

**ACADEMIA MILITAR DAS AGULHAS NEGRAS
ACADEMIA REAL MILITAR (1811)
CURSO DE CIÊNCIAS MILITARES**

Gabriel Martins Melgaço

**EMPREGO DE REDE 4G/LTE NO SISTAC:
ANÁLISE DO AUMENTO DA CAPACIDADE DE TRANSMISSÃO DE VÍDEO EM
TEMPO REAL EM RELAÇÃO AO SISTEMA ATUAL**

**Resende
2019**



APÊNDICE III (TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE DIREITOS AUTORAIS DE NATUREZA PROFISSIONAL) AO ANEXO B (NITCC) ÀS DIRETRIZES PARA A GOVERNANÇA DA PESQUISA ACADÊMICA E DA DOCTRINA NA AMAN

**AMAN
Mar
2019**

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE DIREITOS AUTORAIS DE NATUREZA PROFISSIONAL

TÍTULO DO TRABALHO:

AUTOR:

Este trabalho, nos termos da legislação que resguarda os direitos autorais, é considerado de minha propriedade.

Autorizo o (a) _____ a utilizar meu trabalho para uso específico no aperfeiçoamento e evolução da Força Terrestre, bem como a divulgá-lo por publicação em revista técnica da Escola ou outro veículo de comunicação do Exército.

O (A) _____ poderá fornecer cópia do trabalho mediante ressarcimento das despesas de postagem e reprodução. Caso seja de natureza sigilosa, a cópia somente será fornecida se o pedido for encaminhado por meio de uma organização militar, fazendo-se a necessária anotação do destino no Livro de Registro existente na Biblioteca.

É permitida a transcrição parcial de trechos do trabalho para comentários e citações desde que sejam transcritos os dados bibliográficos dos mesmos, de acordo com a legislação sobre direitos autorais.

A divulgação do trabalho, em outros meios não pertencentes ao Exército, somente pode ser feita com a autorização do autor ou da Direção de Ensino do (a)

_____.

Resende, ___ de _____ de _____

Assinatura do Cadete

Gabriel Martins Melgaço

**O EMPREGO DE REDE 4G/LTE NO SISTAC:
ANÁLISE DO AUMENTO DA CAPACIDADE DE TRANSMISSÃO DE VÍDEO EM
TEMPO REAL EM RELAÇÃO AO SISTEMA ATUAL**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Militares, da Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN, RJ), como requisito parcial para obtenção do título de **Bacharel em Ciências Militares**.

Orientador: Victor de Souza Filgueiras

Resende
2019

Gabriel Martins Melgaço

**O EMPREGO DE REDE 4G/LTE NO SISTAC:
ANÁLISE DO AUMENTO DA CAPACIDADE DE TRANSMISSÃO DE VÍDEO EM
TEMPO REAL EM RELAÇÃO AO SISTEMA ATUAL**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Militares, da Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN, RJ), como requisito parcial para obtenção do título de **Bacharel em Ciências Militares**.

Aprovado em _____ de _____ de 2019:

Banca examinadora:

Victor de Souza Filgueiras - Cap
(Presidente/Orientador)

Davi Democris - Cap

Felipe Correia Maciel – 1º Ten

Resende
2019

Dedico este trabalho de término de curso, a Deus primeiramente, o qual me guiou e foi meu alicerce nos momentos de dificuldade no Curso de Formação de Oficiais da Academia Militar das Agulhas Negras. Em segundo lugar, agradeço à minha família e noiva por ter me apoiado e estimulado para que eu não desistisse dos meus sonhos. E, por fim, aos meus companheiros de turma que fizeram da formação algo muito mais fácil.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me dar o suporte para terminar o curso da Academia Militar das Agulhas Negras. À minha família que me deu toda base moral ao meu desenvolvimento com diversos incentivos a minha educação. Ao meu orientador, Cap Com Victor de Souza Filgueiras, que me auxiliou através de sua experiência e dedicação como meu instrutor do Curso de Comunicações da AMAN.

Aos meus companheiros de turma, sem eles a formação militar seria muito mais difícil.

RESUMO

O EMPREGO DE REDE 4G/LTE NO SISTAC: ANÁLISE DO AUMENTO DA CAPACIDADE DE TRANSMISSÃO DE VÍDEO EM TEMPO REAL EM RELAÇÃO AO SISTEMA ATUAL

