de acordo com a literatura pesquisada;

c) Selecionar os requisitos de software mais adequados para o desenvolvimento da pesquisa de acordo com a literatura pesquisada;

d) Aplicar um questionário nos usuários do sistema;

e) Realizar uma entrevista com os responsáveis pela aplicação da seleção complementar do 9º B Com GE, em 2018 e 2019;

f) Analisar o nível de influência do SESComp sobre o desempenho do processo de seleção com base os dados coletados; e

g) Propor os requisitos operacionais básicos do SESComp, visando o desenvolvimento futuro de um software semelhante que atenda outras OM do EB.

4 JUSTIFICATIVAS E CONTRIBUIÇÕES

Com o avanço tecnológico, valer-se da tecnologia da informação e do uso de sistema de informação para auxiliar a execução de processos torna-se um fator de obtenção de sucesso nas organizações, sejam públicas ou privadas. Laudon e Laudon (2007, p. 11) afirmam que “Das ferramentas de que os administradores dispõem, as tecnologias e os sistemas de informação estão entre as mais importantes para atingir altos níveis de eficiência e produ-

tividade nas operações [...]”, dizem ainda que “As empresas enfrentam muitos desafios e problemas, e os sistemas de informação são uma das principais maneiras de resolvê-los.” (LAUDON; LAUDON, 2007, p.17).

O objetivo da seleção complementar é realizar a escolha dos conscritos mais aptos a servirem como soldado recruta. Dessa maneira, o sistema de entrevista informatizado foi pensado para otimizar os trabalhos de cadastramento, entrevista, avaliação de aptidão, análise de perfil e, principalmente, auxiliar a tomada de decisão.

Portanto, este trabalho tem como justificativa a busca pelo aperfeiçoamento da sistemática de seleção do Exército, mais especificamente a complementar. Indo, assim, ao encontro de uma das ações estratégicas previstas na diretriz do Diretor de Serviço Militar, conforme visto abaixo:

Entre as ações estratégicas desse Departamento, encontram-se duas, ambas no contexto de aperfeiçoamento da gestão do pessoal, diretamente vinculados a DSM: “Aperfeiçoar as sistemáticas de recrutamento e de seleção” (BRASIL, 2018a, p. 1, grifo do autor).

Como contribuição, oferece um estudo que se distingue por levantar o grau de efetividade do emprego de um sistema voltado à melhoria do processo de seleção complementar de OM. Por fim, como resultado prático, pretende-se propor requisitos operacionais básicos da aplicação estudada, que poderá servir como ponto de partida para o desenvolvimento futuro de uma ferramenta semelhante para uso em todo EB.

5 METODOLOGIA

O presente trabalho possui natureza do tipo aplicada, por buscar como resultado do estudo validar a proposição de ROB do SESComp, fornecendo assim uma aplicação prática. Os procedimentos técnicos, instrumentos de coleta de dados, adotados foram a pesquisa bibliográfica para auxiliar no desenvolvi-

mento da revisão da literatura sobre o assunto, fornecendo o delineamento teórico necessário para a condução desta averiguação, e o levantamento, com a utilização de questionário e entrevista.

Quanto ao objetivo geral foi realizada uma pesquisa do tipo descritiva, utilizando-se o método indutivo, com uma abordagem qualitativa do problema, para se obter o nível de influência positiva do emprego do sistema de entrevista (variável independente) sobre o desempenho do processo de seleção complementar do 9º B Com GE (variável dependente), em 2018 e 2019. Para tanto, definiu-se as seguintes dimensões e indicadores da variável dependente (Quadro 1):

QUADRO 1 Relação de dimensões e indicadores da variável dependente

Variável	Dimensão	Indicadores	Instrumentos de Pesquisa	
			Questionário (Módulo II)	Entrevista
Desempenho do processo de seleção complementar	Individual	Compreensão da Informação	2.a; 3.c; 4.b	Item 4
		Aprendizagem	3.a; 4.a	Não Observado
		Identificação de problemas	2.c; 3.d	Item 4
		Eficácia da decisão	4.c	Item 4
		Melhor produtividade individual	2.b; 3.c	Item 4
		Mudança na decisão	4.d	Não Observado
	Organizacional	Reduções de custos operacionais	5.a	Item 4
		Redução de pessoal	5.b	Item 4
		Ganhos gerais de produtividade	5.c	Item 4
		Eficácia do serviço	5.d	Item 4

Fonte: O autor

Os indicadores foram selecionados conforme a relação de medidas de sucesso de SI no impacto individual e organizacional proposta no modelo de DeLone e McLean (1992), restringindo-se aos que tivessem maior afinidade com estudo em questão e associados ao conceito das principais características que a informação¹ deve possuir de Audy, Andrade e Cidral (2007).

Dessa maneira, com base na generalização realizada sobre a análise da média aritmética das medidas percentuais dos indicadores da variável dependente, pode-se chegar ao nível de influência positiva do SESComp so-

bre o desempenho da seleção complementar. Para isso utilizou-se a escala de Likert, opções escalonadas em determinado grau de qualidade (VIEIRA, 2009), como opções de resposta na aplicação do questionário. No Quadro 2 pode-se ver melhor um modelo da metodologia aplicada nesta pesquisa:

QUADRO 2 Modelo da metodologia aplicada na pesquisa

Opções (Itens de Likert)	Indicador A	Indicador B	Indicador C	Indicador D	Média
Alto	70%	75%	40%	80%	66,25%
Médio	15%	10%	45%	5%	18,75%
Pouco	5%	10%	5%	15%	8,75%
Nenhum	5%	3%	5%	0%	3,25%
Não observado	5%	2%	5%	0%	3%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Generalização por meio de tendência (Indução) com base na média das medidas obtidas em cada indicador (Critérios ALTO e MÉDIO).

Medidas (Itens de Likert)	Média dos Indicadores	Média Agregada (Influência Positiva)
Alto	66,25%	85,0%
Médio	18,75%	

Fonte: O autor

O Quadro 2 mostra como foi desenvolvido o modelo de análise dos dados coletados por meio dos questionários aplicados. Com base na média aritmética de cada indicador de desempenho utilizado, que está atrelado a uma pergunta correspondente do questionário, obtém-se, por generalização, o nível de influência positiva do sistema de entrevista sobre o processo de seleção complementar verificando-se os resultados alcançados nos patamares superiores dos itens de Likert (Médio e Alto).

Por fim, para definição dos requisitos operacionais básicos do SESComp, os itens do bloco III do questionário que possuísem uma incidência de 50% ou mais no critério “Importante e essencial” foram classificados como ABSOLUTOS, sendo altamente necessários para o emprego do sistema. Os itens que obtiveram menos de 50% no critério “Importante e essencial”, mas que adicionado a porcentagem alcançada no critério “Importante, mas não essencial” atingiram 50% ou mais de incidência na soma destes dois critérios, foram classificados como DESEJÁVEIS, os quais não são primordiais para o emprego do sistema, embo-

ra possam ser implementados. Por exclusão, qualquer item que não se enquadrou nos parâmetros estabelecidos para seleção dos ROB do SESComp foi descartado.

5.1 REVISÃO DE LITERATURA

Dentro do contexto da evolução computacional, observa-se a crescente necessidade de utilização de sistemas digitais para o processamento de dados e informação, principalmente nos ambientes corporativos. Torna-se vital para uma instituição ter o controle sobre as informações inerentes ao seu negócio. As quais contribuirão para o melhor gerenciamento e tomada de decisões.

Conforme afirmam Laudon e Laudon (2007, p. 11, grifo nosso):

As empresas estão sempre tentando melhorar a eficiência de suas operações a fim de conseguir mais lucratividade. Das ferramentas de que os administradores dispõem, as tecnologias e os sistemas de informação estão entre as mais importantes para atingir altos níveis de eficiência e produtividade nas operações, especialmente quando combinados com mudanças no comportamento da administração e nas práticas de negócio.

Vê-se, portanto, que no mundo dos negócios, as ferramentas de TI são essenciais para a melhoria da eficiência e produtividade de uma empresa, proporcionando-lhe o que mais importa para ela: o lucro. No contexto de uma instituição militar, como o EB, o foco não é obter ganhos monetários, mas sim produtividade operacional. Conforme observa-se na Ação Estratégica 6.1.1 do Objetivo Estratégico de Tecnologia da Informação 06 do Plano Estratégico de Tecnologia da Informação do Exército Brasileiro de 2018, busca-se a pesquisa e o desenvolvimento na área de TI de forma a incrementar as áreas operacional e logística (BRASIL, 2018b). Assim, o que realmente interessa é empregar a tecnologia para aumentar as capacidades requeridas para “preparar a Força Terrestre, mantendo-a em permanente

estado de prontidão” (BRASIL, 2017, p. 3, grifo do autor).

Vê-se também que a melhoria do processo de mobilização faz parte do objetivo estratégico Nº 1 do Exército (BRASIL, 2017). É evidente o sucesso obtido com a implementação do Sistema Eletrônico de Recrutamento Militar e Mobilização (SERMILMOB), o qual modificou a forma de como era feito o alistamento. O atual processo, baseado nesse sistema informatizado, agilizou e simplificou os procedimentos, além de gerar um efeito positivo para a imagem da Força Terrestre, pois evita a necessidade de comparecimento presencial excessivo de cidadãos na idade do serviço militar às juntas militares, conforme se verifica no trecho da reportagem publicada pela prefeitura de Agudos-SP no portal globo.com, em 13 de dezembro de 2017:

Com a tecnologia cada vez mais presente entre as pessoas, essa praticidade permite que o jovem brasileiro, no ano em que completar 18 anos, realize seu alistamento militar de forma mais prática através da internet. A nova ferramenta irá também facilitar o alistamento de jovens brasileiros que residem no exterior (AGUDOS, 2017).

Isso posto, para realização da pesquisa, definiu-se como critério de inclusão:

- pesquisas, livros, trabalhos monográficos e estudos em geral que tratem sobre o emprego de sistema de informação na melhoria de processos de empresas e instituições;
- pesquisas, livros, trabalhos monográficos e estudos em geral que tratem sobre medidas de sucesso dos sistemas de informação;
- pesquisas, livros, trabalhos monográficos e estudos em geral que tratem sobre requisitos de software ou sistemas de informação;
- manuais, portarias do Exército e documentação em geral que tratem sobre o processo de seleção complementar; e
- manuais, portarias do Exército e do-

cumentação em geral que tratem sobre requisitos operacionais básicos.

Assim, também, foi estabelecido como critério de exclusão: pesquisas, livros, trabalhos monográficos e estudos em geral que tratem de sistemas de informação sem foco na melhoria de processos de empresas e instituições.

5.1.1 Seleção Complementar

Segundo o Art. 17 da Portaria 037 do Departamento-Geral de Pessoal do EB, de 14 de março de 2012 - Normas Técnicas para a Incorporação e Matrícula nas Organizações Militares da Ativa (OMA) e Órgãos de Formação da Reserva (OFR) (EB30-N-30.005), “A seleção complementar é a etapa da incorporação em que as OMA/OFR complementam a seleção dos convocados que lhes foram destinados, visando a selecionar o melhor contingente tipo a incorporar/matricular.” (BRASIL, 2012b).

Ainda, no Art. 20 da EB30-N-30.005, tem-se que “A composição das comissões de seleção complementar (CSC) fica a critério de cada Comandante, Chefe ou Diretor de OMA/OFR.” (BRASIL, 2012b).

Dessa forma, conforme o Art. 21 da EB30-N-30.005, a SC é dividida em: “I – revisão médica/odontológica; II – exame de habilidades específicas; e III – entrevista individual.” (BRASIL, 2012b).

Segundo o Art. 22 da EB30-N-30.005, “A revisão médica/odontológica é procedida de acordo com as Instruções Gerais para Inspeção de Saúde de Conscritos nas Forças Armadas (IGISC).” (BRASIL, 2012b).

Conforme o Art. 23 da EB30-N-30.005, “O exame de habilidades específicas consiste em selecionar os conscritos que possuem habilitações profissionais de interesse da organização militar (OM).” (BRASIL, 2012b). Abaixo, vê-se a aplicação da oficina de habilidade específica de mecânica auto no 9º B Com GE, em 2018 (Figura 2).

Por fim, no Art. 24 da EB30-N-30.005 vê-se que “A entrevista tem por objetivo a obtenção de dados gerais sobre o conscrito, tais como sua formação moral, problemas pessoais, suas aptidões, habilidades e tendências ou inclinações, com vistas a subsidiar o processo de decisão da CSC.” (BRASIL, 2012b). Na Figura 3, vê-se a aplicação da entrevista de seleção complementar no 9º B Com GE, em 2018.

FIGURA 2 Oficina de Habilidades de Mecânica Auto



Fonte: BRASIL, 2018c





Fonte: BRASIL, 2018c

Dessa forma, a seleção complementar é realizada como uma ação seguinte a seleção inicial, de forma a refinar, dentre o universo que é determinado a cada OM, os cidadãos mais aptos a servir como soldado do Exército.

5.1.2 Sistema de Informação

Visto a necessidade de emprego de um SI para incremento organizacional, é importante saber que o mesmo pode ser definido como:

Um conjunto de componentes inter-relacionados que coletam (ou recuperam), processam, armazenam e distribuem informações destinadas a apoiar a tomada de decisões, a coordenação e o controle em uma organização. Além disso, os sistemas de informação também auxiliam os gerentes e trabalhadores a analisar problemas, visualizar assuntos complexos e criar novos produtos (LAUDON; LAUDON, 2017, p. 13).

Não é apenas a tecnologia que está relacionada com os SI, mas também a própria organização e as pessoas envolvidas, com suas respectivas dimensões, conforme se observa nas informações seguintes:

Dimensão tecnológica

A dimensão tecnológica envolve a infraestrutura (hardware, software e comunicações), aplicações de gestão orientadas ao ambiente organizacional interno (intranet, ERP, SAD, SIG), aplicações de gestão orientadas ao ambiente organizacional externo (CRM, Call Center, extranet).

Dimensão organizacional

A dimensão organizacional envolve processos (modelagem de negócio) e abordagens de gestão (mudança, cultura organizacional, liderança).

Dimensão humana

A dimensão humana envolve as pessoas que utilizam os sistemas, bem como aqueles que os desenvolvem e os processos de aprendizagem a eles relacionados [...] (AUDY; ANDRADE; CIDRAL, 2007, p. 116, grifo nosso).

É importante ressaltar que a TI se difere de SI, porém a primeira é peça componente para a implantação da segunda. A ambiguidade existente entre esses dois conceitos é justificada por alguns autores considerarem a TI como sendo o lado tecnológico do SI (AUDY; ANDRADE; CIDRAL, 2007).

Por fim, o mais importante são as informações e o que fazer com estas. É vital saber como transformar dados brutos em algo com-

preensível para a organização de forma produtiva e que facilite a realização de procedimentos e a tomada de decisões. Assim, com base em Audy, Andrade e Cidral (2007), tem-se que a informação gerada pelos SI deve possuir as seguintes características principais: precisa, completa, econômica, flexível, confiável, relevante, clara (simples), veloz, verificável, acessível e segura.

5.1.3 Medidas de Sucesso dos Sistemas de Informação

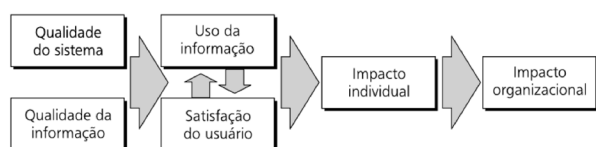
Em nosso estudo, pôde ser verificado que as formas de medição do sucesso ou qualidade dos sistemas de informação variam de acordo com a percepção dos autores ou enfoque dado ao objetivo de cada sistema.

Dias (2002, p. 1), apresenta “um modelo simplificado para avaliação da qualidade de sistema de informação”. Seu estudo concentra-se na apresentação de métricas ligadas ao sucesso de emprego de SI segundo a percepção de seus usuários.

Pressman e Maxim (2016), apresentam os estudos de Garvin (1987) e de McCall, Richards e Walters (1977), os quais descrevem um certo número de dimensões e fatores para determinação da qualidade de software com enfoque no comportamento de funcionamento da aplicação.

Arouck (2001), Audy, Andrade e Cidral (2007) citam e detalham o trabalho de DeLone e McLean (1992), estes dois reuniram diversos estudos sobre esta temática e apresentaram seis dimensões em que podem ser categorizadas as medidas de sucesso dos sistemas de informação, conforme pode ser visto na Figura 4.

FIGURA 4 Dimensões de medidas de sucesso dos SI



Fonte: DELONE; MCLEAN, 1992, p. 87

Segundo Audy, Andrade e Cidral (2007, p. 148), “[...] estudos sobre o sucesso e o fracasso da implementação dos sistemas de informação levou à busca de modelos que permitissem a mensuração da efetividade desses projetos e dos próprios sistemas de informação decorrentes de sua execução.”. Continuam a dizer ainda que:

Em termos organizacionais, o que buscamos avaliar é o quanto o sistema proporciona à empresa que implementa a melhoria do desempenho organizacional e o valor agregado a seus produtos e serviços. Em termos grupais e individuais, a efetividade de um sistema diz respeito ao impacto das informações por ele disponibilizadas sobre o suporte ao controle da operação e ao processo decisório dos diferentes indivíduos e grupos que o utilizam. (AUDY; ANDRADE; CIDRAL, 2007, p. 148, grifo nosso).

O modelo apresentado por DeLone e McLean (1992) “foi uma importante contribuição para a avaliação da efetividade dos SI.” (AUDY; ANDRADE; CIDRAL, 2007, p. 149). Devido a isso, outros autores, como Myers, Kappelman e Prybutok (1997), utilizaram este estudo como base para o desenvolvimento de novas pesquisas relacionadas ao mesmo tema.

Devido o foco desta pesquisa centrar-se sobre os impactos individuais e organizacionais do SESComp sobre o processo de seleção complementar, identificou-se que o modelo de DeLone e McLean (1992) era o mais adequado para o desenvolvimento do estudo. Logo, definiu-se entre os indicadores de medidas de sucesso de Impacto Individual e Organizacional, propostos pelos autores citados, os que tivessem maior similaridade com o emprego do sistema de entrevista informatizado e estivessem alinhados com as características da informação sob a ótica de Audy, Andrade e Cidral (2007).

5.1.4 Requisitos de software

Entende-se como requisitos operacionais o “Documento que se segue às condicio-

nantes doutrinárias e operacionais no processo de obtenção de sistemas e/ou materiais de emprego militar (SMEM) [...]” (BRASIL, 2019, p. 11, grifo nosso).

Segundo Fernandes e Machado (2017, p. 67), requisito é a “capacidade que um sistema deve possuir para atender às necessidades dos usuários.”. Os requisitos de software podem ser classificados em funcionais e não funcionais. Desta forma, tem-se que:

Um requisito funcional descreve uma funcionalidade a disponibilizar aos usuários de um sistema, caracterizando parcialmente o comportamento deste como resposta aos estímulos a que está sujeito. [...]

Um requisito não funcional corresponde a um conjunto de restrições impostas ao sistema a ser desenvolvido, estabelecendo, por exemplo, quão atrativo, usável, rápido ou fiável é o sistema. (FERNANDES; MACHADO, 2017, p.68-70).

Dentre os requisitos não funcionais, tem-se os seguintes:

Aparência – O aspecto visual e aparte estética do sistema, principalmente a interface gráfica.

Usabilidade – A facilidade de uso do sistema e tudo aquilo que permitir uma experiência de uso mais agradável.

Desempenho – Questões de rapidez, de tempo real, de capacidade de armazenamento e de correção de execução;

Operacional – Características sobre o que o sistema deve fazer para funcionar corretamente no ambiente em que está inserido.

Manutenção e suporte – Atributos que permitem que o sistema seja reparado ou melhorado e que se possam antecipar novas funcionalidades; **Segurança** – Tópicos relacionados ao acesso, à confidencialidade, à proteção e a integridade dos dados;

Cultural e organizacional – Fatores relacionados à cultura e aos hábitos das partes interessadas.

Legal – Leis, regras e normas que se aplicam ao sistema para que este possa ser colocado em funcionamento. (FERNANDES; MACHADO, 2017, p.68-72).

Neste trabalho utilizamos os requisitos funcionais e todos os não funcionais, exceto o Legal, pois foi considerado haver necessidade de um maior conhecimento sobre este aspecto. Sendo assim, na confecção do ROB do SESComp empregaremos os requisitos não funcionais de Aparência, Usabilidade, Desempenho, Operacional, Manutenção e Suporte, Segurança e Cultural e Organizacional.

5.2 COLETA DE DADOS

Para realização do estudo, além da revisão bibliográfica sobre o que já foi tratado sobre o tema, foram empregados entrevistas e questionários que se complementaram de forma a se chegar em uma resposta lógica e objetiva sobre o problema.

5.2.1 Entrevistas

De forma a coletar o máximo de informações sobre o emprego do sistema de entrevista informatizado durante o processo de seleção complementar, facilitar o entendimento sobre o estudo e confrontar com ideias levantadas em outros instrumentos de pesquisa, foi realizada a entrevista com os dois militares diretamente responsáveis pela aplicação do SESComp, no 9º B Com GE, em 2018 e 2019 (Quadro 3).

QUADRO 3 Militares Entrevistados

Nome	Justificativa
MARCOS CEZAR DIAS GIL – Maj EB	S1/Chefe da Comissão de Seleção Complementar do 9º B Com GE em 2018 e 2019
JOSÉ FABIANO DE ANDRADE SILVA – S Ten EB	Adjunto de Comando/Adjunto do Chefe da Comissão de Seleção Complementar do 9º B Com GE em 2018 e 2019/Coordenador das Equipes de Entrevista e Avaliação

Fonte: O autor

5.2.2 Questionário

A população estudada neste trabalho tratou-se de militares cadastrados no sistema



de entrevista informatizado que o empregaram no processo de seleção complementar. No entanto, devido ao enfoque da pesquisa, foram selecionados apenas os militares que desempenharam os papéis de entrevistador/avaliador e de decisor. Outros perfis foram descartados.

Para que se pudesse conduzir a pesquisa, foi necessária a obtenção do tamanho da população de militares que empregaram o SESComp durante o processo de seleção complementar do 9º B Com GE, em 2018 e 2019. Para isso, foram usadas as entrevistas com os dois responsáveis pela aplicação do sistema no 9º B Com GE em comparação com a relação de usuários cadastrados no sistema de entrevista, tanto em 2018 quanto 2019.

Chegou-se ao entendimento que a população era de 35 militares. Para tanto considerou-se somente os militares cadastrados no sistema, eliminando-se as redundâncias no caso de militares que tenham participado nos dois anos, consecutivamente, ou em mais de uma função.

FIGURA 5 Cálculo do tamanho da amostra

Fonte: SURVEYMONKEY, 2019a

Com isso, conforme consulta ao site SurveyMonkey para cálculo do tamanho da amostra, chega-se ao resultado de 24 militares (nível de confiança de 90% e margem de erro de 10%), conforme a Figura 5.

No entanto, a amostra obtida, número de colaboradores que respondeu a pesquisa, foi de 20 militares, o que dentro do nível de confiança de 90% corresponde a uma margem de erro de 12%. Conforme a Figura 6, extraída também do site SurveyMonkey para cálculo de margem de erro.

FIGURA 6 Cálculo da margem de erro

Fonte: SURVEYMONKEY, 2019b

Observando-se a amostra necessária (24) com a obtida (20) e os parâmetros de confiança (90%) e margem de erro (10% e 12%), percebe-se que a diferença é muito pequena. Tendo em vista a qualidade do perfil dos respondentes, esta pequena diferença não inviabiliza e nem diminui o caráter científico da pesquisa. Desta forma, a amostra foi aceita como representativa da população estudada.

O questionário foi dividido em módulos, o 1º módulo buscou identificar o padrão do colaborador da pesquisa, de forma a se concluir sobre o seu perfil característico e como poderia refletir na pesquisa. O 2º módulo tratou sobre o enfoque desta pesquisa, levantando os indicadores necessários para se verificar o nível de influência positiva do SESComp sobre o processo de seleção complementar. O 3º e último módulo fez o levantamento, conforme respostas dos colaboradores, dos requisitos operacionais básicos do sistema de entrevista, proposta deste estudo.

Foi realizado um pré-teste do questionário com oito capitães alunos do Curso de Comunicações da EsAO, de forma a se verificar o entendimento, coesão, coerência e sua atratividade. No geral, o entendimento, coesão e coerência estavam adequadas, com poucas sugestões de alteração de palavras técnicas para termos mais conhecidos, o que foi prontamente realizado.

A aplicação do questionário foi realizada de forma indireta, por meio de aplicação pela internet do formulário web do *Google Forms*. Empregou-se, com mais enfoque, as perguntas fechadas, com opções de resposta usando a escala de Likert, para facilitar e agilizar a análise dos dados. Os questionamentos

abertos foram utilizados para que os colaboradores pudessem complementar suas escolhas e para informar algo que não foi abordado em algum item, agregando com dados mais qualitativos ao levantamento.

Para atingir o objetivo de se replicar a funcionalidade do aplicativo Pacificador Móvel, o script foi adaptado para a plataforma Android em que, ao mesmo tempo que captura as informações geográficas do GPS do smartphone, as envia para o servidor do C2 em Combate, que também o detecta como um rádio e o geoposiciona em seu mapa.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme verifica-se na análise do questionário aplicado, o grupo de colaboradores é composto por militares possuidores de um perfil de maior maturidade, grande experiência profissional e com amplo conhecimento em seleção complementar. Dessa forma, constata-se que a amostra é bem qualificada para compor a pesquisa, gerando confiança nos resultados alcançados.

No Quadro 4, observa-se os resultados da análise realizada sobre o levantamento do grau de influência positiva do sistema de entrevista sobre o processo de seleção complementar. Os indicadores representam medidas de sucesso dos sistemas de informação, nas dimensões individual e organizacional, conforme observado no estudo de DeLone e McLean (1992).

Percebe-se que a variação da incidência positiva dos indicadores ficou entre 75,0% (Reduções de custos operacionais) e 100,0% (Eficácia da Decisão, Ganhos Gerais de Produtividade e Eficácia do Serviço). Vê-se também que as médias dos indicadores nas dimensões individual e organizacional foram, respectivamente, de 89,4% e 90,6% de influência positiva, ficando muito próximos.

Estes resultados vão ao encontro da percepção verificada-se que o SESComp proporcionou uma medida total de 90% de influência po-

sitiva, melhorando o processamento das informações e o processo decisório de seleção dos conscritos, corroborando o estudo de Audy, Andrade e Cidral (2007). Desta forma, fica evidente o sucesso da aplicação ao ser empregada na seleção complementar.

QUADRO 4 Resultados da análise do levantamento do nível de influência positiva do SESComp sobre o processo de seleção complementar

VARIÁVEL	DIMENSÃO	INDICADORES	INFLUÊNCIA POSITIVA SESCOMP (ALTO E MÉDIO)
Desempenho do processo de seleção complementar	Individual	Compreensão da Informação	89,9%
		Aprendizagem	90,0%
		Identificação de problemas	76,9%
		Eficácia da decisão	100,0%
		Melhor produtividade individual	92,3%
		Mudança na decisão	87,5%
		MÉDIA INDIVIDUAL	89,4%
	Organizacional	Reduções de custos operacionais	75,0%
		Redução de pessoal	87,5%
		Ganhos gerais de produtividade	100,0%
		Eficácia do serviço	100,0%
MÉDIA ORGANIZACIONAL		90,6%	
MÉDIA TOTAL			90,0%

Fonte: O autor

Desta maneira, ciente deste fator de sucesso alcançado, seguiu-se avante na pesquisa com fins de se levantar os requisitos do SESComp. No Quadro 5 abaixo pode-se ver a consolidação do quantitativo de requisitos levantados por meio da análise dos questionários.

QUADRO 5 Distribuição dos requisitos por tipo e nível de importância

REQUISITOS	ABSOLUTOS	DESEJÁVEIS
FUNCIONAIS	31	1
IDENTIDADE VISUAL	2	0
USABILIDADE	0	3
DESEMPENHO	1	3
OPERACIONALIDADE	4	0
MANUTENÇÃO E SUPORTE	15	0
SEGURANÇA	7	0
CULTURA ORGANIZACIONAL	2	0
TOTAL	62	7

Fonte: O autor

Observa-se acima que os requisitos estão agrupados por tipo e por nível de importância para o emprego do sistema. Conforme visto na metodologia, os itens do bloco III do questionário que possuíssem uma incidência de 50% ou mais no critério “Importante e essencial” seriam classificados como ABSOLUTOS. Os itens que obtivessem menos de 50%

no critério “Importante e essencial”, mas que adicionados à porcentagem alcançada no critério “Importante, mas não essencial” atingissem 50% ou mais de incidência na soma destes dois critérios, seriam classificados como DESEJÁVEIS. Por exclusão, qualquer item que não se enquadrasse nos parâmetros estabelecidos para seleção dos ROB do SESComp seria descartado.

Portanto, nota-se que os requisitos estão distribuídos pelos oito tipos estudados: Funcional, Identidade Visual, Usabilidade, Desempenho, Operacionalidade, Manutenção e Suporte, Segurança e Cultura Organizacional. Assim, observa-se que cerca de 62 (89,9%) requisitos foram considerados do nível de importância ABSOLUTO (que é imprescindível para o sistema) e 7 (10,1%) são do nível DESEJÁVEL (que não é imprescindível, mas opcional) (BRASIL, 2019). Não houve requisito proposto para avaliação que fosse rejeitado por não se enquadrar em um dos dois níveis de importância estabelecidos.

Conclui-se, portanto, que a pesquisa ratificou a relevância dos requisitos apresentados na proposta dos ROB do SESComp, a qual segue como apêndice deste trabalho e foi consolidada de acordo com as informações levantadas pela presente pesquisa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista que um sistema de informação é “Um conjunto de componentes inter-relacionados que coletam (ou recuperam), processam, armazenam e distribuem informações destinadas a apoiar a tomada de decisões, a coordenação e o controle em uma organização.” (LAUDON; LAUDON, 2017, p. 13), tem-se que “A seleção complementar é a etapa da incorporação em que as OMA/OFR complementam a seleção dos convocados que lhes foram destinados, visando a selecionar o melhor contingente tipo a incorporar/matricular.” (BRASIL, 2012b).

Destarte, para que fosse possível analisar o nível de influência positiva do emprego

do sistema de entrevista no processo de seleção complementar, foi necessário identificar um modelo de medição de sucesso. Devido à grande relevância e similaridade com o estudo, o modelo escolhido foi o de DeLone e McLean (1992), chegando-se aos dez indicadores que nortearam a pesquisa: Compreensão da Informação, Aprendizagem, Identificação de problemas, Eficácia da Decisão, Melhor Produtividade Individual, Mudança na Decisão, Reduções de Custos Operacionais, Redução de Pessoal, Ganhos Gerais de Produtividade e Eficácia do Serviço.

Assim, verificou-se que a implementação do SESComp proporcionou 90% de influência positiva no desempenho geral do processo de seleção complementar. Houve categoricamente uma melhoria no processamento das informações e no processo decisório, contribuindo para elevar o padrão da seleção de recursos humanos no Exército Brasileiro.

Dessa forma, pode se afirmar que o emprego do SESComp atendeu muito bem a demanda do 9º B Com GE para o processo de seleção complementar de 2018 e 2019, aperfeiçoando a sua sistemática, como visto na Diretriz do Diretor de Serviço Militar (BRASIL, 2018a).

Seguindo o roteiro de pesquisa, deu-se prosseguimento com a seleção dos requisitos de software necessários ao estudo. Com isso, empregando-se os procedimentos de coleta de dados (questionário e entrevistas), foi possível levantar os ROB do SESComp.

Isso posto, realizou-se a proposta dos requisitos operacionais básicos do SESComp, uma vez que a influência positiva do sistema foi elevada. Viu-se que a grande maioria dos requisitos são do nível de importância ABSOLUTO (62), com uma pequena parcela DESEJÁVEL (7) apenas. Os ROB do sistema de entrevista foram confeccionados e estão em apêndice a este artigo.

Durante a pesquisa, levantou-se novos indicadores positivos, os quais podem ser trabalhados em novos estudos sobre a mesma



temática. Também foi verificado a necessidade de infraestrutura mínima como um aspecto a ser levado em conta em um emprego da ferramenta.

Uma análise detalhada do papel de cada usuário do sistema foi uma lacuna do presente estudo, a qual pode ser trabalhada em uma pesquisa futura. Desse modo, uma nova averiguação elucidaria como cada militar envolvido no processo de seleção complementar utiliza o sistema. Como resultado, poderia ser proposto um procedimento operacional padrão (POP) de utilização do sistema, estabelecendo um rol de atribuições para cada usuário.

INFLUENCE OF THE USE OF THE COMPUTERIZED INTERVIEW SYSTEM IN THE COMPLEMENTARY SELECTION PROCESS OF THE 9TH BATTALION OF COMMUNICATIONS AND ELECTRONIC WAR IN 2018 AND 2019

ABSTRACT: THE PRESENT STUDY DEALS WITH THE INFLUENCE OF THE USE OF THE COMPUTERIZED INTERVIEW SYSTEM IN THE COMPLEMENTARY SELECTION PROCESS OF THE 9TH BATTALION OF COMMUNICATIONS AND ELECTRONIC WAR, IN 2018 AND 2019. THAT APPLICATION WAS CALLED THE COMPLEMENTARY SELECTION INTERVIEW SYSTEM (SESCOMP) AND ITS USE IT GENERATED A VERY POSITIVE RESPONSE AMONG THE 9º B COM GE MILITARY WHO USED IT. AWARE OF THIS, THE PRESENT RESEARCH SOUGHT TO ANALYZE AT WHAT LEVEL THIS POSITIVE IMPACT OF THE SYSTEM ON THE COMPLEMENTARY SELECTION PROCESS OCCURRED. TO ARRIVE AT A MEASURE, IT USED INDICATORS LISTED BY DeLONE AND McLEAN (1992) TO MEASURE THE SUCCESS OF THE IMPLEMENTATION OF INFORMATION SYSTEMS, AS EXPLAINED IN THE LITERATURE REVIEW. THOSE INDICATORS WERE RELATED TO QUESTIONS FROM THE APPLIED QUESTIONNAIRE, WHICH USED THE LIKERT SCALE, REACHING THE INDIVIDUAL INCIDENCE RESULTS IN EACH INDICATOR. AFTER THAT, THESE INDICATORS WERE AVERAGED AND THUS THE GENERALIZATION OF THE INDUCTIVE METHOD WAS PERFORMED, RESULTING IN A POSITIVE INCIDENCE OF 90%, CONSIDERING THE OPTIONS HIGH AND MEDIUM. THUS, DUE TO THE HIGH LEVEL OF FAVORABLE INFLUENCE, THE RESEARCH VALIDATED THE USE OF SESCOOMP IN SUPPORT OF THE COMPLEMENTARY SELECTION PROCESS AND PROPOSED A BASIC OPERATIONAL REQUIREMENTS MODEL OF A COMPUTERIZED INTERVIEW SYSTEM, IN ORDER TO CONTRIBUTE TO THE BRAZILIAN ARMY IN IMPROVING THE COMPLEMENTARY SELECTION PROCESS.

KEYWORDS: COMPLEMENTARY SELECTION, INFORMATION SYSTEMS, COMPLEMENTARY SELECTION INTERVIEW SYSTEM (SESCOMP), SESCOOMP BASIC OPERATING REQUIREMENTS.

REFERÊNCIAS

AGUDOS. Prefeitura. Secretaria da Junta de Serviço Militar de Agudos. Em 2018,

Agudos terá alistamento militar online. 2017. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/especial-publicitario/prefeitura-deagudos/agudos-melhor-paratodos/noticia/em-2018-agudos-tera-alistamento-militar-online.ghtml>. Acesso em: 25 mar. 2019.

AROUCK, O. Avaliação de Sistemas de Informação: Revisão da Literatura. Revista

Transinformação do Programa de Pós graduação em Biblioteconomia da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, v. 13, n. 1, p. 7-21. 2001.

AUDY, Jorge Luis Nicolas; ANDRADE, Gilberto Keller de; CIDRAL, Alexandre. Fundamentos de Sistemas de Informação. Porto Alegre: Bookman, 2007. 208 p.

BALTZAN, Paige; PHILLIPS, Amy. Sistemas de informação. Tradução de Rodrigo Dubal. Porto Alegre: AMGH, 2012. 369 p.

BRASIL. Departamento de Ciência e Tecnologia. Exército Brasileiro. Metodologia de Desenvolvimento de Software do Exército: EB80-MT-78.001. 2012a. Disponível em: http://www.5cta.eb.mil.br/images/5cta/legislacao/Metodologia_de_Desenvolvimento_de_Software.pdf. Acesso em: 2 maio 2019.

_____. Departamento-Geral de Pessoal. Exército Brasileiro. Portaria nº 037-DGP, de 14 Março de 2012: EB30-N-30.005. 2012b. Disponível em: www.sgex.eb.mil.br/sistemas/be/copiar.php?codarquivo=1053&act=bre. Acesso em: 2 maio 2019.

_____. Diretoria de Serviço Militar. Departamento-Geral do Pessoal. Diretriz do Diretor de Serviço Militar – Biênio 2018/2019. 2018a. Disponível em: <http://dsm.dgp.eb.mil.br/phocadownload/DTZ%20GEN%20OKAMURA.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2019.

_____. Estado-Maior do Exército. Exército Brasileiro. Requisitos Operacionais: Viatura Blindada Especializada Remuniadora do Subsistema Linha de Fogo das Brigadas Mecanizadas. 2019. Disponível em: <http://www.sgex.eb.mil.br/sistemas/be/separatas.php>. Acesso em: 5 maio 2019.

_____. Estado-Maior do Exército. Exército Brasileiro. EB20-MF-10.102: Doutrina Militar Terrestre. Brasília, DF, 2014.

_____. Exército Brasileiro. Portaria nº 1.042, de 18 de agosto de 2017: Plano Estratégico do Exército 2016-2019. 2017. Disponível em: www.sgex.eb.mil.br/siste



mas/be/copiar.php?codarquivo=1541&act= bre>. Acesso em: 23 mar. 2019.

_____. Exército Brasileiro. Portaria nº 1.212, de 2 de agosto de 2018: Plano Estratégico de Tecnologia da Informação. 2018b. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwjQta_li8X_kAhV9LLkGHUFiCIEQFjABe-gQIChAF&url=http%3A%2F%2Fwww.sgex.eb.mil.br%2Fsystemas%2Fbe%2Fcopiar.php%3Fcodarquivo%3D647%26act%3Dsep&usg=AOv_Vaw1NZkFT7xWKg-8NZICHG6kpW>. Acesso em: 23 mar. 2019.

_____. Noticiário do Exército. Exército Brasileiro. Seleção complementar para escolha dos novos soldados recrutas. 2018c. Disponível em: <http://www.eb.mil.br/web/noticias/noticiario-do-exercito/-/asset_publisher/MjaG93KcunQI/content/9-ba>. Acesso em: 27 abr. 2019.

DELONE, W. H.; MCLEAN, E. R. Information system success: the quest for the dependent variable. *Information Systems Research*, [s.l.], v. 3, n. 1, p. 60-95, 1992.

DIAS, R. Métricas para Avaliação de Sistemas de Informação. *Revista Eletrônica de Sistemas de Informação*, [s.l.], v. 1, n. 1, p. 1-13. 2002.

FERNANDES, João M.; MACHADO, Ricardo J. Requisitos em Projetos de Software e de Sistemas de Informação. São Paulo: Novatec, 2017. 277 p

FREITAS, H.; BALLAZ, B.; MOSCAROLA, J. Avaliação de sistemas de informações. São Paulo - SP: RAUSP, v.29, n. 4, Outubro-Dezembro 1994, p. 36-55.

GARVIN, D. Competing on the Eight Dimensions of Quality. [s.l.], *Harvard Business Review*, november, 1987, p. 101-109.

LAUDON, Kenneth C.; LAUDON, Jane P. Sistemas de Informação Gerenciais. Tradução de Célia Taniwak. 11. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2014. 484 p.

MCCALL, J., RICHARDS, J., WALTERS, G. Factors in Software Quality. [s. l.], three volumes, NTIS AD-A049-014, 015, 055, November, 1977.

MYERS, Barry L., KAPPELMAN, Leon A., PRYBUTOK, Victor R. A comprehensive model for assessing the quality and productivity of the information systems function: toward a theory for information systems assessment. *Information Resources Management Journal*, [s.l.], v.10, p.6-25. 1997.

PRESSMAN, Roger S.; MAXIM, Bruce R. Engenharia de Software: Uma Abordagem Profissional. Tradução: João Eduardo Nóbrega Tortello. 8. ed. Porto Alegre: Amgh, 2016. 940 p.

SILVA, Nelson Peres da. Análise de Sistemas de Informação: Conceitos, Modelagem e Aplicações. São Paulo: Érica, 2014. 120 p.

SOMMERVILLE, Ian. Engenharia de Software. Tradução de: Ivan Bosnic e Kalinka G. de O. Gonçalves. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011. 529 p.

SURVEYMONKEY (Estados Unidos da América). Calculadora de margem de erro. 2019a. Disponível em: <<https://pt.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator>>. Acesso em: 08 ago. 2019.

_____. Calculadora de tamanho de amostra. 2019b. Disponível em: <<https://pt.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>>. Acesso em: 08 ago. 2019.

VIEIRA, Sonia. Como Elaborar Questionários. São Paulo: Atlas, 2009. 159 p.

Raphael Machado da Silva Rodrigues é Bacharel em Ciências Militares pela Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN) em 2009 e Mestre em Ciências Militares pela Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais (EsAO) em 2019. Pode ser contactado no e-mail: rodrigues.raphael@eb.mil.br

Márcio Massahiko Takano é Bacharel em Ciências Militares pela Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN) em 2006 e Mestre em Ciências Militares pela Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais (EsAO) em 2015. Pode ser contactado no e-mail: takano.marcio@eb.mil.br



ARTIGO CIENTÍFICO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO

EDUCAÇÃO



METODOLOGIAS ATIVAS NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM NOS CURSOS REGULARES DA ESCOLA DE COMUNICAÇÕES

JOSÉ ERLAN NUNES MATIAS¹, KARINNY PEREIRA MATIAS²

*Pós-graduando em Educação e Tecnologias: Gestão em Educação a Distância¹,
Pós-graduanda em Educação e Tecnologias: Docência na Educação a Distância e
Design Instrucional²*

RESUMO: ESTE ARTIGO VISA ANALISAR A BIBLIOGRAFIA MAIS ATUAL REFERENTE AOS CONCEITOS DE METODOLOGIAS ATIVAS PARA SEREM APLICADAS NOS CURSOS REGULARES OFERTADOS PELA ESCOLA DE COMUNICAÇÕES COMO FERRAMENTAS PEDAGÓGICAS UTILIZADAS TANTO NA MODALIDADE PRESENCIAL COMO NA MODALIDADE A DISTÂNCIA (EAD). ESSA TEMÁTICA É IMPORTANTE, POIS O PROCESSO EDUCATIVO É COMPLEXO E REQUER MUITA CRIATIVIDADE, ESTRATÉGIAS E ATUALIZAÇÕES POR PARTE DO CORPO DOCENTE, POIS A ESCOLA DE COMUNICAÇÕES HOJE TEM COMO DESAFIO IR ALÉM DO ENSINO POR OBJETIVOS, INDO AO ENCONTRO DO ENSINO POR COMPETÊNCIA ADOTADO NO EXÉRCITO BRASILEIRO. DESDE 2017, A ESCOLA OFERECE SEUS CURSOS NA MODALIDADE SEMIPRESENCIAL, ONDE A PRIMEIRA FASE É OFERECIDA A DISTÂNCIA, FATOR DELICADO QUE REQUER CUIDADOS QUANTO À PREPARAÇÃO DO AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM E DOS RECURSOS PEDAGÓGICOS UTILIZADOS.