AUTOR: Gabriel Martins Melgaço
ORIENTADOR: Victor de Souza Filgueiras

As comunicações sempre foram de grande importância nos desfechos de grandes guerras por todo o mundo. Nos conflitos atuais, as tomadas de decisões devem ser dinâmicas por conta do combate no amplo espectro e o desafio de se verificar limites claros em situações de guerra e não guerra exige muita articulação e uma excelente capacidade de comando e controle em todos os escalões de comando. Com o intuito de aperfeiçoar o Sistema Tático de Comunicações (SISTAC) do Exército Brasileiro e por conta da grande evolução das tecnologias de telecomunicações, viu-se a necessidade de uma atualização deste sistema. O objetivo deste trabalho foi avaliar a possibilidade e viabilidade de implementar no Exército um sistema de comunicações de Quarta Geração *Long Term Evolution* (4G/LTE) para aumentar a capacidade de transmissão de dados em alta velocidade, provendo um melhor serviço para a Força Terrestre através da modernização das capacidades da Arma de Comunicações. Para isso, foi realizada uma pesquisa descritiva de caráter bibliográfico e documental, procurando levantar e analisar características de duas empresas que foram tomadas como referência. A empresa Harris que fabrica os rádios da família Falcon III, os quais o Exército Brasileiro utiliza no atual sistema de comunicações e que operam na frequência *Very High Frequency* (VHF) e *High Frequency* (HF) e a *Airbus Secure Communications* que produz o sistema 4G/LTE. Esta frequência VHF foi o motivo de estudo e comparação com o equipamento de quarta geração proposto pelo trabalho. Este rádio da empresa Harris realiza transmissões de vídeo em tempo real, do soldado que está na ponta da linha do combate até os sistemas de apoio a decisão. Foi, então, baseado na transmissão de vídeo em tempo real e características de manual, que embasamos nossa pesquisa para definir o sistema que apresenta o melhor desempenho em diversos quesitos. Para medir a capacidade de transmissão de vídeo utilizamos uma calculadora de largura de banda disponibilizada por um serviço de transmissão de vídeo usado nos sistemas do Exército. Como resultado, verificamos que o sistema atual pode transmitir vídeo com qualidade reduzida para um público também reduzido de até 2 usuários ao mesmo tempo à uma velocidade de 120 Kbit/s. Com o sistema 4G/LTE, caso fosse implementado, aumentaríamos a velocidade de transmissão para até 16000 Kbit/s e, concomitantemente, veríamos uma sensível melhora na qualidade e quantidade de usuários simultâneos nas vídeo chamadas. Com esta pesquisa, foi possível demonstrar que existem meios de telecomunicações que podem substituir os atuais em uma eventual aquisição da Força Terrestre e auxiliar em operações militares de diversas naturezas.

Palavras-chave: Sistema Tático de Comunicações. Comando e Controle. 4G/LTE. VHF. Transmissão de vídeo.

ABSTRACT

4G / LTE NETWORK EMPLOYMENT IN SISTAC: ANALYSIS OF THE CAPACITY OF REAL-TIME VIDEO TRANSMISSION IN RELATION TO THE CURRENT SYSTEM

AUTHOR: Gabriel Martins Melgaço

ADVISOR: Victor de Souza Filgueiras

Communications have always been of great importance in the outcomes of major wars all over the world. In today's conflicts, decision-making must be dynamic because of combat in the full spectrum ops and the challenge of establishing clear boundaries in war and non-war situations requires a lot of articulation and excellent command and control capability at all levels of command. In order to improve the Brazilian Army's Tactical Communications System (SISTAC) and due to the great evolution of telecommunications technologies, it was necessary to update this system. The objective of this work was to evaluate the possibility and viability of implementing in the Army a Fourth Generation Long Term Evolution (4G / LTE) communications system to increase high speed data transmission capacity, providing better service to the Ground Force through modernization of the capabilities of the Communications. For this, an descriptive research of bibliographic and documentary character was carried out, seeking to raise and analyze characteristics of two companies that were taken as reference. The Harris company that manufactures Falcon III family radios, which the Brazilian Army uses in the current communications system and operates on the Very High Frequency (VHF) frequency and Airbus Secure Communications that produces the 4G / LTE system. This VHF frequency was the reason for study and comparison with the fourth generation equipment proposed by the work. This Harris company radio transmits real-time video from the soldier who is at the end of the line to the decision support systems. It was then based on the transmission of real time video and manual features, which we base our research to define the system that presents the best performance in various aspects. To measure the video transmission capacity we use a bandwidth calculator provided by a video transmission service used in Army systems. As a result, we have verified that the current system can transmit reduced quality video to a public also reduced of up to 2 users at the same time at a speed of 120 Kbit/s. With the 4G/LTE system, if implemented, we would increase the transmission speed to 16000 Kbit/s and, at the same time, we would see a significant improvement in the quality and quantity of simultaneous users in the video calls. With this research, it was possible to demonstrate that there are means of telecommunications that can replace the current ones in an eventual acquisition of the Land Force and to assist in military operations of diverse natures.

Keywords: Tactical Communications System. Command and Control. 4G / LTE. VHF. Video streaming.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo OODA	19
Figura 2 - Organograma Cia Com Bda.....	22
Figura 3 - Representação enlaces SISTAC/Bda	23
Figura 4 - Cabine Nodal na Manobra Escolar AMAN	24
Figura 5 - Módulo Telemática Operacional (MTO).....	25
Figura 6 - Interior do Módulo Telemática Operacional (MTO).....	25
Figura 7 - Militar portando o rádio portátil Harris Falcon III® RF-7800M-MP	26
Figura 8 - Capacete com câmera de vídeo.....	26
Figura 9 - Conferência Áudio/Vídeo	29
Figura 10 - Alcance e velocidade de transmissão do sistema LTE nos modos fixos, móveis e portáteis	33
Figura 11 - Modelo de Largura de Banda para OpenMeetings	37
Figura 12 - Resultado da inserção de dados do sistema VHF na calculadora	39
Figura 13 - Resultado da inserção de dados do sistema 4G/LTE na calculadora	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