PALAVRAS-CHAVE: EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA; METODOLOGIAS ATIVAS; ENSINO-APRENDIZAGEM.

INTRODUÇÃO

O Ministério da Educação, através da Lei de nº 9394 de 20 de dezembro de 1996 estabeleceu em seu artigo nº 80 que o poder público incentivará o ensino a distância, em todos os níveis e modalidades de ensino, e de educação continuada (BRASIL, 1996). Portanto podemos verificar a importância que possui essa modalidade de ensino, estando presente na lei que dá a diretriz da educação no contexto nacional. Vale destacar também na mesma lei que “O ensino militar é regulado em lei específica, admitida a equivalência de estudos, de acordo com as normas fixadas pelos sistemas de ensino” (BRASIL, 1996). Existe uma importância em entender que a origem dos nossos regulamentos possui como referência a legislação nacional e isso torna o processo de ensino uma imposição que precisa ser aprimorada para atender as especificidades e referenciais de qualidade para a educação a distância.

É mister verificar também que a legislação nacional define a educação a distância como:

[...] modalidade educacional na qual a mediação didático-pedagógica nos processos de ensino e aprendizagem ocorra com a utilização de meios e tecnologias de informação e comunicação, com pessoal qualificado, com políticas de acesso, com acompanhamento e avaliação compatíveis, entre outros, e desenvolva atividades educativas por estudantes e profissionais da educação que estejam em lugares e tempos diversos. (BRASIL, 2017, Art 1º).

Como podemos verificar, nessa modalidade, professores e alunos estão em lugares e tempos diversos, detalhe muito importante para ser verificado no momento de criação do material e atividades pedagógicas. Sendo assim, é útil repensar a educação de acordo com os novos tempos, pois os alunos estão mais conectados e menos adeptos à pedagogia clássica. Esses novos alunos sentem-se mais atraídos por problemáticas atuais e que transformam a sua realidade - essa que pode ser pessoal ou profissional - resolvendo problemas por processos mediados através da práxis docente, onde o instrutor não desvincula a teoria da prática.

Com isso, o docente não pode esque-



cer que as atividades devem estar alinhadas às competências curriculares referentes aos cursos e essas competências também fazem parte da modalidade a distância. Mas como podemos trabalhar essas competências na modalidade a distância? Para responder a essa pergunta é necessário conhecer a documentação que cria e faz parte de determinado curso, para saber, primeiro, quais seriam as ações esperadas pelos alunos no decorrer do curso e a partir daí criar estratégias para atingir os objetivos desejados.

Além de conhecer a documentação e competências trabalhadas com os discentes, é necessário conhecer metodologias que tornem o aluno parte do processo, pois ele é o principal cliente deste ambiente. Para atingir esses objetivos faz-se necessário possuir um ambiente virtual de aprendizagem (AVA) capaz de oferecer ferramentas tecnológicas que ofereçam alternativas pedagógicas para o agente de ensino. Além disso, são necessários instrutores qualificados que consigam acompanhar e avaliar todas as atividades desenhadas no curso.

O Exército Brasileiro preocupado com a qualidade do pessoal e dos meios tecnológicos utilizados na educação a distância, criou em 2014 o Centro de Educação a Distância do Exército (CEADEx), que passa a centralizar e normatizar todos os cursos regulares da força na modalidade EaD e semipresencial. Esse é um passo importante porque não só os recursos tecnológicos, como também as pesquisas referentes à modalidade de ensino a distância ficariam centralizadas em uma instituição, deixando os demais agentes de ensino preocupados com o técnico e pedagógico. Essa centralização tem seu lado positivo porque a manutenção do ambiente virtual de aprendizagem requer militares capacitados, bem como recursos tecnológicos de alta performance.

1 METODOLOGIAS ATIVAS

É sabido que a mera transmissão de conhecimento no contexto atual é uma das

principais problemáticas enfrentadas pelas instituições de ensino. Dependendo da estratégia escolhida em uma prática pedagógica o ambiente educacional pode valorizar apenas o conteúdo memorizado e desfavorecer a criticidade, tornando o espaço criado em um simples repositório de conteúdo, sem interação, ou seja, o (AVA) estaria sendo subutilizado. Como já mostrado neste trabalho:

O único caminho direto para o aperfeiçoamento duradouro dos métodos de ensinar e aprender consiste em centralizá-los nas condições que estimulam, promovem e põem em prova a reflexão e o pensamento. Pensar é o método de se aprender inteligentemente, de aprender aquilo que se utiliza e recompensa o espírito. (Dewey, 1959, p.167, apud Lovato et al., 2018, p. 157)

Dessa forma é primordial explorar todas as ferramentas onde se aplicam as metodologias ativas e que tornam o ambiente educacional mais proativo e inovador, construindo barreiras e soluções no mesmo contexto educacional. Não é fácil aplicar essas metodologias ativas, bem como conceituá-la estritamente, como afirma (FONSECA; MATTAR NETO, 2017):

[...] é um conceito amplo, que pode se referir a uma variedade de estratégias de ensino, como: aprendizagem baseada em problemas, problematização, aprendizagem baseada em projetos, aprendizagem por pares (ou peer instruction), design thinking, método do caso e sala de aula invertida, dentre outras.

A prática precisa vencer a barreira do modismo e ficar em constante movimento, ou seja, ela precisa contribuir para a quebra do status quo, onde instrutores e alunos criam e resolvem os problemas propostos. Um fórum de dúvidas pode se transformar em um verdadeiro ambiente interativo. A sala de aula invertida não é apenas uma técnica onde o docente se abstém do conteúdo, passando toda a responsabilidade para o aluno, ferramentas como o Kahoot poderiam ser utilizadas para dinamizar e gamificar as aulas. Aliás, gamificação é uma das temáticas abordadas em uma meto-



dologia ativa, interativa e planejada.

É necessário fechar o ciclo dos elementos básicos do método dialético, ou seja, a situação é lançada (tese), os sujeitos discutem, aqui aparece a antítese, e por fim chega-se a uma síntese que poderá se tornar uma nova situação. E para esse ciclo ser constante, é necessário um desenho pedagógico muito bem elaborado e com objetivos traçados, não esquecendo aqui do perfil esperado ao final do curso.

Um dos cursos que a escola oferece é o Curso Gestão de Sistemas Táticos que tem como proposta desenvolver os conhecimentos de operações centradas em redes, e seu objetivo é:

[...] habilitar militares para a ocupação de cargos e o desempenho de funções, que exigem a gestão de meios de telemática e dão suporte ao Sistema de Comando e Controle da Força Terrestre, em ambiente de Guerra Cibernética, na Companhia de Comando e Controle, na 1ª Companhia de Guerra Eletrônica, nas companhias e batalhões de Comunicações do Exército. (BRASIL, 2012)

Então, é de suma importância perceber que o objetivo do curso não é tornar esses militares especialistas em ataque e defesa cibernética, mas sim conseguir gerir as mais modernas ferramentas de gestão no conjunto de serviços informáticos presentes em uma rede de telecomunicações. Ou seja, na guerra centrada em rede, o papel desse novo profissional é conhecer sim, o espectro cibernético, o conceito operativo do Exército, suas características, princípios de emprego e os níveis de decisão, porém voltado para as ferramentas de gestão nesse espaço.

Partindo desse princípio, o instrutor precisa conhecer também as ferramentas pedagógicas que poderão contribuir para que esses objetivos sejam atingidos. Aqui se faz necessário o desenho pedagógico, ou seja, ter intencionalidade no momento da criação do conteúdo e das atividades. O docente hoje é o principal roteirista e como afirma Moran (2017,

p.1) “As metodologias precisam acompanhar os objetivos pretendidos”. O ambiente virtual (Scherer, S.; Brito, G. S, 2014, p. 54) não pode ser apenas “um meio” para interações, portanto, não é criando um AVA que essa intencionalidade se fará presente.

Não se pode esquecer que esses objetivos são alcançados com a capacitação do corpo docente, pois educação a distância e presencial estão interconectadas. Sabe-se que a EaD é uma novidade não só nas instituições de Ensino Superior do Brasil, mas também no Exército, por isso é natural que existam dificuldades de implementação e aceitação pelos diversos agentes de ensino. Esse está sendo um passo importante dentro da Escola de Comunicações, pois está sendo criada uma equipe com qualificações distintas e diretamente voltadas para a modalidade EaD. A institucionalização desta modalidade é um passo importante para a homogeneização curricular, facilitando o planejamento pedagógico.

2 PLANEJANDO ATIVIDADES COM METODOLOGIAS ATIVAS

Como citado anteriormente, diversos são os recursos utilizados para facilitar a criação de materiais pedagógicos, podemos citar as seguintes ferramentas: o Kahoot, Canva, H5P, Realidade Virtual, Realidade Aumentada, Piktochart entre outras. Porém é de suma importância saber roteirizar e criar materiais com foco nos objetivos de cada curso. Sabendo da importância dessas ferramentas, a editora Parábola lançou um Ebook com 50 ferramentas digitais que poderiam ser utilizadas para aprender e ensinar, chamado Mão na Massa – Ferramentas Digitais para aprender e ensinar que pode ser baixado gratuitamente através do link: <http://materiais.parabolaeditorial.com.br/ebookingles>.

Os materiais produzidos precisam ser de fácil leitura, mais dinâmicos, e para a EaD esses recursos fazem toda a diferença. No lugar de um PDF com inúmeras páginas e apenas palavras, teria muito mais potencial no



aprendizado utilizar um Ebook com hiperlinks, ou seja, um material digital que torne a leitura agradável e direcionado para atividades previamente estabelecidas pelo docente.

Um exemplo onde a escola está buscando a interação através de metodologias mais ativas está no curso de Avançado de Eletrônica, onde a equipe de instrução está criando desafios com esquemas eletrônicos, utilizando materiais enviados aos alunos como protoboard, fonte de alimentação, componentes eletrônicos entre outros. Com esses elementos eletrônicos, esses alunos poderão combinar a teoria com os objetivos propostos no Eixo Transversal do curso, onde estão presentes a Meticulosidade, a Resolução de Problemas e a Coordenação Motora. É trivial imaginar que para esse aluno utilizar um material energizado, mesmo que não ofereça risco, por possuir tensão e corrente baixas, ele precisa ser cauteloso para não queimar algum componente, e como está sendo utilizado um protoboard, este aluno precisa utilizar sua coordenação motora para alinhar esses componentes na placa. Enfim, é possível criar uma atividade onde possamos arquitetar todos os processos, tornando uma aprendizagem interativa, com discussões em fóruns específicos, eficientes e sobretudo envolvendo aspectos físicos, emocionais e intelectual.).

CONCLUSÃO

Sabemos que a Educação a distância mesmo não sendo uma inovação da atualidade, ainda possui suas limitações, principalmente nas instituições de ensino que necessitam de pessoal e recursos capazes de tornar os métodos de aprendizagens mais ativos, vencendo o modelo tradicional. Contudo é perceptível essa mudança na instituição Exército Brasileiro, e por consequência na Escola de Comunicações, pois estão acontecendo mudanças na reflexão crítica e sistemática pelos agentes de ensino.

Para agilizar esse processo a EaD precisa ser encarada por um processo contínuo que busca a todo momento inovar, não só pe-

dagogicamente, mas também seus recursos tecnológicos e humanos. Uma qualificação que está fazendo parte desse cenário atualmente é o design instrucional, figura capaz de desenhar um curso com diversas possibilidades de aprendizagem. O design instrucional seria um profissional a ser pensado para fazer parte dessas instituições e contribuir sobremaneira no processo de ensino.

O ambiente virtual de aprendizagem precisa ser habitado e utilizado como um espaço de interação. Conhecer e saber aplicar as metodologias ativas nesse espaço é de fundamental importância para qualidade e desenvolvimento do ensino por competência. Esse é o objetivo almejado pelas diretrizes do Exército Brasileiro.

ACTIVE METHODOLOGIES IN THE TEACHING LEARNING PROCESS IN REGULAR SIGNAL CORPS SCHOOL COURSES

ABSTRACT: THIS ARTICLE AIMS TO ANALYZE THE MOST CURRENT BIBLIOGRAPHY ON THE CONCEPTS OF ACTIVE METHODOLOGIES TO BE APPLIED IN THE REGULAR COURSES OFFERED BY THE SIGNAL CORPS SCHOOL, AS PEDAGOGICAL TOOLS USED IN BOTH PRESENTIAL AND DISTANCE LEARNING (DISTANCE LEARNING). THIS THEME IS IMPORTANT, BECAUSE THE EDUCATIONAL PROCESS IS COMPLEX AND REQUIRES A LOT OF CREATIVITY, UPDATES AND UPDATES BY THE FACULTY, BECAUSE THE SIGNAL CORPS SCHOOL TODAY HAS THE CHALLENGE TO GO BEYOND TEACHING BY OBJECTIVES, GOING TO THE MEETING OF TEACHING BY USE ADOPTED. IN THE BRAZILIAN ARMY. SINCE 2017, THE SCHOOL OFFERS ITS COURSES IN SEMI-PRESENCE, WHERE THE FIRST PHASE IS OFFERED AT A DISTANCE, A DELICATE FACTOR THAT REQUIRES CARE REGARDING THE PREPARATION OF THE VIRTUAL LEARNING ENVIRONMENT AND THE PEDAGOGICAL RESOURCES USED.

KEY WORDS: TECHNICAL LOSSES, SMARTS GRIDS, ENERGY EFFICIENCY, SMART METERS.



REFERÊNCIAS

BRASIL. DECRETO NO 9.057, DE 25 DE MAIO DE 2017 - DECRETO QUE REGULAMENTA A LEI DE DIRETRIZES E BASES DA EDUCAÇÃO NACIONAL.. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.PLANALTO.GOV.BR/CCIVIL_03/LEIS/L9394.HTM](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm). ACESSO EM: 27 DE OUTUBRO 2019.

_____. LEI Nº 9394, DE 20 DE DEZEMBRO DE 1996 – LEI DE DIRETRIZES E BASES DA EDUCAÇÃO NACIONAL. DISPONÍVEL EM : [HTTP://WWW.PLANALTO.GOV.BR/CCIVIL_03/LEIS/L9394.HTM](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm). ACESSO EM: 28 DE OUTUBRO DE 2019.

_____. PORTARIA Nº 023 – EME, DE 21 DE MARÇO DE 2012. CRIA O CURSO DE GESTÃO DE SISTEMAS TÁTICOS DE COMANDO E CONTROLE PARA OFICIAIS E ESTABELECE SUAS CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO.

_____. PORTARIA Nº 081 – EME, DE 14 DE MARÇO DE 2017. CRIA O CURSO AVANÇADO DE ELETRÔNICA.

_____. PORTARIA Nº 143 - DECEX, DE 25 DE NOVEMBRO DE 2014. APROVA AS NORMAS PARA DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DOS CONTEÚDOS ATITUDINAIS (NDACAEB60-N-05.013).

_____. PORTARIA Nº 202 - DECEX, DE 23 DE NOVEMBRO DE 2016. APROVA AS NORMAS PARA A AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM – 3ª EDIÇÃO (NAA – EB60-N-06.004) E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.

_____. PORTARIA Nº 549 – CMT EX, DE 6 DE OUTUBRO DE 2000. APROVA O REGULAMENTO DE PRECEITOS COMUNS AOS ESTABELECIMENTOS DE ENSINO DO EXÉRCITO (R-126).

_____. PORTARIA Nº 900 – CMT EX, DE 20 DE JULHO DE 2015. CRIA E ATIVA O CENTRO DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA DO EXÉRCITO, E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.

FONSECA, S. M.; MATTAR NETO, J. A. METODOLOGIAS ATIVAS APLICADAS À EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA : REVISÃO DE LITERATURA. REVISTA EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA E PRÁTICAS EDUCATIVAS COMUNICACIONAIS E INTERCULTURAIS, V.17, N. 2, P. 185-197, 2017.

LOVATO, FABRICIO LUÍS; MICHELOTTI, ANGELA; DA SILVA LORETO, ELGION LUCIO. METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM: UMA BREVE REVISÃO. ACTA SCIENTIAE, V.20, N.2, P. 154-171, 2018.

MORAN, JOSÉ MANUEL. METODOLOGIAS ATIVAS PARA UMA APRENDIZAGEM MAIS PROFUNDA. USP, 2017. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://WWW2.ECA.USP.BR/MORAN/WP-CONTENT/UPLOADS/2013/12/](http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/)

METODOLOGIAS_MORAN1.PDF >. ACESSO EM: 28 OUT. 2019.

SCHERER, S.; BRITO, G. S. EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA: POSSIBILIDADES E DESAFIOS PARA A APRENDIZAGEM COOPERATIVA EM AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM. EDUCAR EM REVISTA (IMPRESSO), V. 4, P. 53-77, 2014.

José Erlan Nunes Matias atualmente é monitor da Escola de Comunicações do Exército Brasileiro. Graduado em Licenciatura em Matemática – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul. Pós-graduando em Educação e Tecnologias: Gestão em Educação a Distância – Universidade Federal de São Carlos – SP. Pode ser contatado pelo e-mail: erlanpe@gmail.com.

Karinny Pereira Matias é Bacharela em Comunicação Social – Faculdade Cenequista de Bento Gonçalves – RS. Pós-graduanda em Educação e Tecnologias: Docência na Educação a Distância e Design Instrucional – Universidade Federal de São Carlos – SP. Pode ser contatado pelo e-mail: karinny.matias@gmail.com.



ARTIGO CIENTÍFICO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO

**CIÊNCIA E
TECNOLOGIA**



ARQUITETURA E VERIFICAÇÃO DE UM SISTEMA DIGITAL BASEADO NA CRIPTOGRAFIA AES 128 BITS

LEANDRO BARBOSA LIMA¹, YUZO IANO²

Doutorando em Engenharia Elétrica e Computação¹, Doutor em Engenharia Elétrica²

RESUMO: AO DESENVOLVER UM NOVO SISTEMA, É IMPORTANTE VERIFICAR QUE O SISTEMA ESTÁ EM CONFORMIDADE COM OS REQUISITOS DOCUMENTADOS E FORNECE RECURSOS ESPECÍFICOS. DESSA FORMA O DESIGN E VERIFICAÇÃO, COMUMENTE CONHECIDA COMO FRONT-END NO FLUXO DE PROJETOS DE CIRCUITOS INTEGRADOS DIGITAIS, CONCENTRAM O MÁXIMO DE ATENÇÃO NESTA FASE DE PROJETO AFIM DE GARANTIR A FUNCIONALIDADE DO DISPOSITIVO DE FORMA SEGURA. AO GARANTIR DE FORMA SEGURA A FUNCIONALIDADE DO SISTEMA, ATRAVÉS DA IMPLEMENTAÇÃO DE COMPONENTES DE VERIFICAÇÃO FUNCIONAL PARA A VALIDAÇÃO “VERIFICAÇÃO FUNCIONAL” A METODOLOGIA eRM (METODOLOGIA DE REUSO COM LINGUAGEM-E), PARA GERAR ESTIMULOS NO DISPOSITIVO AES (ENCRYPTION STANDARD ADVANCE). A VERIFICAÇÃO É REALIZADA NO DISPOSITIVO DIGITAL AES QUE IMPLEMENTADO EM HDL (LINGUAGEM DE DESCRIÇÃO DE HARDWARE) VERILOG. TEM COMO FUNCIONALIDADE CRIPTOGRAFAR E DESCRIPTOGRAFAR TEXTOS, PODENDO GERAR CHAVES COM TAMANHO DE 128 BITS. A FIM DE ASEGURAR A FUNCIONALIDADE DO DISPOSITIVO, O RECURSO DE COBERTURA DE CÓDIGO, TAMBÉM FOI UTILIZADA. HÁ MUITAS VANTAGENS EM USAR TAL RECURSO NO DESIGN, PODENDO SER UTILIZADO NA VERIFICAÇÃO FUNCIONAL ATRAVÉS DE ASSERTIONS SVA, POIS SÃO NATIVAMENTE INTEGRADOS AO IDIOMA NA LINGUAGEM SYSTEM VERYLOG, PODEM SER VERIFICADOS NA SIMULAÇÃO E NA VERIFICAÇÃO FORMAL E SÃO CONVENIENTES PARA OS DESIGNERS USAREM DURANTE A CODIFICAÇÃO.

PALAVRAS-CHAVE: AES, CRIPTOGRAFIA, HDL, SEGURAÇA DE HARDWARE, VERIFICAÇÃO FUNCIONAL, VERILOG.

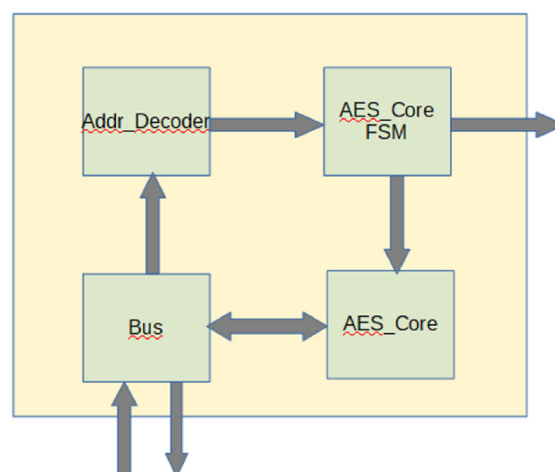
INTRODUÇÃO

A implementação deste trabalho foi desenvolvida em HDL (Linguagem de Descrição de Hardware) utilizando como base, *Advanced Encryption Standard* (AES), que fornece um meio de proteção de dados utilizando o algoritmo Rijndael. Este algoritmo recebe como entrada 128 bits de dados do tipo texto e também a chave com tamanho de 128 bits. Após várias rodadas de cálculos, o algoritmo produz uma versão chiphered de 128 bits de dados de texto, como saída. Durante as rodadas de algoritmo, o bits de dados estão sujeitos a substituição, operações com mudança de dados, operações com dados misturados e operações de adição com uma versão de chave ampliada com cifra original. Todas estas operações são realizadas no Campo de Galois [1]. Na figura 1, o diagrama de blocos mostra os sub-blocos internos do sistema.

A criptografia/descriptografia do sistema AES é uma máquina de estado que controla as etapas para converter o conjunto de bytes para um número de bytes iniciais diferentes. O formulário usado para fazer isso utiliza

o método ECB “*Electronic Codebook Mode*”, que permite realizar etapas para geração no modo de descriptografar arquivo criptografado. Este bloco possui etapas para geração de dados que utiliza operação lógica XOR dos bytes, que para gerar elementos produzidos também com outros elementos, substituindo os bytes, utilizando uma tabela de valores predeterminados, através do deslocamento e troca de posições lógicas entre bytes [2].

FIGURA 1 Bloco D-IP CRIPT



Fonte: o autor



O algoritmo consiste em quatro camadas que manipula todos os 128 bits do caminho de dados. Assim, existem quatro tipos diferentes de camadas a cada rodada, com exceção da primeira e última camada, Essas camadas são:

1. Camada de Adição de Chave e Camada de Substituição de Bytes (S-Box)

2. Camada ShiftRows e Camada Mix-Columns

Além disso, a programação de teclas calcula teclas redondas ou subchaves da chave AES original.

Para descryptografia, todas as camadas devem ser invertidas, ou seja, a Camada de Substituição de Bytes se torna a Substituição de Bytes Invertidos, camada de aplicação e assim por diante. Além disso, a ordem das subchaves é revertida [3].

1 REGISTROS INTERNOS

Os registros podem ser acessados usando o barramento.

Bit 0: Máscara de Interrupção Criptográfica. Se definido, pode enviar sinal de interrupção;

Bit 1: Interrupção Encrytação/Desencrytação de forma completa.

1.1 DEFINIÇÃO DA MASCARA

a. Key 0, Key 1, Key 2 e Key 3, acesso RW: cada um contém quatro bytes da chave, cada uma delas é uma coluna da matriz de chave;

b. Bloco 0, Bloco 1, Bloco 2 e Bloco 3, acesso RW: cada um contém quatro bytes do bloco, cada um é uma coluna da matriz de bloco, de uma maneira semelhante como a matriz chave; e

c. O bloco contém os dados a serem processados, ou os dados quando o processamento for concluído.

1.2 CAMPO FINITO ARITIMÉTICO

O algoritmo funciona num campo finito aritmético que é diferente do padrão aritmético de números inteiros. Há um número limitado de elementos no campo finito, e todas as operações realizadas no campo finito resultando num elemento dentro do campo.

O nome do campo finito utilizado para esta operação é nomeado após os criadores do algoritmo serem chamados de Campo Finito de Rijndael. Neste campo finito, cada byte é interpretado como um polinômio. Por exemplo, o binário: {} é 01010011 interpretado como o polinômio: $0x7 + 1x6 + 0x5 + 1x4 + 0x3 + 0x2 + 1x1 + 1x0 = x^6 + x^4 + x + 1$.

Ainda neste campo, as operações de soma e subtração entre A e B são simplesmente um XOR entre A e B. A operação de multiplicação é uma operação mais complicada, devido o resultado da operação estar em campo finito, então o resultado deve ser um polinômio com grau máximo 7. A multiplicação de dois polinômios com grau máximo 7, pode ser de no máximo 14 graus. A solução para este problema é resolvido, tendo o resto da divisão de polinômio resultante pelo polinômio $x^8 + x^4 + x^3 + x + 1$ (binário: 100010011 {}). O polinômio $x^8 + x^4 + x^3 + x + 1$, é chamado reduzindo o polinômio. Para calcular $A * B$. sendo:

- Multiplicar A e B como polinômios.
- Dividir o resultado pela redução polinômio $x^8 + x^4 + x^3 + x + 1$.
- O resultado é o resto da divisão anterior.

Alternativamente, para calcular $P=A*B$.

- $P=0$, $AUX = 0$;
- Repetir por 8 vezes, uma vez para cada bit; e
 - se LSB de B=1, então $P = A \oplus XOR$;
 - guarda o bit MSB de A em AUX;
 - um desvio para a esquerda;



4) se o bit armazenado em AUX é 1, XOR A com 8x00011011 (x^8 do polinômio redução está implícito); e

5) deslocamento para a direita B, Divisão A/B é uma multiplicação de pelo inverso multiplicativo de B ($A*B = 1$). O inverso multiplicativo de B está o número que multiplicado por B (descrito acima) resulta em o número 1.

1.3 CHAVE AES

As chaves são interpretadas como matrizes. Por exemplo, o bloco A00A01A02: A13A14A15 teria de ser interpretado como a matriz [4].

1.3.1 Passo AES SubBytes

O passo AES SubBytes é uma simples substituição de cada byte do bloco utilizando uma transformação a fim de o inverso multiplicativo do byte (neste caso, usa-se 0 como o inverso multiplicativo de 0). Normalmente, uma tabela de pesquisa é utilizada para determinar o valor transformado a partir do byte inicial, e uma outra para determinar o inverso.

O circuito que converte o byte original para o byte substituído é geralmente chamado S-Box. O circuito inverso é chamado Inversa S-Box.

Os circuitos S-Box Rijndael e Inversa S-Box Transforma, têm como operação encontrar o valor equivalente a um número S-Box. Dessa forma, um valor em hexadecimal (0x7A), localiza a linha que começa com a coluna 7, que começa com um valor desejado na intersecção em hexadecimal (0xDA).

1.3.2 Passo AES ShiftRows

O passo ShiftRows é muito simples, cada linha terá suas linhas desviadas por um valor fixo. A primeira linha será mantida, a segunda será deslocada por 1, a terceira será deslocada por 2, e a quarta será deslocada por 3.

1.3.3 Passo AES MixColumns

Para os MixColumns, a matriz bloco deve ser multiplicada pela matriz de transformação utilizando o campo finito aritmético. Para simplificar, cada coluna pode ser multiplicada individualmente.

1.3.4 AES Rodada de Adição de Chave

Para o AddRoundKey, a chave gerada para aquela rodada usando campo finito aritmético deve ser adicionada à matriz bloco (soma é XOR).

O Inverso AddRoundKey é exatamente o mesmo que AddRoundKey, uma vez que uma operação XOR é simétrica. Por exemplo, tendo o bloco $A = \{01010011\}$ e a chave $B = \{10100110\}$, o resultado de $C = A \text{ XOR } B$ é $\{11110101\}$.

Para recuperar um, faz-se $A = C \text{ XOR } B$, resultando em $A = \{01010011\}$.

1.3.5 Programação de Chave

Agendamento de chave é o processo onde cada tecla rodada é usada para gerar a chave rodada seguinte.

Para isso, primeiro é necessário aplicar uma transformação para a última linha da chave. A última linha é rodada, em seguida o S-Box é aplicada a cada bit, em seguida, para cada rodada de um determinado valor é XOR, com o primeiro byte. Este valor é chamado de RCON (*Round Constant*) e calculado fazendo 2 (duas), rodadas e usando um campo finito aritmético, de modo que a primeira rodada seja: RCON HEX 0x01, 0x02, em seguida, 0x04, 0x08, 0x10, ..., 0x80, 0x1B, 0x36.

Depois disso, a primeira linha é XOR com este valor, a segunda linha é XOR com a nova primeira linha e assim por diante.

2 PROCESSO DE CRIPTOGRAFIA

O processo de criptografia é realizado executando as etapas seguintes no bloco e ar-



mazena os resultados de volta no bloco:

a. No passo inicial, o bloco é XORed com a chave original.

b. As próximas nove rodadas operam o mesmo, sendo:

1) realização de SubBytes;

2) realização de ShiftRows;

3) realização de MixColumns; e

4) geração do RoundKey e realização do AddRoundKey .

c. A última rodada, sendo:

1) realização de SubBytes;

2) realização de ShiftRows; e

3) geração do RoundKey e realização do AddRoundKey.

3 DECODIFICAÇÃO DO PROCESSO

Para o processo de decodificação, é preciso realizar as operações inversas da criptografia na ordem reversa. Sendo assim, são executadas as etapas seguintes no bloco e os resultados são armazenados de volta no mesmo bloco:

a. Passo 1: gerar todas as chaves redondas para ser utilizado pela ordem inversa.

b. Passo 2: segue a ordem, sendo:

1) obtenção do próximo RoundKey em ordem inversa e realização do AddRoundKey;

2) realização de MixColumns inversas;

3) realização de ShiftRows inversas; e

4) realização de SubBytes inversas.

Quando ocorrer um erro, o sinal flag de erro deve ser definido como um sinal de Erro.

O dispositivo opera em dois modos: criptografia e descriptografia. O processo de

criptografia é realizado executando as seguintes etapas no bloco D-IP CRIPT e armazenando os resultados novamente no bloco D-IP CRIPT.

4 MODOS DE OPERAÇÃO

O dispositivo opera em dois modos: criptografia e descriptografia. O processo de criptografia é realizado executando as seguintes etapas no bloco e armazenando os resultados novamente no bloco:

a. Na etapa inicial, o bloco é XORed com a chave original.

b. As próximas 9 rodadas funcionam da mesma maneira:

1) execução de SubBytes;

2) execução de ShiftRows;

3) execução de MixColumns;

4) geração de chave redonda e execução de addRoundKey;

c. Na última rodada:

1) execução de SubBytes;

2) execução de ShiftRows; e

3) geração de chave redonda e execução de addRoundKey.

O processo de descriptografia é realizado executando as seguintes etapas no dispositivo, armazenando os resultados no dispositivo:

a. A primeira execução é gerar todas as chaves redondas para serem usadas na ordem inversa.

b. Na primeira rodada:

1) obtenção do último RoundKey e execução do AddRoundKey;

2) execução de ShiftRows inversos; e

3) execução de SubBytes inversos.



5 RESULTADOS

Este dispositivo tem 54.576 Registros e 1195 Flip-Flops. A principal preocupação no desenvolvimento foi a otimização de recursos, sempre realizando um *trade-off* entre a criptografia e descriptografia, considerando o objetivo de uso em ASIC.

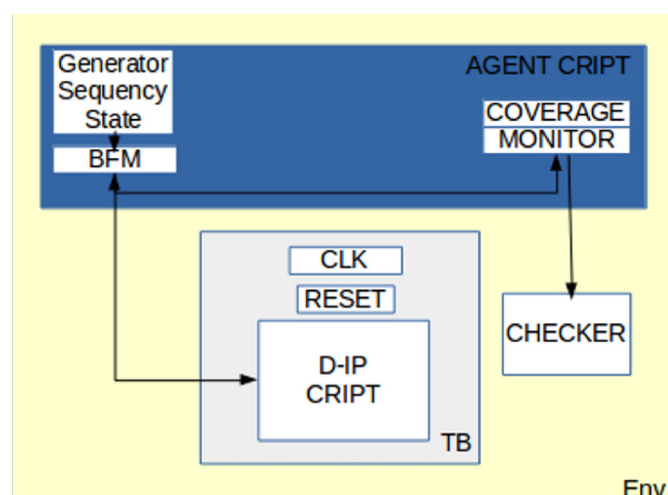
O processo de verificação funcional do dispositivo IP CRIPT (AES) utilizou a metodologia ERM, validando a funcionalidade lógica do circuito digital descrito em Verilog [5].

Os componentes do ambiente são feitos usando o idioma em uma linguagem de verificação de hardware chamada de Linguagem “e”.

O ambiente possui um gerador de estímulos, chamado gerador de sequência, que envia sinais para o modelo funcional de barramento e converte os geradores de entrada de um nível alto para um formato de estímulo compreensível pelo dispositivo.

A figura 2 mostra a arquitetura do Ambiente de Verificação do dispositivo IP CRIPT AES, contendo os componentes de verificação funcional.

FIGURA 2 Ambiente de verificação do dispositivo CRIPT (AES)



Fonte: o autor

A simulação produzida verificou e testou a funcionalidade do dispositivo após todas as instruções contidas na ROM serem executadas na DUT (Dispositivo Sob Teste). Isso implica gerar em um código-fonte simples para testar cada estado da interface de barramento além do bloco funcional de criptografia/descriptografia para garantir a funcionalidade de acordo com as especificações. Os cenários verificados foram os seguintes:

a. Verificação de Reset: verifica se o dispositivo AES é reiniciado adequadamente e se os registros e máquinas de estado se encontram no estado inicial e durante a execução verifica se é obtido as redefinições para ver se os sinais também foram alterados para o estado inicial [6].

b. Verificação de interrupção: verifica se foi enviado um sinal com a finalidade de bloquear o processo obedecendo o protocolo, quatro palavras são esperadas até o bloco enviar uma interrupção para o dispositivo AES ao final do sinal criptografado ou lido no bit de configuração de registro, deve-se aguardar uma possível resposta, sendo:

- 1) chave criptografada corretamente.
- 2) texto criptografado corretamente.

c. Verificação de chave descriptografada: verifica se recebe do bloco obedecendo ao protocolo quatro palavras ao dispositivo AES, espera até que o bloco envie o resultado final do sinal de interrupção descriptografado ou usando um registrador para sinalizar interrupção no bit 1. A descriptografia possui dois modos onde um pode descriptografar usando a chave original e outro usando uma chave já criptografada. Para este caso de verificação da chave não verificada, trabalhou-se apenas com o texto descriptografado.

d. Verificação de geração de chaves: verifica a utilização de registrador de chaves para executar uma fase de criptografia gerando na chave do primeiro momento de rodadas a serem usadas em outro modo para criptografar os dados.





e. Verificação em todos os tipos de registros de configuração: possibilidade dos dados serem processados, afim de garantir que não haja erros usando muitas combinações possíveis.

f. Verificação de erro: verifica-se ao ler ou gravar novos dados na chave ou no texto dos registros.

7. Verificação de descryptografia com chave criptografada: verifica se foi enviado bloqueio dos dados em mais de uma chave para descryptografar. O modo utilizado é de 2 bits, sendo que, para a geração de chaves necessárias para descryptografar utiliza 4 operações de 32 bits.

CONCLUSÃO

A metodologia de reuso utilizada no dispositivo de criptografia baseado no AES mostrou-se muito eficaz para a produção de circuitos integrados digitais.

Falhas de simulação foram encontradas e melhorias foram executadas com a cobertura de código. Quando utilizadas técnicas de verificação funcional, com criação de componentes de checagem de dados, houve um

ganho ainda maior na simulação demonstrando as falhas com rapidez e facilidade [7].

Este projeto foi apoiado pelo Departamento de Comunicação da Universidade de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação e também pelo Laboratório de Comunicação Visual, que forneceu as ferramentas e os softwares usados para desenvolver este projeto.

ARCHITECTURE AND FUNCTIONAL VERIFICATION OF A DIGITAL SYSTEM BASED ON AES 128 BITS ENCRYPTION

ABSTRACT: WHEN DEVELOPING A NEW SYSTEM, IT IS IMPORTANT TO VERIFY THAT THE SYSTEM CONFORMS TO DOCUMENTED REQUIREMENTS AND PROVIDES SPECIFIC RESOURCES. IN THIS WAY DESIGN AND VERIFICATION, COMMONLY RECOGNIZED AS A FRONT END IN THE DIGITAL INTEGRATED CIRCUIT DESIGN FLOW, FOCUS THE UTMOST ATTENTION ON THIS DESIGN PHASE IN ORDER TO ENSURE DEVICE FUNCTIONALITY IN A SAFE MANNER. BY SECURELY ENSURING SYSTEM FUNCTIONALITY BY IMPLEMENTING FUNCTIONAL VERIFICATION COMPONENTS TO VALIDATE "FUNCTIONAL VERIFICATION" THE eRM (E-LANGUAGE REUSE METHODOLOGY) METHODOLOGY TO GENERATE STIMULI IN THE ENCRYPTION STANDARD ADVANCE (AES) DEVICE. VERIFICATION IS PERFORMED ON THE AES DIGITAL DEVICE THAT IS IMPLEMENTED

IN VERILOG HDL (HARDWARE DESCRIPTION LANGUAGE). ITS FUNCTION IS TO ENCRYPT AND DECRYPT TEXTS, AND CAN GENERATE KEYS WITH A SIZE OF 128 BITS. IN ORDER TO ENSURE DEVICE FUNCTIONALITY, THE CODE COVERAGE FEATURE WAS ALSO USED. THERE ARE MANY ADVANTAGES TO USING SUCH A FEATURE IN DESIGN AND CAN BE USED FOR FUNCTIONAL VERIFICATION THROUGH SVA ASSERTIONS, AS THEY ARE NATIVELY INTEGRATED INTO THE SYSTEM VERILOG LANGUAGE, CAN BE VERIFIED IN SIMULATION AND FORMAL VERIFICATION, AND ARE CONVENIENT FOR DESIGNERS TO USE DURING CODING.

KEYWORDS: AES, ENCRYPTION, FUNCTIONAL VERIFICATION, HARDWARE SECURITY, HDL, VERILOG.

REFERÊNCIAS

- [1] Daemen, Joan, Rijmen, Vincent "The Design of Rijndael: AES - The Advanced Encryption Standard" Springer, 2002.
- [2] Ian Elliott, Peter Minns "FSM-based Digital Design using Verilog HDL" Wiley, 2008.
- [3] Tim Good and Mohammed Benaissa. AES on FPGA from the fastest to the smallest. In Cryptographic Hardware and Embedded Systems—CHES 2005, Springer, 2005.
- [4] NIST FIPS Pub. 197: Advanced encryption standard (AES). Federal Information Processing Standards Publication, 197:441–0311, 2001. Disponível em <http://csrc.nist.gov/publications/fips/fips197/fips-197.pdf>. 15
- [5] A. S. M. L. Swarna Jyothi, Harish R, "Reusable Verification Environment for verification of Ethernet packet in Ethernet IP core, a verification strategy- an analysis," IJCSNS Int. J. Comput. Sci. Netw. Secur., vol. 8, n. 11, pp. 226–236, 2008.
- [6] J. M. F. Costa, Elton B, Victor A. Perone, Thayse L. A. Barbosa, Elmar U. K. Melcher, "Verificação Funcional para Sistemas Digitais utilizando System Verilog," Natal, 2012.
- [7] Laurence S. Bisht, Dmitry Korchemny, Erik Seligman "SystemVerilog Assertion Linting: Closing Potentially Critical Verification Holes"

Leandro Barbosa Lima é doutorando em Engenharia Elétrica e Computação pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Mestre em Engenharia Elétrica e Computação pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Especialização em Cybercrime e Cybersecurity Prevenção e Investigação de Crimes Digitais pela Unyleya. Possui cursos na área circuitos integrados digitais, segurança e proteção cibernética. Atualmente, exerce a função de chefe da seção técnica de informática e da subseção de segurança da informação do Hospital de Guarnição de Porto Velho. Já foi instrutor nos cursos de projetista de circuito integrado digital nos centros de treinamento: CTI Renato Archer e CTSP/USP. Pode ser contatado pelo e-mail: lbarbosalima@gmail.com

Yuzo Iano é doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas/SP – UNICAMP. Atualmente é professor titular da Unicamp. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Telecomunicações, Eletrônica e Tecnologia da Informação. Ele trabalha nos seguintes assuntos: transmissão digital e processamento de imagens/áudio/vídeo/dados, hdtv, televisão digital, redes 4G/5G, middleware, transmissão, canalização, transmissão de sinais de televisão, reconhecimento de padrões, codificação digital de sinais, transmissão e armazenamento de dados e cidades inteligentes /digitais. Pode ser contatado pelo e-mail: yuzo@decom.fee.unicamp.br



ARTIGO CIENTÍFICO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO

**CIÊNCIA E
TECNOLOGIA**



ESTUDO SOBRE A CAPACIDADE DE COBERTURA DA TECNOLOGIA DE 4ª GERAÇÃO – LONG TERM EVOLUTION (LTE) – NO TEATRO DE OPERAÇÕES RURAL

UEINI CARDOSO DA TRINDADE

Pós-graduado em Gestão de Sistemas Táticos de Comando e Controle

RESUMO: A MAIS AVANÇADA TECNOLOGIA MÓVEL CELULAR QUE TEM SIDO EMPREGADA NO SEGMENTO DE OPERADORAS DE TELECOMUNICAÇÕES PARA APROVISIONAR OS SERVIÇOS DE DADOS DE BANDA LARGA E DE VOZ É O LTE (LONG TERM EVOLUTION). AO COMPARAR O DESEMPENHO DAS REDES MÓVEIS CELULARES DE TECNOLOGIAS ANTERIORES COM ÀS DE 4ª GERAÇÃO, OBSERVA-SE QUE ESTA ALCANÇA ATUALMENTE GANHOS EXPRESSIVOS EM DIFERENTES FATORES, COMO POR EXEMPLO: FLEXIBILIDADE E EFICIÊNCIA NO USO DO ESPECTRO, TAXAS DE TRANSMISSÃO ELEVADAS E SIMPLIFICAÇÃO DA ARQUITETURA DE REDE. NO PROJETO EM ESTUDO PROCURA-SE ANALISAR A ARQUITETURA BÁSICA LTE, SEGUINDO OS MODELOS DE PREDIÇÃO DE ÁREA OKUMURA HATA, PARA PREVER A CAPACIDADE DE TRANSMISSÃO DE DADOS E A ÁREA DE COBERTURA DO SISTEMA EM UM AMBIENTE RURAL PARA APOIO AS OPERAÇÕES MILITARES. OS CÁLCULOS SE FAZEM NECESSÁRIOS PARA DEFINIR A POTENCIALIDADE DO LINK PARA DOWNLINK E A CAPACIDADE DE COBERTURA DE UM SITE EM 758 MHz A 763 MHz CORROBORANDO COM A RESOLUÇÃO 625 DA ANATEL.