4G	Quarta Geração
AMAN	Academia Militar das Agulhas Negras
Bda	Brigada
C ²	Comando e Controle
CCOM	Centro de Comunicações
Cia Com	Companhia de Comunicações
Cmt	Comandante
CN	Centro Nodal
DE	Divisão de Exército
ERB	Estação Rádio Base
GE	Guerra Eletrônica
GLO	Garantia da Lei e da Ordem
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
LTE	<i>Long Term Evolution</i>
PC	Posto de Comando
PCP	Posto de Comando Principal
PCR	Posto de Comando Recuado
MTO	Módulo de Telemática Operacional
SGDC	Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações
SISTAC	Sistema Tático de Comunicações
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicações
VHF	<i>Very High Frequency</i>
WCDMA	<i>Wide-Band Code-Divison Multiple Access</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	16
1.1.1 Objetivo Geral	16
1.1.2 Objetivos específicos	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 DESENVOLVIMENTO DOUTRINÁRIO E TÉCNICO DAS COMUNICAÇÕES.....	17
2.1.1 Comando e Controle.....	18
2.1.2 Desenvolvimento Técnico.....	20
2.2 SISTEMA TÁTICO DE COMUNICAÇÕES DO EXÉRCITO BRASILEIRO	21
2.2.1 Estrutura de Comunicações na Brigada.....	21
2.2.2 Sistema Tático de Comunicações de Brigada (SISTAC/BDA).....	22
2.2.2.1 Serviços do Sistema Tático.....	27
2.3 SISTEMA DE QUARTA GERAÇÃO (4G) LONG TERM EVOLUTION (LTE) E VERY HIGH FREQUENCY (VHF).....	29
2.3.1 Evolução da comunicação sem fio.....	29
2.3.2 Sistema 4G/LTE e VHF	32
2.4 TRANSMISSÃO DE VÍDEO EM REDES.....	34
2.4.1 Compressão e codificação de vídeo	35
2.4.2 Uso de banda disponível.....	35
3 REFERENCIAL METODOLÓGICO	36
3.1 TIPO DE PESQUISA	36
3.2 MÉTODO	36
3.2.1 Calculadora de banda de rede.....	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o Exército Brasileiro vem procurando capacitar seu material humano e reformulando suas doutrinas para adaptar-se aos mais novos desafios do combate moderno. Os conflitos nos últimos anos demonstram um ambiente complexo e marcado pelo uso da força. A tecnologia se faz cada vez mais presente e necessária e o Comando e Controle (C²) vem realizando um papel fundamental neste contexto.

O estudo do C² é relevante para o meio militar, uma vez que segundo o Manual de Comando e Controle do Exército Brasileiro, a evolução da guerra, tornou a busca por novas tecnologias, processos e inovações, ponto fundamental para consecução de objetivos táticos, operacionais e estratégicos. As forças devem estar prontas para realizar ações ofensivas, defensivas e cooperação e coordenação entre agências. Para isso, a atividade de comando e controle é fundamental para o êxito destas ações e a necessidade de Sistemas de Tecnologia da Informação e Comunicações (TIC) que garantam aos comandantes a execução dos ciclos de comando e controle, com rapidez, precisão e oportunidade. (BRASIL, 2015)

A presente pesquisa busca tratar do tema sob a perspectiva do melhoramento no emprego das comunicações, que segundo o manual C11-1, Emprego das Comunicações, é o conjunto de meios utilizados para realizar ligações entre os diversos escalões e com isso alcançar um melhor aproveitamento na execução do Comando e Controle (BRASIL, 2002).

Delimitamos o nosso foco de pesquisa no Sistema Tático de Comunicações (SISTAC) do Exército Brasileiro, na rede de dados da tecnologia de quarta geração (4G) *Long Term Evolution* (LTE) e em uma comparação com a utilização da transmissão de vídeo em tempo real das diferentes tecnologias.

Faz-se necessário definirmos alguns conceitos que entendemos como fundamentais para o desenvolvimento do assunto. Primeiramente, o que é o Sistema Tático de Comunicações? Este sistema é um conjunto de componentes os quais se constituem de equipamentos de transmissão de voz e dados.

[...]é o conjunto harmônico e homogêneo de meios de comunicações e informática pertencente a tropas operacionais da Força Terrestre, destinado ao preparo e emprego de tropas. Sua utilização, portanto, ocorre em missões de adestramento ou em operações e campanha, oportunidades nas quais atende às necessidades de comando e controle dos diversos escalões[...]. (AMARO, 2013, p. 7).

O LTE é uma tecnologia de rede de celular móvel com base no *Global System for Mobile Communications* (GSM) e *Wide-Band Code-Divison Multiple Access* (WCDMA) que prioriza

o tráfego de dados em vez do tráfego de voz (TECNOBLOG, 2014). Agências de Segurança pública se preparam para a transição para uma nova tecnologia móvel LTE. Não há dúvida a respeito da importância destes dispositivos de alta velocidade e largura de banda para resolver problemas que envolvem situações de vida ou morte. (MOTOROLA SOLUTIONS, 2012).

Para isso, é preciso analisar o funcionamento do SISTAC, da tecnologia 4G/LTE e compará-la com o VHF. Vamos utilizar como base de estudo a capacidade de banda necessária para realizar uma vídeo chamada através da calculadora disponibilizada pelo site do software OpenMeetings (APACHE OPENMEETINGS, 2019).

O trabalho de conclusão de curso de Mazzoni (2014) na análise histórica e funcional da rede 4G/LTE, os manuais C-11-1 (2002) que tratam do emprego das Comunicações e o C-11-30 (1998) das comunicações na brigada, além do artigo científico de Salles (2008) publicados na área, se destacaram para a formação da base necessária na confecção deste trabalho.

Verificando o que há de mais atual a respeito de sistema de comunicações militares, nos deparamos com problemas que atingem essas áreas no mundo inteiro. Vitec (2017), expõe em seu artigo os principais problemas que afetam as transmissões de vídeo militares que podem ser a latência e qualidade do *link* de dados. Estes problemas podem estar ligados a sistemas de comunicações ineficientes.

Para Pedrinho (2017), concluiu-se em seu trabalho realizado na República Centro Africana (RCA), sobre o uso do LTE em operações militares, que a tecnologia se faz muito eficaz em operações de paz:

Neste trabalho foram analisados cenários integrados em Operações de Estabilização, visto que, de momento, o LTE ainda não possui proteção contra a GE e a RCA não tem este tipo de ameaça. Contudo, para que seja possível estender a sua aplicação às Operações Ofensivas e Defensivas, onde a ameaça de GE é uma realidade[...] (PEDRINHO, 2017, p. 79).