PALAVRAS-CHAVE: CAPACIDADE; COBERTURA; LTE, OKUMURA HATA.

INTRODUÇÃO

O acesso às informações, de modo instantâneo, exige o aperfeiçoamento das tecnologias de celular. O surgimento da comunicação sem fio refletiu na transformação do modo como as pessoas passaram a se comunicar. Diante desse cenário que atualmente as tecnologias necessitam abarcar vazão necessária para essa demanda crescente, não obstante os sistemas de comando e controle do teatro de operações crescem concomitantemente com as necessidades do teatro de operações.

Os ganhos tecnológicos de capacidade e de flexibilidade da tecnologia de quarta geração foram aprovados pela Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) dando destaque a ações para aplicação do LTE nos setores de defesa e segurança pública (Resolução 625, Anatel, 2013). O documento trata da destinação e regulamentação quanto às condições de uso da faixa de frequência 703MHz a 708MHz e 758MHz a 763 MHz adicionalmente ao Serviço Limitado Privado (SLP), em aplicações de segurança pública, defesa nacional e infraestrutura, em caráter primário.

O trabalho tem como problema analisar uma estrutura padrão de tecnologia de quarta geração em aproveitamento às iniciativas de aquisição deste segmento tecnológico pelo Exército Brasileiro.

O artigo objetiva o estudo da capacidade de cobertura da rede de telefonia móvel de quarta geração LTE, em um ambiente rural. Tendo como objetivos específicos: apontar a estrutura básica da rede de telefonia móvel de quarta geração LTE; realizar o estudo da amplitude de cobertura da estrutura básica da rede LTE em um ambiente rural; e estimar a capacidade de transmissão da banda disponível pela faixa de radiofrequências de 703 MHz a 708 MHz e 758 MHz a 763 MHz, em um cenário rural.

O presente trabalho contribuirá na análise das potencialidades da tecnologia em estudo em prol de um sistema de comando e controle mais eficiente.

Buscaram-se no campo do conhecimento as principais referências na definição da mais avançada tecnologia móvel celular que tem sido empregada no segmento de operado-



ras de telecomunicações para aprovisionar os serviços de dados banda larga e de voz, LTE.

Ao comparar o desempenho das redes móveis celulares e as tecnologias anteriores com a LTE, ela alcança atualmente ganhos expressivos em diferentes fatores, como por exemplo: flexibilidade e eficiência no uso do espectro, taxas de transmissão elevadas e simplificação da arquitetura rede.

No projeto de cobertura, o modelo utilizado é o Okumura Hata. Os cálculos se fazem necessários para definir a capacidade de uma unidade básica de quarta geração em 758MHz a 763MHz.

1 METODOLOGIA

Além de pesquisa bibliográfica, foram utilizados os cálculos para o projeto de capacidade onde se estima o tráfego dos usuários, cálculos da capacidade média da célula e do número de células necessárias para atender o tráfego estimado. Será feita ainda, uma proposta de otimização desta rede de cobertura, bem como, capacidade e qualidade de uma rede LTE para o cenário da resolução 625 da Anatel destinado para o SLP, em aplicações de Segurança Pública, Defesa Nacional e infraestrutura, atendendo a iniciativa do Exército Brasileiro no Projeto SISNACC (Sistema Nacional de Comunicações Críticas) de 2013.

Foram apresentados os conceitos básicos da tecnologia de quarta geração LTE, como a arquitetura e suas bandas de frequência e conceitos de radiofrequência necessários para o entendimento do processo de otimização propriamente dito, onde são apresentados os modelos de propagação e os cálculos do downlink para uma estação rádio base, sendo este um dos passos realizados no planejamento celular. O Link Budget tem por finalidade calcular a perda máxima de proliferação permitida para que os usuários colocados nas margens das células possam utilizar o sistema. É por meio do Link Budget, cálculo final de potência de todo o percurso entre TX e RX, que se determina a área de cobertura e raio da célula,

o qual permitirá estimar a quantidade de estações rádio base necessária para cobrir a região onde se pretende oferecer o serviço.

Foi estudado o projeto de capacidade onde se estima o tráfego dos usuários, cálculos da capacidade média da célula e do número de células necessárias para atender o tráfego estimado. Foi feita ainda, uma proposta de otimização desta rede de cobertura, bem como, capacidade e qualidade de uma rede LTE para o cenário da resolução 625 da Anatel.

Por fim, foi descrito o processo de otimização utilizado, os resultados obtidos através das simulações que justificam a conclusão do projeto, bem como a análise para o cenário proposto. As conclusões foram exibidas nas considerações finais o que encerra a apresentação do projeto.

2 ARQUITETURA LTE

É de grande conhecimento que a atual geração de padrões sem fio para sistemas celulares é o 4G (quarta geração), projetado para ser o sucessor do padrão 3G (terceira geração). A International

Telecommunications Union (ITU) nomeou que as condições de velocidade de pico para o padrão 4G precisam ser 100 Mbps para a conexão móvel e 1 Gbps para conexões fixas. Na atualidade, a rede LTE é exclusiva operando comercialmente como serviço de Internet móvel de quarta geração no Brasil. De modo que não signifique que com sua chegada o desenvolvimento das outras tecnologias de acesso via rádio de 3G tenham fim.

As metas de desempenho do sistema para LTE foram definidos pelo 3rd Generation Partnership Project (3GPP) em 2005 e documentadas em 3GPP TR 25.913, junto com as metas de capacidade, complexidade, implantação e arquitetura. A seguir, as principais medidas de desempenho do sistema:

a. Taxa de transferência média, medida por MHz como a média dos usuários;

b. Rendimento de usuário de ponta, medido por MHz nos 5% da distribuição de usuários (95% dos usuários com melhor desempenho);

c. Eficiência do espectro, que indica o rendimento do sistema por setor em termos de bps/MHz.(GONÇALVES, 2011).

d. A tecnologia LTE foi desenvolvida de modo a cumprir determinados requisitos como:

e. Suporte a várias larguras de banda 1.4, 3, 5, 10, 15, 20 MHz nos modos de Frequency Division Duplex (FDD) ou Time Division Duplex (TDD);

f. Utilização de modulação adaptativa (QPSK, 16 QAM e 64 QAM); Downlink: 100 Mbps; Uplink: 50 Mbps;

g. Suporte a SIMO e MIMO 2x2 e 4x4;

e

h. Aumento da eficiência Espectral (cerca de 2-4 vezes superior à tecnologia precedente). (TECHNICAL SPECIFICATION GROUP (TSG), 2012).

Considerando-se a banda máxima de 20 MHz que corresponde à eficiência espectral de pico de 5 e 2,5 bps / Hz respectivamente. Em tempo, observa-se que ao nível do acesso rádio em LTE, são utilizadas as modulações *Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDMA), para *downlink* e *Single Carrier Frequency Division Multiple Access* (SCFDMA), para *uplink*. Ambas se baseiam nos mesmos princípios, porém, apresentando pequenas diferenças (PERNES e NEVES, 2009).

Diante do exposto, observou-se que os produtos LTE têm a vantagem de possuir por exemplo: aspectos como instalação plug and play, autoconfiguração e auto otimização que propiciarão a simplificação e redução do custo de implantação e gerenciamento da rede. Cita-se ainda que o LTE será implementado paralelamente com as redes de transporte e núcleo baseado em IP simples, nos quais a construção, manutenção e introdução de serviços são simplificadas. (MAZZONI, 2014)

De acordo com a teoria e conforme já mencionado anteriormente, o alcance de uma rede LTE é de 300 Mbps de downlink e 75 Mbps de uplink. Porquanto na prática, esses números caem para 100 Mbps de downlink e 50 Mbps de uplink, podendo-se atribuir esse fato aos overheads e dos obstáculos da infraestrutura da rede. Na hipótese mais otimista, porém, ainda teoricamente, os smartphones atuais, conseguem operar com velocidades de 7.2 Mbps de downlink e 348 Kbps de uplink. Que traduzindo, quer dizer que o LTE é pelo menos 10 vezes mais eficiente que o aparelho.

Pode-se, deste modo, entender e resumir que ao introduzir a flexibilidade do LTE nas áreas de segurança pública existem possibilidades ainda inimagináveis de sua utilização. O setor de Defesa no Brasil perfilha a precisão de melhorias tecnológicas na comunicação banda larga Militar e recorre à LTE na busca pela evolução em direção à tecnologia Privado para Defesa e Segurança Pública no Brasil. (ANDRUSENKO, BURBANK E OUYANG, 2015)

São vários os países que utilizam os sistemas LTE na prestação de serviços de missão crítica como: situações de calamidade pública e combate a desastres naturais, ou ainda, situações de crise da infraestrutura de comunicação básica, além de eventos com grande concentração de pessoas.

Diante dessas situações, as infraestruturas das operadoras de telecomunicações são utilizadas. Levando-se em conta: a flexibilidade, os ganhos tecnológicos, capacidade, disponibilidade e barateamento dos terminais é que foram aprovadas e implementadas as ações para aplicação do LTE nos setores de Defesa e Segurança Pública, baseando-se na resolução 625 da Anatel publicada no ano de 2013. O documento trata da destinação e regulamentação quanto às condições de uso da faixa de 698 MHz a 806 MHz e 703 MHz a 708 MHz e 758 MHz a 763 MHz, foi destinado para o Serviço Limitado Privado (SLP), em aplicações de Segurança Pública, Defesa Nacional e infraestrutura, em caráter primário .

No contexto do que até aqui foi abordado, o próximo segmento trata especificamente a arquitetura e as tecnologias envolvidas em torno das redes LTE de quarta geração.

O LTE conforme já mencionado, foi idealizado para que tivesse contextualização com a existente terceira geração de tecnologia, a única diferença está na simplificação da arquitetura que mantém alguns elementos da estrutura 3G. O sistema novo foi selecionado fundamentando-se em um bloco chamado de EPS, do inglês *Evolved Packet System*, ou, Sistema de Pacotes Evoluído, que se converte nos elementos-chave: e-UTRAN, que é onde se agrupam os equipamentos do usuário, ou UE, do inglês *User Equipment*, e na estação base, chamada de eNodeB, ou eNB, do inglês *Evolved Node B*; e o EPC, do inglês *Evolved Packet Core*, onde são encontrados os elementos de acesso à rede, o que atualmente vem a contrastar com a arquitetura hierárquica do sistema 3G, que é possuidora de muitos nós de rede. (ZANETTI, 2011).

É o fato da rede utilizada no LTE ser mais simples que as redes anteriormente utilizadas que os pacotes são gerenciados e processados no núcleo EPC. O resultado desse processo está na produção de respostas em menor tempo, aprimorando a taxa de comunicação e o tempo de latência, o componente eNB adveio no suprimento das funções do *Radio Network Controller* (RNC) das redes UMTS, conectando-se diretamente ao núcleo EPC. Desse modo, o RNC concretiza a gestão de recursos de rádio, tendo ainda algumas das funções de gerenciamento de mobilidade e é neste ponto que é feita a criptografia antes que os dados do usuário sejam enviados entre os dispositivos (GUEDES E VASCONCELOS, 2014).

A rápida alteração na taxa de transmissão de dados é a característica mais comum nas redes sem fio, a arquitetura LTE utiliza-se da retransmissão no eNB no gerenciamento desta variação buscando contornar esse obstáculo. A adoção de mecanismos de controle de fluxo no núcleo principal da arquitetura EPC

colabora para evitar perda de dados ou overflow. (GUEDES e VASCONCELOS, 2014).

O *Hybrid Automatic Repeat Request* (HARQ) é a estrutura utilizada na correção dos pacotes de erros na camada física (PHY), podendo além do mais, existir a chance que certos pacotes sejam deixados mesmo com erros desde que sejam cabíveis para determinadas aplicações, sendo deste modo, passados para as camadas superiores. O mecanismo seguinte é o *Automatic Repeat Request* (ARQ) é exercido na camada Radio Link Control (RLC), que vigia os erros restantes podendo corrigir tais erros ou fazer o descarte dos pacotes.

O sistema LTE apresenta ainda outras características relevantes no projeto de uma rede. Entre as quais, se cita o uso de múltiplas antenas para transmissão e recepção, técnica conhecida como MIMO (*Multiple-Input Multiple-Output*). Esta técnica se destina à melhoria de desempenho e capacidade do sistema, obtenção de uma cobertura ampliada e de taxas de vazão mais elevadas. As configurações de MIMO padrão para LTE são 1x1, 2x2, 4x2 e 4x4, onde o primeiro número representa o número de antenas de transmissão e o segundo, o número de antenas de recepção utilizadas (ZANETTI, 2011).

Outro ponto relevante é o controle de potência do sistema LTE, podendo fazer com que o sistema seja melhorado em sua capacidade e reduza o consumo de energia. Para tanto, essa técnica controla a potência dos sinais de interesse enquanto limita a interferência no canal. Em resumo, essa técnica estabelece uma conexão entre o transmissor e o receptor, controlando a intensidade de sinal que um transmite para o outro (ZANETTI, 2011).

3 PLANEJAMENTO DE COBERTURA

O planejamento de rede é o processo realizado para obtenção da maior cobertura de atuação empregando a menor quantidade de equipamento, paralelamente, aprovisionar a capacidade de rede indispensável para que se

atenda a necessidade de tráfego dos usuários. É necessário que se passe por estágios específicos para que os objetivos sejam alcançados os quais incluem a definição dos parâmetros de projeto, ou seja, um plano inicial detalhado e sua otimização.

Nesse primeiro estágio incide a obtenção de informações como ajuste do modelo de propagação, que é o processo para calibração do modelo de propagação teórico utilizado; e definição da frequência utilizada. Com isso, será possível dimensionar área do site ou da eNodeB quantificando a demanda de transmissão e a cobertura da região calculada.

3.1 MODELO DE PROPAGAÇÃO

O Modelo de Okumura - Hata é um dos métodos mais empregados que cobre a faixa de 150 MHz a 3 GHz é adequado para distâncias entre 1 e 100 km. É fundamentado em uma ampla quantidade de medidas realizadas na cidade de Tóquio em frequências de até 1920 MHz, obtidas com um transmissor a uma altura efetiva de 200 m e o receptor móvel a uma altura de 3 m.

O modelo de Okumura Hata atende três tipos de terrenos e meio ambiente:

- área aberta: definida como espaço aberto, sem árvores altas ou edifícios;
- subúrbio: definido como vilarejos, rodovias dispersas com árvores e casas, onde possa haver alguns obstáculos perto do celular; e
- área urbana: definida como grande assentamento com edifícios altos que possuem dois ou mais andares próximos uns dos outros.

O modelo usou a área urbana como um modelo padrão e introduziu fatores de correção para a aplicação do modelo às categorias. A fórmula empírica de perda de trajetória (*Path Loss*) desenvolvida é expressa em termos de dB conforme apresenta a equação: L_p

$$= 69,55 + 26,16 \log f_c - 13,82 h_b - a + (44,9 - 6,55 \log h_b) \log R. \text{ (MOURA, 2011), onde:}$$

PL - Path Loss médio na propagação [dB];

f - é a frequência em MHz sendo limitada na faixa de 150 MHz a 1500 MHz;

h_b - é a altura da antenna da eNodeB em metros e o seu valor está dentro da faixa de 30 a 200 m;

h_m - é a altura da antenna na estação rádio base móvel dado em metros e sua faixa varia de 1 a 10 m;

d - é a distância do enlace dada em km e pode chegar até 20 km;

K e h_m - variam com o tipo de área e são dados por:

Urbano: todas as áreas urbanas possuem $k = 0$ [dB].

Área aberta (rural), dada pela equação: $L_{op} = L_p \{Área Urbana\} - 4,78(\log f_c)^2 - 18,33 \log f_c - 40,94$.

3.2 LINK BUDGET

O *Link Budget* tem por finalidade calcular a perda máxima de propagação permitida para que os usuários colocados nas bordas das células possam utilizar o sistema. É por meio do *Link Budget* que se pode determinar a área de cobertura e o raio da célula, permitindo estimar a quantidade de estações rádio base necessárias para cobrir a região onde se pretende oferecer o serviço. Vale ressaltar que as características do ambiente (urbano denso, urbano, suburbano entre outros) no qual a rede será instalada influenciam em seu resultado devido às múltiplas reflexões que o sinal propagado irá sofrer podendo também o *Link Budget* variar conforme o objetivo de cobertura desejado seja ela indoor ou outdoor. Pois para cada uma dessas, as perdas de propagação do sinal são diferentes. A partir da máxima perda de propagação calculada, é possível se de-

terminar o raio da célula. De posse do raio da célula, é calculada a sua área e, dessa forma, pode ser feita a estimativa do número de eNobEs indispensáveis para que seja possível a cobertura do sistema em uma determinada região. (MOURA, 2011).

Em meio aos parâmetros necessários para o cálculo, os fundamentais são a potência de transmissão, os ganhos das antenas e as demais perdas plausíveis de ocorrerem quando a onda se propaga do transmissor até o receptor. A Margem de Desvanecimento ou *Fade Margin* é a margem a ser considerada no *Link Budget* com a finalidade de afiançar que o terminal móvel possa operar na borda das células, onde a relação SINR (Sinal Ruído + Interferência) é baixa. Por causa dos múltiplos percursos nos sistemas celulares a margem de desvanecimento deve ser considerada. Uma margem de desvanecimento a ser aceita como boa referência é o desvanecimento, no qual o canal de rádio adota a distribuição de Rayleigh, onde para áreas urbanas o valor adotado deve ser entre 4 dB e 6 dB. (MOURA, 2011)

A equação: $L = P_{tx} + G_{tx} - I_{tx} - SNR_{requerida} - S_{rx} + G_{rx} - I_{rx} + G_{dv} - M$, apresenta o cálculo do Link Budget, onde:

L - Máxima Perda de downlink / uplink;

P_{tx} - Potência de Transmissão [dBm];

G_{tx} - Ganho da Antena Transmissora [dBi];

I_{tx} - Perdas na Transmissão [dB]

$SNR_{requerida}$ - Relação Sinal Ruído Requerida [dB];

S_{rx} - Sensibilidade Requerida na Recepção [dB]

G_{rx} - Ganho da Antena Receptora [dBi];

I_{rx} - Perdas na Recepção [dB];

G_{dv} - Ganho de Diversidade [dBi];

Não obstante, a ERP (*Effective Radiated Power*) é distinguida pelas perdas e ganhos - existentes entre o amplificador de potência e

a antena de transmissão. Caracteristicamente o ponto de parâmetro para a potência irradiada é a energia emitida pela antena. Sendo usada uma antena isotrópica como referência e por isso é usada a TX_{EIRP} (*Effective Isotropic Radiated Power*), definidos os parâmetros da TX_{EIRP} , ela pode ser representada pela equação: $TX_{EIRP} = P_{tx} + G_{TxDG} + GT_x - L_{TxLL}$ (MOURA, 2011), conforme valores apresentados na Tabela I.

TABELA I Valores para cálculo da TX_{EIRP}

PARÂMETROS	DOWNLINK
Potência de Transmissão - P_{tx}	46 [dBm]
Número de Antenas - N_{tx}	2
Ganho de Diversidade - G_{TxDG}	3 [dB]
Perda na Linha de Transmissão - L_{TxLL}	1 [dB]
Ganho da Antena - G_{Tx}	17 [dBi]

Onde:

Potência de transmissão: se refere à potência na saída do equipamento de rádio;

Número de antenas: número de antenas na transmissão;

Ganho de diversidade: ganho de diversidade obtido na transmissão com múltiplas antenas, dado pela equação $G_{TxDG} = 10 \log(N_{tx})$ (MOURA, 2011).

Perda na linha de transmissão: perdas encontradas entre a saída do equipamento de rádio e a antena transmissora;

Ganho da antena: ganho da antena de transmissão.

A RX_{EFS} (*Effective Receiver Faded Sensitivity*) é definida pelas perdas e ganhos entre o receptor e a antena de recepção e possui valores típicos. Define o menor sinal a ser recebido de forma a garantir o funcionamento do receptor nos requisitos determinados pelo padrão do sistema em questão:

Dadas às definições dos parâmetros da RX_{EFS} , a mesma pode ser calculada por: (MOURA, 2011).

Conforme dados apresentados na Tabela II.

TABELA II Valores para cálculo da RX_{EFS}

PARÂMETROS	VALORES
Parâmetro Downlink Ruído Térmico – N_0	174[dB m/Hz]
Largura de Faixa por Subportadora - SC_{ZW}	15 [kHz]
Número de Subportadoras ocupadas - SC_0	-
Figura de Ruído - NF	6[dB]
Modulação	16 QAM
SNR (Relação Sinal Ruído) - SNR	4,140 [dB]
Margem de Implementação - IM	3 [dB]
Margem de Desvanecimento Rápido - FF	-
Ganho de Diversidade de Rx - $GR_{x,DG}$	3 [dB]
Ganho da Antena de Rx – GR_x	7 [dBi]
Perda na Linha de Rx - $LR_{x,LL}$	0 [dB]

Onde:

Ruído Térmico: densidade espectral de potência do ruído, dada pela equação $N_0 = kT$ (MOURA, 2011), onde:

K - constante de Boltzman = $1,38 \times 10^{-23}$ [W/(Hz K)];

T - Temperatura ambiente em graus Kelvin = 290 [K]; e

Largura de faixa por subportadora: largura de faixa definida pelo 3GPP para as subportadoras LTE.

A seguir, a Tabela III define a banda das subportadoras, o número de subportadoras por Resource Block (RB) e o número de RBs associados com cada banda do canal. Esses valores serão em seguida empregados na determinação da sensibilidade efetiva de recepção.

TABELA III Largura de Banda das Subportadoras

Largura de Faixa	5 [MHz]	10 [MHz]	15 [kHz]	20 [MHz]
Banda (BW) por Subportadora	15 [kHz]	15 [kHz]	15 [kHz]	15 [kHz]
Subportadora por Resource Block	12	12	12	12
Número de Resource Blocks	25	50	75	100

Onde:

Número de subportadoras ocupadas: número de subportadoras alocadas para downlink;

Figura de ruído: mede a degradação da SNR entre a entrada e a saída do receptor e é dada pela equação $NF_{db} = 10 \log(F)$ (MOURA, 2011), onde:

F é a figura de ruído do equipamento em escala linear.

Modulação: modulação usada no sistema;

SNR: compara a potência do sinal recebido com a potência do ruído.

A seguir têm-se alguns valores típicos de SNR em função do MCS (*Modulation and Coding Scheme Index*) apresentados na Tabela IV.

TABELA IV Valores típicos de margem de desvanecimento

PERFIL DO CANAL	QPSK	16-QAM	64-QAM
AWGN	0 [dB]	0 [dB]	0 [dB]
PB3	4,5 [dB]	5,3 [dB]	7,0 [dB]
VA30	5,2 [dB]	5,7 [dB]	8,0 [dB]

Onde:

PB3 e VA30: são modelos de canal para deslocamento pedestre e veicular com velocidade de até 30 km/h.

Ganho de diversidade: ganho de diversidade obtido pela utilização de duas ou mais antenas na recepção do sinal;

Ganho da antena de recepção: ganho máximo da antena de recepção na direção do lóbulo principal;

Perda na linha de Rx: perdas entre o receptor e a antena de recepção.

Tendo sido calculados os valores de TX_{EIRP} e RX_{EFS} a máxima perda de propagação é definida pela equação $PL = TX_{EIRP} - RX_{EFS} - L_B - M_{INT} - M_{SF}$ (MOURA, 2011).



A tabela V define os valores a serem calculados para o *Path Loss*.

TABELA V Valores típicos para o Cálculo de *Path Loss*

PARÂMETROS	DOWNLINK
Potência Efetiva Irradiada – TX_{EIRP}	-
Sensibilidade Efetiva de Recepção – RX_{EFS}	-
Perda por influência do corpo humano, carros, vegetação e construções – L_B	10[dB]
Margem de Interferência – M_{INT}	2 [dB]
Margem do Modelo Log Normal – M_{SF}	–

Onde:

Perdas: perdas causadas por influência do corpo humano, carros, vegetação e construções entre o transmissor e o receptor;

Margem de interferência: margem devido à interferência entre sites adjacentes e que usam as mesmas frequências;

Margem Log-Normal: quando um móvel está se deslocando, os obstáculos existentes entre ele e a estação rádio base podem causar obstrução do sinal; o que por sua vez, gera desvanecimento deste, acarretando flutuações na potência média recebida. Tal desvanecimento recebe o nome de desvanecimento de larga escala ou Log-Normal, uma vez que obedece a distribuição Log-Normal.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CÁLCULO DA ÁREA DE COBERTURA PARA A FREQUÊNCIA DE 760,5 MHZ

Para a execução do Projeto de cobertura utilizando frequência de 760,5 MHz, sendo a frequência central da portadora, os valores dos parâmetros necessários foram selecionados de modo que atenda da melhor forma o projeto proposto. Com os dados apresentados na Tabela VI, é possível realizar os cálculos da potência efetiva de transmissão, sensibilidade efetiva de recepção, path loss, raio da célula, área da célula e área do site.

Na Tabela VI estão representados os

parâmetros necessários e os valores adotados para o cálculo de downlink, com exceção da sensibilidade requerida na recepção.

TABELA VI Parâmetros necessários e valores adotados para o cálculo de Link Budget de Downlink.

PARÂMETROS	DOWNLINK	
Modulação	16-QAM	
Largura de Faixa do Canal	5 [MHz]	
Número de Subportadoras para Largura de Faixa Por Subportadora	5 MHz, BW 15 kHz	300
Subportadora por Resource Block	3	
Número de Resource Blocks	100	
SNR para MCS Index	10	3,335 [dB]
Taxa de Codificação	0,332	
Margem de Desvanecimento Rápido para PB3	5,3 [dB]	
Margem de Log Normal para Abertura de Feixe da Antena	65°	4,2 [dB]
Expoente de Propagação	4	
Desvio Padrão	6	
Cobertura na Borda da Célula	90%	

Com a finalidade de calcular a potência efetiva de transmissão, primeiramente se deve realizar o cálculo do ganho por diversidade, conforme a equação $G_{TxDG} = 10 \log (N_{tx})$, logo $G_{TxDG} = 3,0103 [dB]$.

Após esse procedimento, é possível encontrar o resultado da equação:

$$TX_{EIRP} = P_{tx} + G_{TxDG} + G_{Tx} - L_{TxLL}$$

De acordo com os parâmetros da Tabela VII o resultado é $TX_{EIRP} = 66,0103 [dBm]$.

TABELA VII Valores calculados e adotados para cálculo da TX_{EIRP}

PARÂMETROS	DOWNLINK
Potência de Transmissão – P	46 [dBm]
Número de Antenas – N_{tx}	2
Ganho de Diversidade – G_{TxDG}	3,0103 [dB]
Perda na Linha de Transmissão – L_{TxLL}	1[dB]
Ganho da Antena – G_{Tx}	18[dBi]



De acordo com os parâmetros apresentados na Tabela VIII, pode-se realizar o cálculo da sensibilidade efetiva de recepção. É necessário calcular a densidade espectral de potência do ruído térmico por meio da equação $N_o = k \cdot T$, tem-se:

$$N_o = 4,002 \times 10^{-21} \text{ [W/Hz]}$$

Onde:

$$T - \text{Constante de Boltzman} = 1,38 \times 10^{-23} \text{ [(W/Hz) \times K]}$$

K – Temperatura ambiente em graus Kelvin = 290 [K]

De acordo com a equação $RX_{EFS} = N_o + 10 \log [\log (SC_{BW} \cdot SC_{\rho})] + NF + SNR + IM + FF - G_{RxDG} - G_{Rx} + L_{RxLL}$, encontra-se $RX_{EFS} = -99,83 \text{ [dBm]}$.

TABELA VIII Valores calculados e adotados para cálculo da RX_{EFS}

PARÂMETROS	DOWNLINK
Densidade Espectral de Potência do Ruído Térmico - N_o	-174[dBm/Hz]
Figura de Ruído - NF	6 [dB]
BW por Subportadora - SC_{BW}	1500 [Hz]
Subportadoras ocupadas - SC_{CO}	300
Relação Sinal Ruído - SNR	3,335 [dB]
Margem de Implementação - IM	3 [dB]
Margem Desvanecimento Rápido - FF	5,3 [dB]
Ganho por Diversidade de Recepção - G_{TxDG}	0 [dB]
Ganho da Antena de Recepção - G_{Tx}	0 [dB]
Perda Cabeamento de Recepção - L_{TxLL}	0 [dB]

O cálculo de *Path Loss* aceitável é obtido por meio da equação $PL = TX_{EIRP} - RX_{EFS} - L_B - M_{INT} - M_{SF}$, conforme os dados da Tabela IX, sendo encontrado o valor de $PL = 155,64 \text{ [dB]}$.

Para efeitos dos cálculos, o $a(h_m)$ será de 0 [dB] para todas as áreas rurais.

Neste caso, o raio da célula, representado por "R" pode ser determinado

pela equação $L_p = 69,55 + 26,16 \log f_c - 13,82 h_p - a + (44,9 - 6,55 \log h_p) \log R$.

TABELA IX Parâmetros estimados e cálculos de Downlink

PARÂMETROS	DOWNLINK
Potência Efetiva de Transmissão - TX_{EIRP}	66,01[dB]
Sensibilidade Efetiva de Recepção - RX_{EFS}	-99,83 [dBm]
Margem de Log Normal - M_{SF}	4,2 [dB]
Margem de Interferência - M_{INT}	4 [dB]
Penetração Indoor - L_B	0 [dB]
$a(h_m)$	0 [dB]
Frequencia de Operação [MHz] - f_c	760,5 [Mhz]
Altura da antena da estação rádio base - h_b	30 [m]
Altura da antena da estação móvel - h_m	2 [m]
Fator de correção para áreas suburbanas - k	0 [db]

A Tabela X mostra os dados usados para o cálculo R, obtendo-se $R = 7,65 \text{ km}$.

TABELA X Valores dos parâmetros

PARÂMETROS	DOWNLINK
Frequência de Operação - f_c	760,5 [MHz]
Altura da Antena da Estação Rádio Base - h_b	30 [m]
Altura Efetiva da Antena Da Estação Móvel - h_m	2 [m]
Fator de Correção para Áreas Urbanas - k	0 [dB]
Fator de Correção Áreas Rurais - $a(h_m)$	0 [dB]
<i>Path Loss</i> - PL	155,64[dB]

Com o raio da célula determinado, pode-se calcular a sua área. O cálculo da área do site depende da setorização do mesmo. Neste projeto foram consideradas células hexagonais e sites com dois setores. Dessa forma, a área do site é dada pela equação $A_{SITE} = 9/8 \sqrt{3} R^2$. Obtém-se, para os valores de R encontrados anteriormente que $A_{SITE} = 114,03 \text{ [km}^2\text{]}$.



4.2 PROJETO DE CAPACIDADE

O cálculo da quantidade de usuários suportados em cada site é baseado no serviço de cada usuário, considerando o período de tempo mensal, bem como na capacidade total oferecida de pelo site.

O Projeto de Capacidade apresenta as seguintes características: banda de 5 MHz, prefixo cíclico normal (7 símbolos OFDM por time slot), eficiência espectral média de 4 bits por símbolo modulado, calculada pela média aritmética do número de bits por símbolo das modulações 64-QAM, 16-QAM e QPSK, uma vez que o sistema LTE emprega modulação adaptativa. (ZANETTI, 2011).

No projeto serão descontados os canais PDCCH (*Physical Downlink Control Channel*) e os sinais de referências. Os canais PDCCH são utilizados para transmitir informações de controle e os sinais de referências são *Resource Elements* existentes nos blocos de recursos, sendo estes empregados para a determinação da qualidade do canal (ZANETTI, 2011).

A transmissão de dados no LTE é realizada por *frames* de duração de $T_{FRAME} = 10\text{ms}$, sendo divididos em dez *subframes* com duração de $T_{SUBFRAME} = 1\text{ ms}$. Em seguida o subframe é dividido ainda em dois *time slots*, obtendo um total de 20 *time slots*, com duração de $T_{TS} = 0,5\text{ms}$ cada. (ZANETTI, 2011).

Para o cálculo do tráfego mensal da rede (T_m), deve-se considerar o período de um mês (30 dias) e a taxa efetiva total. Torna-se também necessário considerar a carga das células na HMM, a porcentagem do tráfego diário nesse mesmo período, como a setorização dos sites.

A equações $R_{EFETIVA} = [(a.b.2 - c - d). e/2.T_{TS}].\#RB$ e $T_M = \{[R_{EFETIVA}.3600/8192].\%Uhmm.30.\#setores\}/\%TdHMM$ determinam respectivamente a taxa efetiva total de uma célula e o tráfego mensal de um site, onde:

a - número símbolos OFDM por *time*

slot;

b - número de subportadoras por RB;

c - símbolos de referência por *subframe*;

d - canais PDCCH por *subframe*;

e - número de bits médio por símbolo das modulações;

#RB – número total de RBs;

T_{TS} – duração do *time slot*;

Onde:

T_M – Tráfego mensal de um site em Gb;

$R_{EFETIVA}$ – taxa efetiva total da célula em Mb/s;

%Uhmm – utilização da capacidade da célula na HMM;

#setores – número de setores da estação rádio base;

%TdHMM – porcentagem do tráfego diário na HMM.

Para o cálculo aproximado da taxa efetiva total da célula, utilizam-se os valores da Tabela XI e a equação $R_{EFETIVA} = [(a.b.2 - c - d). e/2.T_{TS}].\#RB$. Dessa forma, a capacidade total da célula é $R_{EFETIVA} = 14,8\text{ [Mb/s]}$.

Para o cálculo do tráfego mensal do site foram utilizados os valores da Tabela XII e a equação $T_M = \{[R_{EFETIVA}.3600/8192].\%Uhmm.30.\#setores\}/\%TdHMM$, dada por:

Onde o resultado obtido é $T_M = 2048,73\text{ [Gb/mês]}$.

O número de usuários por site é encontrado pela divisão do valor encontrado do tráfego mensal do site pela franquia mensal do usuário, sendo considerada como 3Gb/mês. Com isso, obtém-se o resultado do número aproximado de usuários por site ou eNodeB igual a 683 usuários.

TABELA XI Valores calculados e adotados para definição da Taxa Efetiva Total da Célula

PARÂMETROS	DOWNLINK
Duração do Frame – T_{FRAME}	10 [ms]
Número de Subframes em um Frame	10
Duração do Subframe - $T_{SUBFRAME}$	1 [ms]
Número de Time Slots em um Subframe	2
Duração do Time Slot – T_{TTS}	0,5 [ms]
Símbolo OFDM por Time Slot – a	7
Quantidade de Subportadoras por Resource Block – b	12
Símbolos de Referência – c	8
Canais PDCCH – d	12
Nº Médio de Bits por Símbolos das Modulações - e	4
Número de Resource Blocks Alocados - #RB	25

TABELA XII Valores calculados e adotados para definição do tráfego mensal do site

PARÂMETROS	DOWNLINK
Taxa Efetiva da Célula - $R_{EFETIVA}$	14,8 [Mb/s]
Utilização da Capacidade da Célula na Hora de Maior Movimento - $\%U_{hmm}$	70%
Número de Setores por Estação Rádio Base - #setores	3
Tráfego Diário na Hora de Maior Movimento - $\%Td_{HMM}$	20%

CONCLUSÃO

Após a execução do projeto com uma das frequências homologadas pela resolução 625 da ANATEL, para atender as necessidades dos órgãos de segurança pública, conclui-se que a capacidade de operação de uma estação rádio LTE é diretamente influenciada pelos parâmetros auditáveis do projeto.

Os parâmetros adotados durante esse estudo buscaram atender recursos básicos de serviços em uma rede LTE, contudo para uma

aplicação real é imprescindível o destaque de duas grandezas envolvidas no projeto: a área a ser coberta e a capacidade de dados a ser transmitidos. Essas serão fundamentais para atender as necessidades dos usuários e a boa utilização de recursos financeiros na instalação de estações rádio base LTE, alcançando um alto desempenho em operações militares em ambientes rurais.

Destaca-se, ainda, que a tecnologia de quarta geração atende as expectativas de transmissão de dados. Ela alcança uma taxa de 14,8 [Mb/s] com uma infra-estrutura básica.

Analisando os resultados obtidos observa-se que os *sites* devem ser instalados em áreas com maior concentração de usuários e de necessidades estratégica para as operações em ambiente rural. Uma vez que a distribuição dos efetivos não é uniforme pela área do Teatro de Operações, como também existem regiões que não apresentam interesse de serem cobertas.

Com isso, a implantação de *sites* ou *eNodeB* será proporcional a quantidade de usuários, obedecendo à distribuição das estações rádio base nas áreas de maior interesse. O sistema LTE atenderá dentro das capacidades deste projeto os elementos em operação do Teatro de Operações em ambiente rural, caso haja uma demanda de 2048,73 [Gb/mês], ou a necessidade de atender 683 usuários, para uma área de 114,03 km².

Por fim, o projeto de utilização de um Sistema LTE na faixa de frequência de 758 MHz a 763MHz é capaz de aprovisionar, processar e comutar dados para a demanda crescente de informação em uma operação militar, contribuindo como um meio capaz de embarcar os sistemas de comando e controle, e exaurindo as possibilidades de uma melhor utilização do espectro eletromagnético de uma rede sem fio na faixa de frequência em estudo.

THE STUDY ON THE COVERAGE CAPACITY OF 4TH GENERATION TECHNOLOGY LONG TERM EVOLUTION (LTE) AT THE RURAL OPERATING THEATER

ABSTRACT: THE MOST ADVANCED MOBILE CELLULAR TECHNOLOGY THAT HAS BEEN EMPLOYED IN THE TELECOMMUNICATIONS CARRIER SEGMENT TO PROVISION BROADBAND AND VOICE DATA SERVICES IS **LTE (LONG TERM EVOLUTION)**. WHEN COMPARING THE PERFORMANCE OF MOBILE CELLULAR NETWORKS OF PREVIOUS TECHNOLOGIES WITH THOSE OF **4TH GENERATION**, IT CAN BE OBSERVED THAT IT NOW ACHIEVES EXPRESSIVE GAINS IN DIFFERENT FACTORS, SUCH AS: FLEXIBILITY AND EFFICIENCY IN THE USE OF THE SPECTRUM, HIGH TRANSMISSION RATES AND SIMPLIFICATION OF THE ARCHITECTURE NETWORK. IN THE PROJECT UNDER STUDY, THE **LTE** BASIC ARCHITECTURE IS ANALYZED, FOLLOWING **OKUMURA HATA** AREA PREDICTION MODELS, TO PREDICT THE DATA TRANSMISSION CAPACITY AND THE AREA OF COVERAGE OF THE SYSTEM IN A RURAL ENVIRONMENT TO SUPPORT MILITARY OPERATIONS. THE CALCULATIONS ARE NECESSARY TO DEFINE THE POTENTIAL OF THE DOWNLINK LINK AND THE CAPACITY OF COVERAGE OF A SITE IN **758MHZ** TO **763MHZ** CORROBORATING WITH **RESOLUTION 625** OF **ANATEL**.

KEYWORDS: CAPACITY. COVERAGE. **LTE**. **OKUMURA HATA**.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Marco Antônio F. R. - **LTE (Long Term Evolution) A Evolução das Redes 3G** - 2012. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutoriallte/default.asp>> Acesso em: Março.2019.

David PERNES, David NEVES – 2012. Technical Specification Group Radio Access Network Requirements, 3GPP TR 25.913 V9.0.0 (2009-12) Release 9. Agência Nacional de Telecomunicações, “Resolução nº 625, de 11 de novembro de 2013. Disponível em: <www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2013/6_44-resolucao-625> Acesso em: 30 MAIO.2017.

GONÇALVES, J. Análise de Desempenho dos Sistemas LTE e LTE-Advanced com base em Simuladores. Instituto Superior Técnico, Julho 2011. Dissertação de Mestrado – Universidade Técnica de Lisboa.

GUEDES, L.; VASCONCELOS, R. - **UMTS, HSPA e LTE** - 2009. Disponível em: <www.tinyurl.com/nrfrnpoy>. Acesso em: março 2019.

J. Andrusenko, J. L. Burbank, and F. Ouyang, “Future Trends in Commercial Wireless Communications and Why They Matter to the Military”, Johns Hopkins APL Technical Digest, Volume 33, Number 1 (2015).

‘LTE Network Throughput Estimation’ by Alexander Babkin, Alexey SEKI, Jorge; BAZZO, Juliano; BARROS, Sergio; TAKAKI, Ricardo; CARRILLO, Dick. - **LTE Privado para Defesa e Segurança Pública no Brasil** – 2016. Disponível em: <www.sbrt.org.br/sbrt2016/anais/ST21/1570280021.pdf> Acesso em: março de 2019.

MOURA, Carlos Gomes de, **Predição de Campo em Comunicação sem fio**. 2011.110f.

Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica e de Computação. – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal 2011.

S. Forge, R. Horvitz and C. Blackman, “Is Commercial Cellular Suitable for Mission Critical Broadband?”, A study prepared for the European Commission DG Communications Networks, Content and Technology by: SCF Associates LTD. European Union, 2014.

T. C. Clancy, M. Norton, M. Lichtman, “Security challenges with LTE advanced systems and military spectrum”, Military Communications Conference, MILCOM 2013-2013 IEEE, 375-381, 2013.

“Telefonia Celular Digital - Livro - Editora Érica - MARCELO SAMPAIO DE ALENCAR – ISBN 8536500174”.

ZANETTI, Paulo Rogério. Modelagem de canal sem fio para planejamento de rede celular de quarta geração em Brasília. 2011. xv, 95 f., il. Dissertação(Mestrado em Engenharia Elétrica)-Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

Ueini Cardoso da Trindade é bacharel em Ciências Militares pela Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN). É pós-graduado em Engenharia de Sistemas de Radiocomunicação pelo Instituto Nacional de Telecomunicações. Atualmente, exerce a função de Instrutor do Núcleo de Preparação de Oficiais da Reserva da Companhia de Comando e Controle e pode ser contactado pelo email: ueini.trindade@eb.mil.br.