Diniz (2017), verificou a aplicabilidade militar para o bloqueio eletrônico de uma Estação Rádio Base (ERB) no curso de Guerra Eletrônica em Brasília-DF. Seus resultados foram:

Como observado ao longo desta pesquisa, o Bloqueio Eletrônico de uma Estação Rádio Base (ERB) de Telefonia Móvel, conforme as características da operação ou necessidade de informação e dados, poderá assumir um papel extremamente relevante, haja vista grande parcela dos dados e comunicações, nos dias atuais, trafegarem por meio do sistema de telefonia móvel (DINIZ, 2017, p.92).

Dessa forma, pode-se abordar a teoria existente sobre o tema em questão da seguinte maneira. Baseando-se nos trabalhos acima expostos, observamos que há pesquisas que

defendem o uso do LTE em operações de paz, por exemplo, na República Centro Africana, onde o exército português utilizou com sucesso, porém, expõe um ponto negativo que é a deficiência em uma possível guerra regular.

Outro trabalho, parte da pesquisa em uma deficiência do sistema que é no uso de Bloqueio Eletrônico de uma Estação Rádio. Para Vitec (2017), existem problemas a serem solucionados no que tange as comunicações militares, principalmente na transmissão de vídeos em tempo real, a qual está estritamente ligada ao Comando e Controle.

Os manuais C-11-1 (2002) e C-11-30 (1998) definem que o Sistema de Comunicações de Área, o qual está englobado pelo SISTAC, possuem Centro Nodais (CN) que são dotados de equipamentos de comunicações, os quais permitem aos seus assinantes móveis e fixos, conexões rápidas e seguras para qualquer parte da Zona de Ação (BRASIL, 2002, p. 4-18).

Os centros são distribuídos de modo a cobrir, de forma celular, a área de operações considerada, assegurando que o usuário, onde quer que se encontre, tenha sempre próximo a ele uma porta de entrada no sistema. [...] os usuários fiquem livres para se deslocar, sem interromper a operação da rede (BRASIL, 2002, p. 4-18).

Diante da literatura exposta acima, podemos identificar algumas questões que nos parecem problemáticas, como, é possível integrar ao Sistema Tático de Comunicações do Exército Brasileiro a tecnologia 4G/LTE? Ou, colocado de outra forma, solucionaria os problemas e limitações do atual sistema, o qual utiliza o VHF/HF na transmissão de dados da ponta da linha aos Módulos de Telemática Operacional?

Dados preliminares apontaram-nos para a possibilidade desta integração por conta do que consta nos manuais do Exército Brasileiro. A Força, procura se colocar em lugar de destaque e suprir todas suas necessidades, no que se refere a área de Comunicações, por isso, uma melhora nos sistemas já existentes com a implementação de novas tecnologias que estão sendo largamente utilizadas pelo mundo em outros Exércitos por empresas privadas é uma questão que será abordada neste trabalho.

Visando investigar a capacidade de um Sistema 4G/LTE em operações militares e verificar a possibilidade de integração deste sistema ao SISTAC, formulamos o seguinte problema de pesquisa: em que medida o emprego de um sistema 4G/LTE aumentaria a capacidade de transmissão de vídeo em tempo real do SISTAC?

Nossas principais fontes foram os manuais em uso do Exército Brasileiro, os quais formulam e padronizam as doutrinas vigentes da Força e a EB revistas que publica artigos científicos na área de comunicações militares.

Foram usadas, também, fontes de manuais de empresas civis que fabricam e comercializam sistemas de tecnologia 4G/LTE como a Airbus Communications, Motorola e Harris. Além de artigos científicos e sites que aprofundam a pesquisa na área técnica de telecomunicações.

A presente monografia está assim estruturada:

No primeiro capítulo, procuramos fazer uma breve introdução do assunto a ser tratado, delimitando seu escopo.

O segundo capítulo versa sobre o referencial teórico, o qual analisa as perspectivas tecnológicas na área de comunicações nos últimos anos no Exército Brasileiro. Além de apresentar os princípios do emprego destas tecnologias militares doutrinariamente. As principais fontes utilizadas foram o artigo científico de Salles (2008) e sua equipe de autores e o manual C-11-1 (2002) emprego das comunicações, os quais embasaram doutrinariamente o trabalho. Apresentaremos, também, o Sistema Tático de Comunicações do Exército Brasileiro, no que tange seus equipamentos e doutrina vigente. Para a elaboração deste tema utilizamos como fontes principais o manual, C-11-30, do Exército Brasileiro e artigos científicos na área militar do Capitão Lúcio Pinheiro Amaro (2013) publicado na EB Revista e um artigo do 4º Seminário de Educação da EASA/2014. No término do referencial teórico, apresentaremos as especificidades e a evolução da tecnologia celular 4G/LTE e da *Very High Frequency* (VHF), com base em artigos científicos e manuais de empresas estrangeiras que produzem sistemas de comunicações com as tecnologias acima citadas.

No terceiro capítulo, foi feito o referencial metodológico que norteou a pesquisa no nosso trabalho com base na calculadora de largura de banda do *OpenMeetings* (2019) e nos *datasheets*.

No quarto, apresentamos os resultados da análise dos dados aplicados na calculadora e uma breve discussão com as respostas para o nosso problema de pesquisa. E, por fim, no quinto e último capítulo, foi feita considerações finais com base no sistema atual e na mudança para o possível sistema que está sendo analisado neste trabalho.

Nosso trabalho é justificado por se tratar de um tema de pesquisa que se insere na área de Doutrina Militar, definido pela Portaria nº 734, de 19 de agosto de 2010, do Comandante do Exército Brasileiro (BRASIL, 2010). A Força Terrestre, instituição que possui grande importância para a sociedade, precisa estar atualizando seus sistemas de Comando e Controle devido à grande quantidade de novas tecnologias de telecomunicações desenvolvidas todos os anos. E por isso, o presente trabalho mostra os ganhos que o SISTAC teria para orientar uma futura atualização.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar o aumento da capacidade de transmissão de vídeo em tempo real do sistema 4G/LTE em relação ao sistema atual.