ARTIGO CIENTÍFICO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO



CIÊNCIA E TECNOLOGIA

COMUNICAÇÕES ROBÓTICAS NAS BRIGADAS DE INFANTARIA E CAVALARIA MECANIZADAS EM OPERAÇÕES DE COORDENAÇÃO E COOPERAÇÃO COM AGÊNCIAS

IRAN VICTOR PINHEIRO MOURA¹, DANIEL MOURA FÉLIX CARDOSO²

Mestre em Ciências da Computação¹, Pós-graduado em Guerra Cibernética²

RESUMO: ESTAÇÕES RÁDIO BASE (ERBs) IMÓVEIS UTILIZADAS PARA REDES SEM FIO EM OPERAÇÕES MILITARES (GERALMENTE MONTADAS EM TORRES METÁLICAS, PONTOS GEOGRÁFICOS ALTOS OU NO TOPO DE PRÉDIOS) LIMITAM A COBERTURA FORNECIDA À TROPA A LOCAIS FIXOS E SÃO INSENSÍVEIS A MUDANÇAS COMO OS MILITARES SÃO DISTRIBUÍDOS ESPACIALMENTE. NESTE TRABALHO PROPOMOS UM MÉTODO DE GESTÃO DE MOBILIDADE PARA ESTAÇÕES RÁDIO BASE ROBÓTICAS (ERBRs), AS QUAIS CONSTITUEM O CONJUNTO RÁDIO E ANTENA MONTADO EM VEÍCULOS AÉREOS AUTÔNOMOS COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EMBARCADA, OS QUAIS AJUSTARÃO DINAMICAMENTE SUAS POSIÇÕES DE ACORDO COM A MOVIMENTAÇÃO DOS USUÁRIOS (DEMANDAS ESPECÍFICAS DA TROPA), FORNECENDO ASSIM UMA MELHOR COBERTURA À REDE. NO CENÁRIO CONSIDERADO FAZEMOS UMA ANÁLISE ENTRE OS ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DA ESTRUTURA ATUAL DE COMUNICAÇÕES DAS BRIGADAS DE INFANTARIA E CAVALARIA MECANIZADAS E DA PROPOSTA DE COMUNICAÇÕES ROBÓTICAS NESTAS GRANDES UNIDADES.

PALAVRAS-CHAVE: COMUNICAÇÕES MÓVEIS, ESTAÇÕES RÁDIO BASE ROBÓTICAS, OTIMIZAÇÃO DE COBERTURA.

INTRODUÇÃO

Maximizar o número de usuários conectados minimizando o custo do serviço é um desafio importante e constante, que deve ser enfrentado independentemente das características da rede. Os usuários também esperam uma cobertura confiável e ampla, ambos requisitos de qualidade que as redes modernas devem cumprir. Atender a essas expectativas é difícil, seja em ambientes internos ou externos, principalmente devido à incerteza resultante da locomoção do usuário e da natureza dinâmica do uso da rede sem fio.

Existem situações em que uma área pode estar cheia de usuários, o que faz aumentar a demanda por serviços de rede, e depois de um curto período poderia estar quase vazia. Rádios e antenas dispostos em locais fixos, embora fáceis de implementar e implantar, não têm a flexibilidade necessária para acomodar os ambientes dinâmicos que as redes sem fio devem atender.

Os avanços nas redes de comunicações, redes veiculares e na robótica sugerem que as capacidades altamente desejáveis dessas facilidades se tornam úteis para trazer melhorias ao serviço de redes sem fio. Por exem-

plo, a relocação autônoma de estações base em resposta ao comportamento de locomoção dos usuários é uma possível solução num futuro previsível, bem como a capacidade de se adaptar de forma flexível à forma geométrica da distribuição dos usuários à medida em que ela muda.

Uma tecnologia candidata clara para o fornecimento de tais capacidades é a ideia de Estações Rádio Base Aéreas (ERBAs) [Hayat et al. 2016], que serão capazes de responder aos padrões de uso geralmente complexos observados na maioria das situações enfrentadas pelas redes de comunicações sem fio [Rahmati et al. 2019]. No entanto, as ERBAs e soluções semelhantes também trarão novos desafios na estimativa de custos de desenvolvimento e implantação, dificultando a comparação de suas eventuais vantagens em relação às tecnologias atuais. Além disso, é razoável esperar que, em algumas situações, o padrão de deslocamento do usuário favoreça o uso de ERBAs, enquanto em outros, a atual tecnologia de antenas fixas pode ser mais rentável. Assim, avaliar a rentabilidade, a viabilidade técnica e outros aspectos dos ERBAs, e ser capaz de comparar consistente e coerentemente esses resultados com a tecnologia atual é um requisito funda-



mental para garantir a introdução bem-sucedida das ERBAs e tecnologias similares.

Atualmente, mesmo considerando regiões onde as ERBs não permeiam toda a região populada, o que provoca algumas zonas sem sinal para telecomunicações, a tecnologia de telecomunicações permeia razoavelmente os centros urbanos, onde existem plenas condições de se fazer planejamentos e implementar infraestrutura básica que funcione bem a longo prazo. Porém em cenários como desastres naturais, regiões pouco populadas ou carentes, e cenários diversos de guerra é difícil ou incerto trabalhar com a hipótese planejamento ou ter condições de construir infraestrutura necessária para operar sistemas de telecomunicações. Nestes cenários específicos, ter a mão um sistema flexível, rápido e independente de estrutura local torna-se uma alternativa para operar com sucesso as telecomunicações.

Em particular em cenários de guerra, a imprevisibilidade, a curta duração de certos tipos de operações, localidades sem infraestrutura mínima, a geografia muitas vezes desfavorável, a urgência das operações e a crescente demanda de facilidades atreladas a redes de dados levantam a demanda de um serviço de telecomunicações flexível, ágil, de fácil desdobramento e reposição. Neste caso é razoável considerar as telecomunicações satelitais, porém elas não possuem as mesmas características de flexibilidade de operação e fácil reposição da proposta de ERBAs, sem considerar o elevado custo de implementação.

Este artigo aborda uma proposta de gestão de mobilidade para ERBAs propondo um modelo de simulação e otimização capaz de suportar a avaliação de tecnologias atuais e futuras em diferentes locais. O aspecto de simulação do modelo garante tanto a viabilidade técnica quanto a flexibilidade necessárias para realizar experimentos com tecnologias de ponta que ainda não estão totalmente desenvolvidas. Como para esta proposta, a ERBA terá autonomia para decisão a partir do método de gestão de mobilidade, o termo ERBA passa a ser ERBR (Estação Rádio Base Robótica).

Após essa breve introdução, a seção 1 apresenta uma seleção de pesquisas atuais sobre estações base móveis, a seção 2 fornece ao leitor os conceitos fundamentais usados em nossa investigação, e a seção 3 apresenta a metodologia proposta para a avaliação de ERBRs juntamente com os aspectos específicos de comunicações nas Brigadas de Cavalaria e Infantaria Mecanizadas, e nas Operações de Coordenação e Cooperação com Agências. Na seção 4 será discutido os resultados experimentais, e na seção 5 será visto as conclusões associadas, bem como algumas perspectivas para trabalhos futuros.

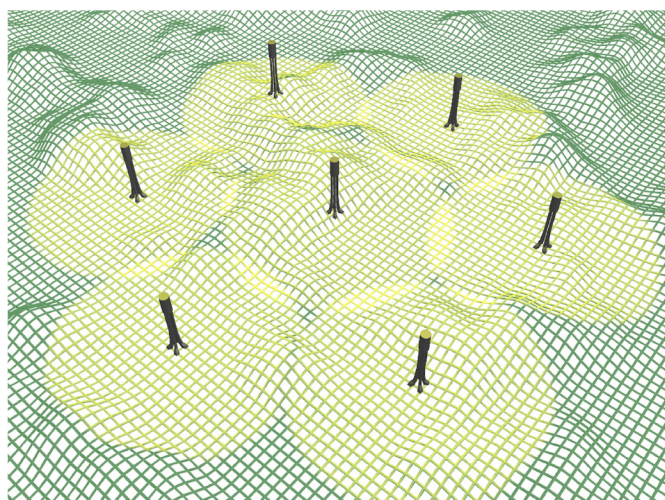
1 TRABALHOS RELACIONADOS

Os sistemas de comunicações móveis (telefonia celular, por exemplo) são os principais impulsionadores do mercado de comunicação sem fio. A arquitetura básica de um sistema móvel, independentemente de sua tecnologia adotada, é formada por três componentes: dispositivos móveis (por exemplo, celulares), Centro de Comutação e Controle e ERBs [Rappaport 2001]. Um exemplo real de tais sistemas é mostrado na Figura 1, que ilustra a divisão da área de cobertura em partes menores, conhecidas como células. Cada célula é atendida por uma ERB e inclui transceptores com potência de transmissão limitada, antenas posicionadas e técnicas para reutilizar bandas de frequência, todas configuradas para fornecer comunicação com dispositivos móveis (por exemplo, telefones celulares) dentro de sua área de cobertura.

A característica fixa das ERBs (geralmente posicionada no topo das torres metálicas) é muitas vezes uma desvantagem que afeta a cobertura oferecida ao usuário, já que há propensão a obstáculos físicos bloqueando temporariamente a visada direta entre as antenas e os usuários (que estão se movendo), causando zonas de silêncio (zonas sem cobertura de sinal). Esses fatores são agravados pela constante dependência do usuário a uma conexão muitas vezes permanente, um requisito em grande parte dos aplicativos de dis-

positivos móveis conectados à Internet. Além disso, os locais onde ficam as ERBs são escolhidos para fornecer a maior cobertura a uma localidade, mas essa opção não considera o número de usuários que a ERB atende [Padueli 2012]. Em resumo, a configuração fixa empregada à ERB apresenta muitas limitações que afetam negativamente a cobertura, além de ser ineficiente em termos de uso de energia (insensibilidade do sistema à existência ou não de usuários sendo cobertos a cada instante).

FIGURA 1 Estrutura básica do sistema de telefonia celular



Fonte: o autor

Uma maneira de abordar os problemas de confiabilidade acima citados de ERBs fixas é a realocá-las. [Younis and Akkaya 2008] estudou a realocação de ERBs ao longo do tempo e discutiu as questões de quando realocar, onde realocar e como gerenciar as realocações para aumentar a confiabilidade da rede. Tais aspectos se concentraram em três atributos principais: a longevidade da rede (por exemplo, otimizando o equilíbrio do tráfego), a pontualidade na entrega de dados (por exemplo, evitando ou minando o congestionamento do tráfego de dados) e a segurança física. No entanto, as melhorias de desempenho em termos de rendimento, energia e atraso pelo reposicionamento da ERB apresentam seus próprios desafios (logística, viabilidade comercial etc.) e não abordam totalmente as situações que envolvem padrões complexos de mobilidade do usuário, algo comum em muitos cenários.

Trabalhos relacionados incluem o Gowda, que propôs o uso de pontos de acesso móveis em redes internas, iMob [Gowda et al. 2016]. Nesse caso, a meta-heurística Optimal Stopping Theory (OST) foi usada para definir a realocação dos pontos de acesso. Para esse mesmo tipo de problema, [Karvounas et al. 2010] utilizou Simulated Annealing (SA) e Ant Colony Optimization (ACO) para otimizar a posição dos pontos de acesso em relação aos usuários.

Em Redes de Sensores Sem Fio (RSSF), a questão dos problemas de otimização relacionados à cobertura é abordada por [Liu 2015], que trata do problema de perda de conectividade de nós usando um método de otimização global para localizar uma árvore minimamente conectada, enquanto adota um algoritmo de recuperação para substituir os nós ausentes. A técnica também emprega um esquema de agendamento hierárquico que se baseia no pré-tratamento da falha do nó. [Gou et al. 2017] modelou um problema de otimização com restrições, equilibrando a cobertura de rede e o consumo de energia. O objetivo era obter cobertura máxima dos nós, com informações sobre a taxa de cobertura e consumo de energia dos nós ativos, onde a importância de nós individuais é função da distância de seus pares.

Para redes veiculares, uma abordagem muito estudada é explorar os dispositivos computacionais e de comunicação embutidos em veículos para estabelecer uma rede veículo-veículo (V2V) em vez de depender da infraestrutura local [Wu et al. 2004]. Esse arranjo faz com que veículos trafeguem constantemente informações sobre si mesmos e requeira suporte criptográfico sofisticado para superar problemas de privacidade [Freudiger et al. 2007]. Os nós de rede não devem estar a muitos saltos de um nó com acesso direto à Internet [Gerla and Kleinrock 2011], o que pode ser um problema para confiar na tecnologia de ERBs estáticas em zonas escassamente povoadas. No caso de [Ding et al. 2007], um modelo e seu correspondente estudo de simulação de

uma rede multi-hop com nós móveis auxiliados por nós estáticos foram apresentados, mostrando melhora no caso de baixa densidade de veículos. [Zhou et al. 2015] defendem o uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) como nós de redes auxiliares para redes terrestres e V2V e fornecem ao leitor uma revisão sobre o estado da arte nessa área.

Algoritmos heurísticos de otimização têm sido usados no projeto e gerenciamento de redes sem fio. Para Redes de Sensores Distribuídos (RSD), Lin e Chiu apresentaram uma solução para o problema de posicionamento do sensor usando o método SA para obter o posicionamento ideal de sensores, minimizando o erro máximo de distância, usando uma limitação de custo mínimo [Lin and Chiu 2005]. [Kang et al. 2017] usou o método Genetic Algorithm (GA) para otimização multiobjetivo da posição e caminhos dos coletores de dados em RSSF, com foco na manutenção da conectividade. Algoritmos heurísticos de otimização, tais como Artificial Bee Colony (ABC), também são usados para projetar Phased Array Antenna (PAA) [Zhang and Zhang 2017].

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PRINCÍPIOS DE EMPREGO DAS COMUNICAÇÕES

Tomando por base o Manual de Campanha EB70-MC-10.241, AS COMUNICAÇÕES NA FORÇA TERRESTRE [Exército Brasileiro], os princípios que garantem a qualidade das comunicações no teatro de operações, ou seja, a eficácia e a eficiência dos meios são:

- a. Tempo integral: interoperabilidade dos meios de comunicações;
- b. Rapidez: velocidade de desdobramento dos meios de comunicações;
- c. Amplitude de desdobramento: alcance útil de toda a cobertura da rede;
- d. Integração: capacidade de ligação entre sistemas de comunicações distintos e

entre escalões diferentes;

- e. Flexibilidade: capacidade de readaptação do sistema frente às iminentes mudanças que ocorrem nas operações;
- f. Apoio em profundidade: disposição de material e pessoal para apoiar os escalões subordinados;
- g. Continuidade: capacidade de reestabelecimento do sistema, em caso de falhas;
- h. Confiabilidade: diversidade de meios para o emprego das comunicações;
- i. Emprego centralizado: concentração dos meios de comunicações em centros e eixos de comunicações para um melhor aproveitamento dos mesmos;
- j. Apoio cerrado: eficiência das comunicações através de menores distâncias entre os elementos apoiados;
- k. Segurança: segurança dos meios de comunicações e dos dados trafegados; e
- l. Prioridade: instalação do sistema priorizando atender os elementos de maior importância na rede, considerando tempo, material e pessoal.

2.2 CARACTERÍSTICAS DAS COMUNICAÇÕES NAS BRIGADAS DE INFANTARIA E CAVALARIA MECANIZADAS

As Operações no Amplo Espectro, bem definidas no manual de campanha EB70-MC-10.223, OPERAÇÕES [Exército Brasileiro 2017], reúnem os três tipos de operações básicas em situação de guerra (Ofensiva e Defensiva) e de não-guerra (Cooperação e Coordenação com Agências).

Essas operações são desenvolvidas simultaneamente, visando atender às diversas demandas do combate na Área de Operações. Para tal, a preparação e organização para o combate modula a tropa de forma a atender da melhor forma possível essa demanda.

Portanto, logisticamente falando, a



modularidade das Unidades Operacionais da Força Terrestre deve permitir o cumprimento de qualquer tarefa para a qual estiverem em condições de executar.

Tomando novamente o manual de campanha EB70-MC-10.241, AS COMUNICAÇÕES NA FORÇA TERRESTRE [Exército Brasileiro 2018], a Brigada é uma Grande Unidade, considerada como o módulo básico de emprego da Força Terrestre (F Ter), com organização interarmas e constituída por unidades de combate, de apoio ao combate e de apoio logístico.

As Brigadas possuem uma arma base, o que lhe implementa uma doutrina básica de combate (normalmente Infantaria ou Cavalaria), e uma natureza, o que lhe reúne meios distintos umas das outras para o cumprimento das diversas missões.

Pode-se citar como natureza das Brigadas de Infantaria as seguintes: Blindada, Mecanizada, Motorizada, de Selva, de Fronteira, Leve Aeromóvel, Leve GLO, Leve de Montanha e Paraquedista. As Brigadas de Cavalaria se dividem apenas em duas: as Blindadas e as Mecanizadas.

Dentro do estudo das possibilidades e limitações das diversas Brigadas existentes no Exército Brasileiro, foram elencadas aquelas que possuem missões de maior necessidade de cobertura de terreno: a Brigada de Infantaria Mecanizada (Bda Inf Mec) e a Brigada de Cavalaria Mecanizada (Bda C Mec).

Segundo o manual OPERAÇÕES [Exército Brasileiro 2017], nas operações ofensivas, os resultados mais decisivos são alcançados por forças potentes e altamente móveis.

Os tipos de operações ofensivas que mais demandam deslocamento físico no terreno são: a Marcha para o Combate, onde a fração cerra seus meios à frente em busca do inimigo; o Ataque, destacando-se o envolvimento do inimigo em sua retaguarda profunda; o Aproveitamento do Êxito, momento em que a fração, após lograr êxito, prossegue nas ações

de ataque antes do inimigo se reorganizar; e a Perseguição, que é a operação destinada a cercar e destruir uma força inimiga que está em processo de desengajamento.

As operações defensivas de maior alcance no terreno, também muito bem desempenhadas por unidades mecanizadas são os Movimentos Retrógrados, que visam basicamente retardar o avanço da tropa inimiga, permitindo assim fazer com que as tropas que providenciam a Defesa de Área produzam melhores posições defensivas e as que planejam o contra-ataque possam se preparar melhor para essa ação.

Os Graus de Segurança que a Bda C Mec pode prover são: a Cobertura, onde provê uma segurança a determinada região ou força com elementos distanciados ou destacados; a Proteção pela atuação de elementos à frente, retaguarda ou flancos imediatos; e a Vigilância estabelecendo em uma larga frente uma segurança pelo estabelecimento de uma série de postos de observação, buscando também detectar a presença do inimigo logo que entre no alcance dos seus instrumentos ópticos ou sensores eletrônicos.

O Reconhecimento, segundo o manual de OPERAÇÕES [Exército Brasileiro 2017], é a ação conduzida com o propósito de obter informes sobre o inimigo e a área de operações. Existem quatro tipos de reconhecimento, sendo eles: de eixo, de zona, de área e de ponto.

A maioria dos elementos da F Ter tem plenas possibilidades de realizar ações de reconhecimento, porém as unidades de cavalaria mecanizada são especificamente organizadas, equipadas e instruídas para cumprirem tais missões.

As ações de Reconhecimento de eixo, de zona e de área, bem como as ações de Segurança, são por natureza operações que abrangem uma grande área e por conta disso, empregam um grande número de frações no terreno. Para isso, os contatos realizados entre essas frações são fundamentais para o sucesso da missão.



Nas operações ofensivas e defensivas elencadas anteriormente neste trabalho, e que podem ser desenvolvidas por ambas as Brigadas, foram identificadas aquelas que demandam uma cobertura de terreno maior.

2.3 CARACTERÍSTICAS DAS COMUNICAÇÕES NAS OPERAÇÕES DE COORDENAÇÃO E COOPERAÇÃO COM AGÊNCIAS

Segundo o manual de OPERAÇÕES [Exército Brasileiro 2017], as operações básicas em uma situação de não-guerra são classificadas como Operações de Cooperação e Coordenação com Agências (Op Coop Coor Ag).

Essas operações (garantia dos poderes constitucionais, garantia da lei e da ordem, atribuições subsidiárias, prevenção e combate ao terrorismo, sob a égide de organismos internacionais, em apoio à política externa em tempo de paz ou crise, outras operações em situação de não guerra) são caracterizadas pela interoperabilidade de sistemas e Forças Táticas e destinam-se a conciliar interesses e coordenar esforços para a consecução de objetivos ou propósitos convergentes que atendam ao bem comum.

Independente das tropas estarem mais concentradas, o terreno normalmente em que se atua nas Op Coop Coor Ag é urbano e com isso, os acidentes artificiais são maior quantidade e de maior densidade (prédios, viadutos, pontes ou qualquer outro tipo de construção arquitetônica), afetando assim os contatos em VHF, UHF e SHF. Portanto, cresce de importância a utilização de repetidoras em posições de dominância para que essas transmissões (bastante comuns pelo tamanho reduzido das antenas, clareza de sinal e outras características relevantes) possam ter cobertura em toda a área de operações.

Entende-se, dessa forma, que um bom sistema de Comunicações Rádio para atuação em ambiente urbano ofereça um serviço contínuo e confiável além de flexível e que ofereça integração com os equipamentos rádio das diversas agências que as FFAA trabalham em

cooperação. A continuidade e confiabilidade no sistema podem ser garantidas pela implementação de Estações Repetidoras que providenciem um serviço sem interrupções.

2.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DESEJÁVEIS PARA UM SISTEMA DE ERBRs

Tomando por base os princípios de emprego dos vetores aéreos orgânicos do Exército, os quais constam no manual EB-20-MC-10.214 VETORES AÉREOS DA FORÇA TERRESTRE [Exército Brasileiro 2014b]:

- a. Atuar com máxima iniciativa;
- b. Explorar a complementaridade;
- c. Explorar a mobilidade e o alcance;
- d. Centralizar a coordenação;
- e. Explorar as capacidades incorporadas;
- f. Explorar a flexibilidade; e
- g. Sincronizar as ações.