1.1.2 Objetivos específicos

Para analisar a capacidade e eficiência do Sistema 4G/LTE em operações militares e verificar a possibilidade de integração ao SISTAC para transmissão de vídeo nesta nova tecnologia, seguiremos os seguintes objetivos específicos:

- a) Verificar o surgimento de novas perspectivas tecnológicas e doutrinárias das comunicações no Exército Brasileiro;
- b) Analisar a eficiência técnica do sistema em operações militares;
- c) Analisar a viabilidade e substituição do atual sistema VHF, presente no Sistema Tático de Comunicações do Exército Brasileiro, para o 4G/LTE, comparando características mútuas dos dois sistemas;
- d) Comparar a tecnologia *Long Term Evolution* (LTE) com a *Very High Frequency* (VHF) na transmissão de dados através da capacidade de transmissão de vídeo em tempo real.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DESENVOLVIMENTO DOUTRINÁRIO E TÉCNICO DAS COMUNICAÇÕES

As comunicações militares possuem características que divergem das redes de telecomunicações civis. Um aspecto imprescindível que pode caracterizar muito bem esta diferença é o fato da organização hierárquica da força mudar em diversos aspectos a organização das redes. Por isso, o Exército Brasileiro desenvolve doutrinariamente e tecnicamente seus processos para fornecer um melhor sistema para o comando e controle das tropas no terreno, buscando vencer desafios como, prover comunicações em alta velocidade de dados e voz na Zona de Ação.

Para o manual C-11-1 (2002), existem conceitos básicos no emprego das comunicações no que tange as operações militares, o que torna um ambiente complexo com atividades que exigem elevada capacidade de planejamento. Esse tipo de ambiente, exige um sistema de comunicações confiável, de grande capacidade de tráfego e flexível, o qual proporciona transmissão de mensagens em tempo real e segurança. Tudo isso para que proporcione o elo entre o comandante e sua tropa, levando a sua presença em todos os lugares (BRASIL, 2002).

Para isso, o manual supracitado elenca os princípios que devem ser atingidos no planejamento de comunicações, como mostrado no Quadro 1 abaixo.

Quadro 1- Princípios de emprego das Comunicações

Princípio de Comunicações	Descrição
Tempo integral	Sistema deve operar durante as vinte e quatro horas do dia.
Rapidez	O sistema deve proporcionar rapidez às ligações, ou seja, devem ser estabelecidas em tempo útil.
Amplitude de desdobramento	Os meios se estendem da linha de contato até as áreas mais recuadas do teatro de operações, abrangendo as zonas de combate e administração, em largura e profundidade.
Integração	O escalão superior e os escalões subordinados operam juntos.
Flexibilidade	Rápida adequação às mudanças das operações táticas e das organizações militares.
Apoio em profundidade	Apoio dos escalões mais recuados com os escalões mais avançados.
Continuidade	As ligações devem ser mantidas a qualquer custo.
Confiabilidade	Estabelecimento de caminhos alternativos para a transmissão das mensagens.
Emprego centralizado	A concentração dos meios em centros e eixos de comunicações permite um melhor aproveitamento dos mesmos.
Apoio Cerrado	Quanto menores as distâncias entre os elementos a serem ligados, mais eficientes serão as comunicações.
Segurança	Todas as medidas são tomadas para proteger os sistemas de comunicações, de modo a impedir ou dificultar a obtenção de informações pelo inimigo.
Prioridade	A instalação de um sistema de comunicações faz-se progressivamente, iniciando-se com as ligações que merecem prioridade mais elevada.

Fonte: BRASIL, 2002.

Esta complexidade no planejamento também se faz presente devido à impossibilidade de se manter um padrão de arquitetura para cada tipo de conflito, nem mesmo treinar a tropa para cada tipo de operação existente. Por isso, deve existir os fundamentos doutrinários corretos para que se monte um sistema adequado para cada tipo de situação militar diferente (Salles, 2008).

2.1.1 Comando e Controle

O comando e controle é uma das funções de combate a qual se elevou de importância devido às novas tecnologias e inovações presentes no campo de batalha. A capacidade dos comandantes tomarem suas decisões, são fundamentais para potencializar a sinergia das forças e cumprir as missões que envolvam o emprego militar. Para isso, foi necessário que os Sistemas

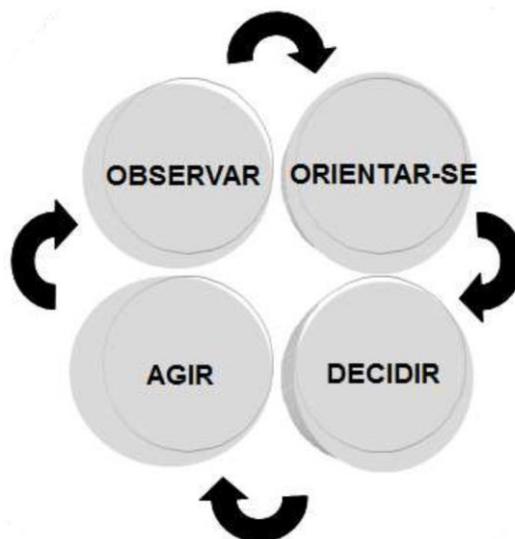
de Tecnologia da Informação e Comunicações (TIC) se tornassem mais complexos e completos para assegurar o grande fluxo de informações demandados (BRASIL, 2015).