Nota-se que, buscando atender a todos os tipos possíveis de redes de comunicações (diferentes frequências, voz, dados, LTE) um SARP (Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas) com aeronaves categoria 2, capacidade média de embarcar o conjunto rádio, antena e alimentação do sistema (até aproximadamente 10 quilos), autonomia de voo de pelo menos 8 horas, velocidade não menor que a velocidade de um homem caminhando (6 km/h), flexibilidade de operar de forma autônoma, com algoritmo embarcado e também remotamente pilotado teria condições razoáveis de atender as demandas operacionais do sistema proposto de ERBRs.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho tem por finalidade comparar a eficiência do serviço de comunicações prestado por ERBs fixas, já utilizadas em operações pelo Exército Brasileiro e por ERBRs, conforme descritas.



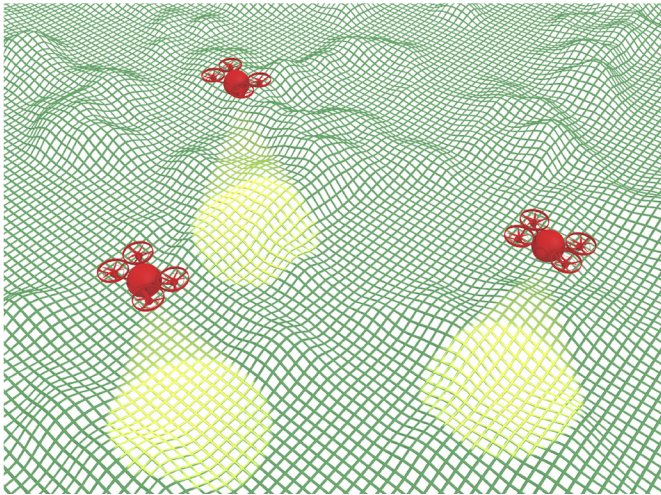
Nesta seção iremos descrever a modelagem matemática da solução computacional, propor o algoritmo e também enunciar quais parâmetros são úteis para avaliar qualidade de comunicações nas operações militares.

3.1 ALGORITMO PROPOSTO PARA GERIR O SISTEMA DE ERBRs

Buscando viabilizar a avaliação da realocação dinâmica de ERBs para melhorar a cobertura oferecida a uma rede sem fio, propõe-se modelar ERBs embarcadas em robôs aéreos (quadcópteros, balões ou qualquer dispositivo programável capaz de voar, como pode ser visto na Figura 2).

Uma das principais vantagens das ERBRs é a capacidade de reposicionamento em determinada área para aumentar o número de usuários cobertos. No esquema proposto, a posição relativa de ERBRs em relação aos usuários é determinada dinamicamente por SA.

FIGURA 2 Estrutura de rede sem fio com a proposta de ERBRs. Exemplos de antenas que fazem uso da geometria fractal da Curva de Koch



Fonte: o autor

Agora será apresentada a formulação ao problema da relocação de ERBR. Suponha que no instante k as posições de m usuários estejam disponíveis no vetor $U_k = [U_k(1), \dots, U_k(m)]^T$. Vamos supor também que existem

exatamente n ERBRs para esta tarefa com posições no vetor $R_k = [R_k(1), \dots, R_k(n)]^T$, para cada instante k . A tarefa é encontrar valores ótimos para R_k , denominados R_k^* , para todos os k .

Seja h uma função que retorna a distância entre o usuário u e a ERB mais próxima $h: u \in U_k \times R_k \rightarrow \mathbb{R}$, conforme definido na equação 1.

$$h(u, R_k) = \min_{1 \leq i \leq n} \{\|U_k(u) - R_k(i)\|_2\} \quad (1)$$

Considerando que uma ERBR é capaz de fornecer sinal em um círculo com um raio fixo γ , e tomando x como uma distância qualquer entre um usuário e a ERBR mais próxima, seja $s: \mathbb{R} \rightarrow \{0,1\}$ uma função auxiliar utilizada para verificar a cobertura dos usuários, conforme definido na equação 2.

$$s(x) = \begin{cases} 1 & \text{se } x < \gamma \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (2)$$

Nota-se que a composição de h com s retorna se um usuário arbitrário u é atendido ou não pela rede de ERBRs. Assim, o número total de usuários atendidos pelo conjunto de ERBRs R_k no instante k é avaliado por $S: U_k \times R_k \rightarrow N$ (equação 3).

$$S(U_k, R_k) = \sum_{i=1}^m s \circ h(U_k(i), R_k) \quad (3)$$

Assim, dado um conjunto de ERBRs e um conjunto de usuários para fornecer serviço num instante k , o objetivo é definido conforme descrito na equação 4.

$$F = \max_{R_k} S(U_k, R_k) \quad (4)$$

Uma preocupação a respeito da Equação 4 é que não há penalidade para múltiplas ERBRs fornecerem sinal para um mesmo usuário. Para evitar isso, define-se a soma de todos os links entre ERBRs e usuários como $G: U_k \times R_k \rightarrow N$, conforme descrito na equação 5.

$$G(U_k, R_k) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n s \circ \|U_k(i) - R_k(j)\|_2 \quad (5)$$

Agora define-se $P: U_k \times R_k$ (equação 6) uma função que retorna a penalidade para múltiplos links fornecidos. Considera-se que o link fornecido por apenas uma ERBR é suficiente para atender a cada usuário.

$$P(U_k, R_k) = G(U_k, R_k) - S(U_k, R_k) \quad (6)$$

Seja $C: U_k \times R_k \rightarrow \mathbb{Z}$ uma função utilizada para verificar o número total de usuários atendidos pelo conjunto de ERBRs R_k , porém considerando a penalidade da equação 6, conforme definido na equação 7:

$$\begin{aligned} C(U_k, R_k) &= S(U_k, R_k) - P(U_k, R_k) \\ &= 2S(U_k, R_k) - G(U_k, R_k) \end{aligned} \quad (7)$$

Considerando as penalidades, a equação 3 se transforma na equação 7. Então, dado um conjunto de ERBRs e um conjunto de usuários para fornecer serviço no instante k , a função objetivo é definida conforme visto na Equação 8.

$$F = \max_{R_k} C(U_k, R_k) \quad (8)$$

Neste ponto, um pequeno número de estratégias de solução está disponível. Supondo que a dinâmica de movimentação dos usuários seja desconhecida, que todas as ERBRs possam fornecer o serviço individualmente e que todas as ERBRs e posições dos usuários sejam conhecidas. Com base nessas suposições, as posições ideais das ERBRs iniciais R_0^* são alcançadas resolvendo-se o problema de otimização sem restrições na equação 9.

$$R_0^* = \operatorname{argmax}_{R_0} C(U_0, R_0) \quad (9)$$

Necessita-se também considerar que toda a rede de ERBR é alimentada por um ponto o qual transmite o sinal que é repetido para rede através dos rádios e antenas embarcados nos veículos aéreos. Assim, ao menos uma ERBR deve estar próxima deste ponto, e cada ERBR não pode distar mais que δ uma

da outra, sendo δ o alcance máximo do enlace ponto-a-ponto feito entre duas ERBR.

Seja $D: U_k \times U_k \rightarrow \mathbb{Z}$ uma função utilizada para calcular as distâncias entre uma ERBR r e as demais ERBR. Tem-se que:

$$D(r, R_k) = \|R_k(u) - R_k(i)\|_2, 1 < i < n \quad (10)$$

Admitindo a existência de uma região de interesse, $\Pi_{k=0}$, sobre a qual o número de usuários atendidos deve ser maximizado, então o problema formulado tem n variáveis reais bidimensionais (já que cada posição da ERBR $R_0(i) \in R_0$ tem 2 coordenadas) restrito ao conjunto Π_0 que tem m usuários no instante $k=0$. Assim, torna-se fácil verificar que o problema cresce exponencialmente com robôs, usuários e tamanho da região. Devido a esse crescimento, o uso de um método meta-heurístico, como GA, ABC ou SA, é justificado.

É importante enfatizar que os métodos de busca de mínimos e máximos globais baseados em meta-heurísticas são sensíveis à parametrização e, portanto, uma parametrização adequada para qualquer um dos métodos mencionados seria capaz de aproximar a solução. Como prova de conceito, escolhemos SA [Ingber 1989]. Também é possível usar uma variante mais eficiente, conforme verificado em [Ingber 1993] ou até mesmo outra técnica de busca heurística.

Para esse trabalho, a ideia dessa meta-heurística advinda da metalurgia, a qual baseia-se no resfriamento gradativo de um material a partir de uma alta temperatura inicial que o leva a estados mínimos de energia, se resume em dar total liberdade na região (iniciar com máxima temperatura, decrescendo ao longo das iterações) para o conjunto de ERBRs avaliar como seria a cobertura da rede, a partir de variados reposicionamentos (o qual depende do número de iterações) das ERBRs na região, e guardar qual posicionamento gerou maior cobertura de usuários da rede. A aleatoriedade do reposicionamento do conjunto de ERBRs a cada iteração (perturbação) é feito com um ruído gaussiano, o qual depende também da temperatura. A estratégia (algorit-



mo) usando o SA é:

1. Inicialize aleatoriamente o conjunto $R_0^{j=0}$ dentro de Π_0 e a temperatura do sistema como $T_{j=0} = T_{max}$;

2. Avalie $C(U_0, R_0^j)$;

3. Perturbe cada $R_k(i) \in R_0^j$ com ruído Gaussiano, $N(0, \sigma^2)$, em que σ^2 é baseado em T para obter R_0^{j+1} . Assegure-se de que $R_0^{j+1} \in \Pi_0$ e que $D \leq \delta$;

4. Avalie $C(U_0, R_0^j)$;

5. Mova para este novo conjunto se o custo for igual ou maior que o anterior ou mover de qualquer maneira com uma probabilidade relacionada a T ;

6. Reduza a energia do sistema ($T^{+1} < T$);

7. Incremente j e repita os passos 3 a 6 ate $T < T^{min}$; e

8. Defina R_0^+ como o ultimo valor mínimo de R_0^j . Esta é uma solução sub-ótima encontrada.

Escolhas adequadas de T_{min} e T_{max} , amplitude de perturbação e queda de temperatura são essenciais para a solução convergir. Essa classe de técnicas não garante viabilidade ou convergência para um mínimo global, mas diferentemente das técnicas baseadas em gradientes, é menos vulnerável a ficar bloqueado em mínimos locais, pois há subconjuntos de Π_0 tais que S é constante. Sabe-se também que S é descontínuo e sua derivada nem sempre é possível de ser calculada. Além disso, pelo menos é possível garantir que:

$$C(U_0, R_0^0) \leq C(U_0, R_0^+) \leq C(U_0, R_0^\infty) \leq C(U_0, R_0^*)$$

Ou seja, a solução após a busca heurística é melhor ou igual ao ponto inicial original.

3.2 MÉTRICAS PARA AVALIAR AS DIFERENÇAS ENTRE O SISTEMA PROPOSTO E O SISTEMA VIGENTE

Avaliando os princípios que garantem a qualidade das comunicações no teatro de operações citado em 1, pretende-se escolher quais destes princípios têm maior impacto na avaliação de qualidade de um sistema de comunicações com ERBs estáticas, fixas e outro

com ERBRs, as quais por natureza são móveis, inteligentes e autônomas. Os princípios escolhidos foram:

- Tempo integral;
- Rapidez;
- Amplitude de desdobramento;
- Integração;
- Flexibilidade;
- Continuidade;
- Confiabilidade;
- Emprego centralizado;
- Segurança; e
- Prioridade

Para quantificar a avaliação, será adotado um sistema de pesos com suas devidas justificativas, os quais serão atribuídos a cada princípio avaliado de cada um dos dois sistemas propostos, os quais são:

- muito eficiente:** 3 pontos;
- razoavelmente eficiente:** 2 pontos;
- pouco eficiente:** 1 ponto;

Para evitar arbitrariedade ou algum erro indesejável nas atribuições dos pesos, cada justificativa da atribuição deverá estar devidamente amparada na definição de cada princípio descrito em 2.1.

4 RESULTADOS OBTIDOS

Da comparação feita entre a tecnologia vigente e a proposta, obteve-se os resultados constantes na tabela 1.

Como a energia é um aspecto de muita relevância no contexto do sistema da ERBRs, tomamos o **Tempo Integral** como o maior ponto fraco, em virtude da grande quantidade de energia que o sistema precisa para operar. **Rapidez** e **Amplitude de Desdobramento** são fortes no sistema em virtude da mobilidade aeronáutica.

A **Integração** e a **Confiabilidade** não diferem em muito do sistema de ERBs vigentes



TABELA 1 Resultados obtidos pela comparação entre as tecnologias vigente e proposta

PARÂMETRO	ERB	ERBR
Tempo integral	Muito eficiente	Pouco eficiente
Rapidez	Pouco eficiente	Muito eficiente
Amplitude de desdobramento	Razoavelmente eficiente	Muito eficiente
Integração	Razoavelmente eficiente	Razoavelmente eficiente
Flexibilidade	Pouco eficiente	Muito eficiente
Continuidade	Pouco eficiente	Muito eficiente
Confiabilidade	Razoavelmente eficiente	Razoavelmente eficiente
Emprego centralizado	Razoavelmente eficiente	Muito eficiente
Segurança	Pouco eficiente	Muito eficiente
Total	15	23

Fonte: o autor

em virtude da variedade de sistemas e protocolos de proteção que podem ser empregados em ambos, sem grandes distinções.

A possibilidade de operar o sistema por software embarcado, o que garante a Inteligência Artificial do sistema, entrega um excelente serviço de **Flexibilidade, Continuidade, Emprego Centralizado e Segurança**, tendo em vista a possibilidade de embarcar todos os comportamentos e protocolos desejáveis que o sistema adote para que seja célere e resiliente a panes comuns atreladas a estes parâmetros.

CONCLUSÃO

Dos resultados pode-se verificar os pontos fortes e fracos de ambos os sistemas, nos quais a proposta das ERBRs se mostra uma clara oportunidade de solução para muitos dos problemas das Comunicações do Exército. Contudo, em virtude da limitação de energia do sistema, acredita-se que um sistema híbrido, o qual se use tanto das ERBs quanto das ERBRs, seria uma proposta mais eficiente, em todos os sentidos técnicos e operacionais.

Tomando por base o vigente PLANO ESTRATÉGICO DO EXÉRCITO, constante no Boletim Especial do Exército 28/2014 [Exército Brasileiro 2014a] o qual propõe que a Força Terrestre deve gerar capacidades em seus elementos de emprego, dispondo de forças militares capazes de atuar de forma conjunta, dotadas de **Flexibilidade, Adaptabilidade,**

Modularidade, Elasticidade e Sustentabilidade (FAMES), as quais são as características das Forças Armadas da Era do Conhecimento, acreditamos que a tecnologia ERBRs é uma solução razoavelmente adequada em termos técnicos e operacionais, para as necessidades e percalços atuais de Comunicações da Força Terrestre.

Para trabalhos futuros acredita-se que abordar as questões atreladas a redes distribuídas, proteção eletrônica e cibernética do sistema de ERBRs seria útil para o desenvolvimento científico da proposta.

ROBOTIC COMMUNICATIONS IN MECHANIZED INFANTRY AND CAVALRY BRIGADES, AND IN COORDINATION AND COOPERATION OPERATIONS WITH AGENCIES

ABSTRACT: IMMOBILE RADIO BASE STATIONS (RBSs) USED FOR WIRELESS NETWORKS IN MILITARY OPERATIONS (USUALLY MOUNTED ON METAL TOWERS, HIGH GEOGRAPHIC POINTS OR ON TOP OF BUILDINGS) LIMIT THE COVERAGE PROVIDED TO THE TROOP TO FIXED LOCATIONS AND ARE INSENSITIVE TO CHANGES IN HOW THEY ARE DISTRIBUTED SPATIALLY. IN THIS WORK WE PROPOSE A METHOD OF MANAGEMENT OF MOBILITY FOR ROBOTIC RADIO RADIO STATIONS (RRBSs), WHICH CONSTITUTE THE RADIO SET AND ANTENNA MOUNTED ON AUTONOMOUS AIR VEHICLES WITH EMBEDDED ARTIFICIAL INTELLIGENCE, WHICH WILL DYNAMICALLY ADJUST THEIR POSITIONS ACCORDING TO THE MOVEMENT OF THE (DEMANDS SPECIFIC TO THE TROOP), THUS PROVIDING BETTER NETWORK COVERAGE. IN THE SCENARIO CONSIDERED, WE ANALYZE THE



POSITIVE AND NEGATIVE ASPECTS OF THE CURRENT COMMUNICATIONS STRUCTURE OF THE MECHANIZED INFANTRY AND CAVALRY BRIGADES AND THE ROBOTIC COMMUNICATIONS PROPOSAL IN THESE LARGE UNITS.

KEYWORDS: COVERAGE OPTIMIZATION, MOBILE COMMUNICATIONS, ROBOTIC BASE RADIO STATIONS.

REFERÊNCIAS

- Ding, Y., Wang, C., and Xiao, L. (2007). A static-node assisted adaptive routing protocol in vehicular networks. In *Proceedings of the fourth ACM international workshop on Vehicular ad hoc networks*, pages 59-68. ACM.
- Exército Brasileiro (2014a). *Plano Estratégico do Exército*, volume 1. Ministério da Defesa.
- Exército Brasileiro (2014b). *Vetores Aéreos na Força Terrestre*, volume 1. Ministério da Defesa.
- Exército Brasileiro (2017). *Operações*, volume 1. Ministério da Defesa.
- Exército Brasileiro (2018). *As Comunicações na Força Terrestre*, volume 1. Ministério da Defesa.
- Freudiger, J., Raya, M., Felegyhazi, M., Papadimitratos, P., and Hubaux, J.-P. (2007). Mix-zones for location privacy in vehicular networks. In *ACM Workshop on Wireless Networking for Intelligent Transportation Systems (Win-ITS)*, number LCA-CONF- 2007-016.
- Gerla, M. and Kleinrock, L. (2011). Vehicular networks and the future of the mobile internet. *Computer Networks*, 55(2):457-469.
- Gowda, M., Dhekne, A., and Roy Choudhury, R. (2016). The case for robotic wireless networks. In *Proceedings of the 25th International Conference on World Wide Web, WWW '16*, pages 1317-1327.
- Guo, Y.-n., Cheng, J., Liu, H.-y., Gong, D., and Xue, Y. (2017). A novel knowledge- guided evolutionary scheduling strategy for energy-efficient connected coverage optimization in wsns. *Peer-to-Peer Networking and Applications*, 10(3):547-558.
- Hayat, S., Yanmaz, E., and Muzaffar, R. (2016). Survey on unmanned aerial vehicle networks for civil applications: A communications viewpoint. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 18(4):2624-2661.
- Ingber, L. (1989). Very fast simulated re-annealing. *Mathematical and Computer Modelling*, 12(8):967 - 973.
- Ingber, L. (1993). Simulated annealing: Practice versus theory. *Mathematical and Computer Modelling*, 18(11):29 - 57.
- Kang, Z., Zeng, H., Hu, H., Xiong, Q., and Xu, G. (2017). Multi-objective optimized connectivity restoring of disjoint segments using mobile data collectors in wireless sensor network. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2017(1):65.
- Karvounas, D., Tsagkaris, K., and Demestichas, P. (2010). Position optimization for moving access points. *2010 Future Network and Mobile Summit*, pages 1-8.
- Lin, F. Y. and Chiu, P.-L. (2005). A near-optimal sensor placement algorithm to achieve complete coverage-discrimination in sensor networks. *IEEE Communications Letters*, 9(1):43-45.
- Liu, Guo, C. Z. (2015). A hierarchical scheduling scheme in wsns based on node-failure pretreatment. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 11:7.
- Padueli, M. P. (2012). As estações radio base na cidade de São Paulo: uma abordagem sobre os riscos e uma contribuição para os sistemas de gerenciamento.
- Petit, J., Schaub, F., Feiri, M., and Kargl, F. (2015). Pseudonym schemes in vehicular networks: A survey. *IEEE Communications surveys & tutorials*, 17(1):228-255.
- Rahmati, A., He, X., Guvenc, I., and Dai, H. (2019). Dynamic mobility-aware interference avoidance for aerial base stations in cognitive radio networks. *arXiv preprint arXiv:1901.02613*.
- Rappaport, T. (2001). *Wireless Communications: Principles and Practice*. Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ, USA, 2nd edition.
- Wu, H., Fujimoto, R., Guensler, R., and Hunter, M. (2004). Mddv: a mobility-centric data dissemination algorithm for vehicular networks. In *Proceedings of the 1st ACM international workshop on Vehicular ad hoc networks*, pages 47-56. ACM.
- Younis, M. and Akkaya, K. (2008). Node positioning for increased dependability of wireless sensor. *Algorithms and Protocols for Wireless Sensor Networks*, 62:225.
- Zhang, X. and Zhang, X. (2017). A non-revisiting artificial bee colony algorithm for phased array synthesis. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2017(1):7.
- Zhou, Y., Cheng, N., Lu, N., and Shen, X. S. (2015). Multi-uav-aided networks: aerial-ground cooperative vehicular networking architecture. *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 10(4):36-44.
- Iran Victor Pinheiro Moura é Mestre em Ciências da Computação pelo Instituto Tecnológico da Aeronáutica. Atualmente, exerce a função de Instrutor na Escola de Comunicações e pode ser contactado pelo email: victorpinheirojc@gmail.com.
- Daniel Moura Félix Cardoso é Pós-graduado em Guerra Cibernética pelo Centro de Instrução de Guerra Eletrônica. Atualmente, exerce a função de Instrutor na Escola de Comunicações e pode ser contactado pelo email: felix.daniel@eb.mil.br.



ES COM



Endereço

Estrada Parque do Contorno, Rodovia DF - 001, KM 5
Setor Habitacional Taquari - Lago Norte - Brasília - DF

CEP: 71559-902

Telefone: (0xx61) 3415-3532

(PABX) 3415-3502 (Voz/Fax)

www.escom.eb.mil.br