O manual EB20-MC-10.205 (2015) apresenta algumas definições básicas sobre comando e controle as quais se fazem necessárias para melhor compreensão do que será abordado mais à frente neste trabalho, como por exemplo, a definição de Consciência Situacional.

Percepção precisa dos fatores e condições que afetam a execução da tarefa durante um período determinado de tempo, permitindo ou proporcionando ao seu decisor, estar ciente do que se passa ao seu redor e assim ter condições de focar o pensamento à frente do objetivo. É a perfeita sintonia entre a situação percebida e a situação real (BRASIL, 2015, p. 1-3).

Além disso, o ciclo de Comando e Controle chamado de ciclo Observar Orientar-se Decidir e Agir (OODA), é usado como uma ferramenta para auxílio na tomada de decisões. Por ser um processo contínuo, as fases ocorrerão em paralelo, sendo a fase observar caracterizada pela percepção do cenário a qual se quer atuar. A fase orientar-se onde são formuladas as linhas de ação a serem apresentadas. A fase decidir, onde o comandante, baseado na situação apresentada, irá emitir ordens aos subordinados e por fim, agir, onde os comandantes dos escalões subordinados irão tornar as ordens superiores em ações no ambiente operacional (BRASIL, 2015, p. 2-7). O ciclo é representado como na figura 1 abaixo.

Figura 1- Ciclo OODA



Fonte: BRASIL, 2015.

2.1.2 Desenvolvimento Técnico

Para empregar esta doutrina, foi necessário que o exército investisse em Tecnologia da Informação e projetos para cumprir as missões demandadas nos últimos anos. Esse investimento também é justificado com a preocupação na Estratégia Nacional de Defesa (2008), onde em diversos pontos foram elencadas mudanças na área de comunicações.

Desenvolver tecnologias de comunicações, comando e controle a partir de satélites, com as forças terrestres, aéreas e marítimas, inclusive submarinas, para que elas se capacitem a operar em rede e a se orientar por informações deles recebidas; e [...]Incluirão, como parte prioritária, as tecnologias de comunicação entre todos os contingentes das Forças Armadas, de modo a assegurar sua capacidade para atuar em rede [...] (BRASIL, 2008, p. 93).

Além disso, podemos confirmar esta realidade com os seguintes acordos e aquisições feitos pelo Exército Brasileiro como, a criação do maior evento brasileiro de Defesa Cibernética, Comunicações e Guerra eletrônica, onde havia mais de 30 estandes de empresas expositoras nacionais e internacionais. A feira pretende tornar-se referência nacional e internacional nos assuntos relacionadas à Comunicações e Guerra Eletrônica (DEFESANET, 2018).

O Exército também realizou parcerias com empresas de grande destaque no país como a Itaipú Binacional. O investimento previsto foi de quase um milhão e meio de reais para ampliar a atuação do Laboratório de Segurança Eletrônica de Comunicações e Cibernética, o qual está instalado no Parque Tecnológico Itaipu (DEFESANET, 2017).

Outro grande avanço nas Comunicações Militares, foi o lançamento do Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações (SGDC).

Posicionado a uma distância de 35.786 quilômetros da superfície da Terra, o SGDC vai proporcionar três tipos de coberturas e terá uso dual (militar e civil), devendo atender às demandas do Programa Nacional de Banda Larga (PNBL) e prover a soberania em telecomunicações seguras para o Sistema de Comunicações Militares por Satélite (SISCOMIS) (NISHIMORI, 2017, s. p.).

Por fim, os últimos investimentos foram nos grandes eventos ocorridos no Brasil, Olimpíadas e Copa do Mundo, onde tornou-se de grande vulto principalmente na área do comando e controle, como mostra Vasconcelos (2018) em sua dissertação de mestrado. Tendo em vista melhorar e inovar a gestão no sistema de segurança Nacional, por conta dos grandes eventos sediados em nosso país, foi buscado inspiração em países como os Estados Unidos e União Europeia, os quais possuem Centros Integrados de Comando e Controle (CICC) similares aos instalados aqui. O que legitimou tais processos e investimentos nesta área, foi a integração

das instituições de segurança pública, deixando o legado das construções de diversos CICC em estados brasileiros, o desenvolvimento de uma metodologia de planejamento, equipamentos e aproximação entre as diversas instituições (VASCONCELOS, 2018). Por conta da atuação frequente do Exército Brasileiro nas ruas brasileiras em ações de Garantia da Lei e da Ordem (GLO), esta Força Armada foi uma das instituições que se beneficiaram com esse legado e se desenvolveram na área técnica e doutrinária.

2.2 SISTEMA TÁTICO DE COMUNICAÇÕES DO EXÉRCITO BRASILEIRO

O foco deste trabalho é no Sistema Tático de Comunicações de Brigada do Exército Brasileiro. Portanto, é necessário que se faça entender a estrutura das comunicações em uma brigada.

2.2.1 Estrutura de Comunicações na Brigada

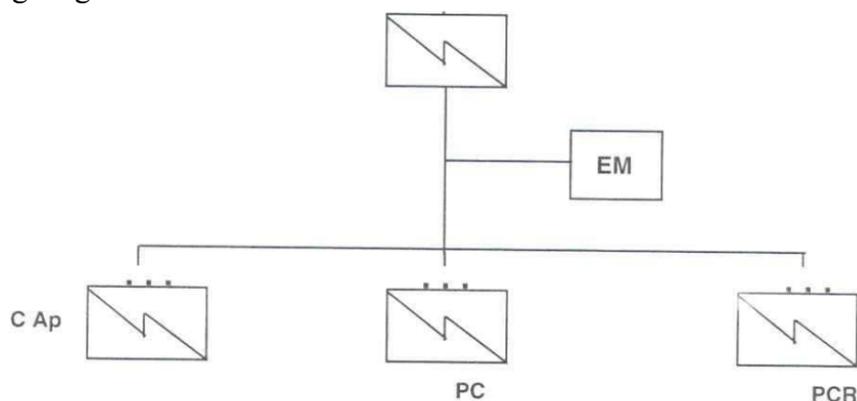
Primeiramente, vamos definir o que é uma Brigada. Como Grande Unidade (GU), é considerada o módulo básico de emprego da Força Terrestre, contando no mínimo, com elementos de combate, de comando e controle e logística. O foco do nosso trabalho é no elemento de Comando e Controle. Os meios de comunicações da brigada empregados, bem como a maneira a forma de utilizá-los devem se adaptar as diferentes situações de combate. A tropa e equipamentos podem ser orgânicos ou reunidos de forma modular necessários para instalar, explorar e manter as comunicações no cumprimento da missão (BRASIL, 2014).

Segundo o manual C-11-30, As Comunicações na Brigada, o Cmt da Bda possui um Oficial de Comunicações e Eletrônica da Brigada (O Com Elt Bda), o qual é o Cmt da Cia Com, para assessorá-lo no cumprimento das missões no que tange as comunicações, estudando os aspectos específicos e de Guerra Eletrônica (GE) que interessam à operação.

Para isso, a Companhia de Comunicações orgânica de brigada irá instalar, explorar e manter o Sistema de Comunicações. Esta companhia está subdividida da seguinte forma: comandante, estado-maior, o Pelotão de Comando e Apoio (Pel C Ap), que apoia o comando administrativamente em seus encargos e os pelotões operacionais chamados de Pelotão de Comunicações de Posto de Comando (Pel Com PC) e o Pelotão de Comunicações de Posto de Comando Recuado (Pel Com PCR) (BRASIL, 1998, p. 3-2).

Segue abaixo um organograma da Companhia de Comunicações da Brigada:

Figura 2- Organograma Cia Com Bda



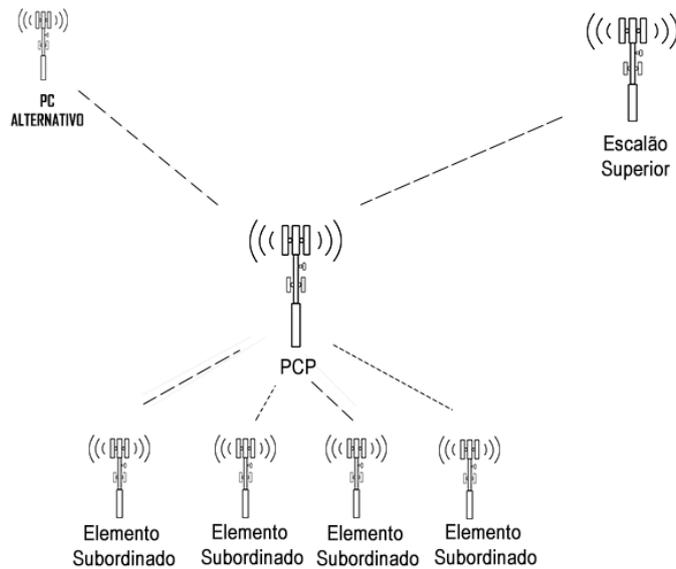
Fonte: BRASIL, 1998.

2.2.2 Sistema Tático de Comunicações de Brigada (SISTAC/Bda)

Sistema é um aglomerado de tecnologias que se relacionam de maneira organizada com um propósito de fornecer um serviço completo. O Exército Brasileiro possui um sistema de comunicações chamado de SISTAC, que é um conjunto de meios de comunicações e TIC ao qual pertence as unidades operacionais. Tem como objetivo preparar a tropa em seu treinamento ou em operações de campanha. Tudo isso para atender os diversos escalões e proporcionar o Comando e Controle necessário para o comando da Brigada. Quando o sistema é empregado por uma brigada ele se denomina Sistema Tático de Comunicações de Brigada (AMARO, 2013).

A Cia Com orgânica da brigada é responsável por desdobrar os meios e gerenciar o SISTAC/Bda, com o objetivo de cumprir a missão demandada. Para isso, são estabelecidas as seguintes ligações, do PCP ao PCR, do PCP aos PCs dos elementos subordinados quando necessário e com os Escalões superiores conforme o planejamento (BRASIL, 1998). Segue abaixo uma representação dos enlaces do SISTAC/Bda:

Figura 3– Representação enlaces SISTAC/Bda



Fonte: AUTOR, 2019.

A estrutura é gerenciada tecnicamente e taticamente por um Centro de Operações de Comunicações (COC), o qual é chefiado pelo Oficial de Operações da Cia Com. Além disso, tanto o PCP quanto o PCR conterão um Centro de Comunicações (CCom). Todos estarão interligados entre si através de sistemas de enlace por micro-ondas e por sistemas de enlace por rádio em HF ou VHF. Há também os sistemas de enlace físico, os quais apresentam um elevado grau de segurança, porém tem o seu emprego limitado devido às dificuldades em seu emprego. O sistema de mensageiros tem como vantagem a segurança e o elevado volume de informações como gráficos, cartas, calcos, fotografias e outros documentos. E, por fim, o Manual C-11-30, elenca outros meios que podem ser a identificação de viaturas e instalações com postos de painéis para ligação terra-ar e indicações com meios acústicos com alerta e alarme (BRASIL, 1998).

Para isso, a Cia Com realiza integrações através dos centros nodais e nós de acesso:

Essa Companhia de Comunicações possui sistemas de comando (centros de comunicações) aptos a integrarem-se aos sistemas de comando e de área (centros nodais e nós de acesso) do escalão superior, bem como promover as ligações necessárias com os escalões diretamente subordinados e com os elementos apoiados, independentemente das configurações do terreno e das condições meteorológicas, visando a proporcionar uma estrutura de C² adaptável (100% móvel) e modular, com alcance e pontos de acesso compatíveis à missão da Brigada (BRASIL, 2018, p. 5-5).

Os Centros Nodais (CN) são onde convergem todos os enlaces e ligações de grande capacidade de tráfego. Proporcionam, então, uma grande cobertura de comunicações em toda a zona de ação. A tecnologia varia de acordo com a disponibilidade e são feitas por meio de ligações automáticas, seguras e imediatas para qualquer ponto do terreno (CARMO et al. 2014).

Figura 4 - Cabine Nodal na Manobra Escolar AMAN



Fonte: AUTOR, 2017.

Visando atender as especificidades supracitadas, o Exército Brasileiro desenvolveu o Módulo de Telemática Operacional (MTO), que tem como objetivo ligar o Comando da Brigada aos seus elementos subordinados. Este pode ser operado remotamente e embarcado na Viatura de Comando e Controle, proporcionando flexibilidade e robustez às operações militares.

O MTO viabiliza o acesso à rede pública de telefonia fixa ou celular, transmissão de vídeos a dezenas de quilômetros, internet a até 100 quilômetros de distância das operações, tecnologia *Voice Over IP* (VoIP) e sistemas de comunicações via satélite (CENTRO TECNOLÓGICO DO EXÉRCITO, 2019). Podemos verificar algumas imagens do MTO desenvolvido pelo Centro Tecnológico do Exército:

Figura 5 - Módulo Telemática Operacional (MTO)



Fonte: CENTRO TECNOLÓGICO DO EXÉRCITO, 2019.

Figura 6 - Interior do Módulo Telemática Operacional (MTO)



Fonte: CENTRO TECNOLÓGICO DO EXÉRCITO, 2019.

Independente dos sistemas que serão empregados para a transmissão de informações administrativas ou operacionais, o mais importante é que, quanto mais eficiente forem os meios usados no SISTAC/Bda, melhor será o Comando e Controle do comandante sobre sua tropa. Para esse objetivo ser atingido, pode-se utilizar aplicações com finalidades específicas (SILVA, 2011).

O foco da nossa pesquisa é o sistema de transmissão de vídeo em tempo real que é utilizado no SISTAC atual do Exército Brasileiro na ponta da linha do combate. O soldado porta uma câmera de vídeo em seu capacete, a qual é transmitida através de um rádio portátil para uma viatura rádio ou MTO mais próximo, proporcionando a consciência situacional necessária para o comandante. Podemos verificar o soldado com equipamento nas imagens abaixo:

Figura 7 – Militar portando o rádio portátil Harris Falcon III® RF-7800M-MP



Fonte: AUTOR, 2019.

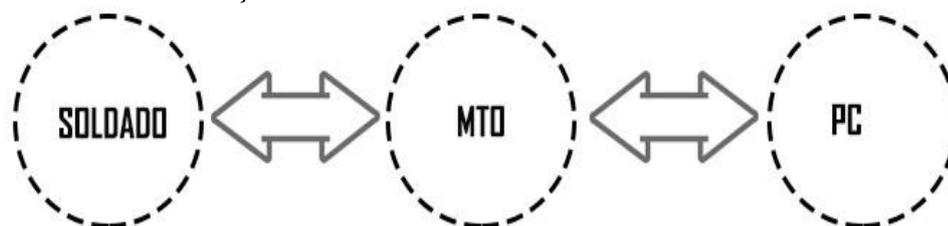
Figura 8 – Capacete com câmera de vídeo



Fonte: AUTOR, 2019.

No gráfico abaixo podemos verificar o fluxo de informações de vídeo:

Gráfico 1 – Fluxo de informações



Fonte: AUTOR, 2019.

2.2.2.1 Serviços do Sistema Tático

Na Manobra Escolar 2018, na Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN), foram utilizados servidores de aplicação visando atender as necessidades de um ambiente de trabalho. Os servidores Linux utilizados nos exercícios da AMAN possuem maior poder de processamento para executar softwares que não poderiam ser executados em estações de trabalho comuns. Então, em uma rede local com servidores de aplicações, vários usuários podem tirar proveito de uma ou mais aplicações sem prejudicar o processamento local, contribuindo para centralização, segurança e armazenamento dos dados operacionais.

Nas notas de aula do Curso de Comunicações da Academia Militar das Agulhas Negras (2015), podemos listar algumas destas aplicações que são utilizadas em atividades no terreno, as quais são hospedadas em servidores Linux nas redes TCP/IP das operações. Estão elas listadas no Quadro 2 abaixo:

Quadro 2 – Aplicações utilizadas em exercícios da AMAN

Aplicações	Descrição
Elastix	Elastix é uma distribuição livre de Servidor de Comunicações Unificadas que possibilita o uso do Voice Over IP (VoIP). O VoIP se assemelha a telefonia convencional, porém com redução de custos e interoperabilidade.
OpenMeetings	Webconferência sem a necessidade de instalação de algum software na máquina do usuário, utiliza-se apenas o navegador e plug-ins Flash Player.
Zimbra	O Zimbra é uma plataforma corporativa de e-mail e de código aberto, baseada em navegação web e que trabalha no modelo cliente e servidor.
OwnCloud	Aplicação de armazenamento de arquivos e diretórios em um servidor online, podendo sincronizar e fazer downloads das informações na rede de onde o usuário estiver.
Pro FTP	Aplicação para transferência de dados que permite a troca de arquivos entre dois computadores.
Apache	É um servidor do tipo HTTPD, compatível com o protocolo HTTP. Suas funcionalidades são mantidas através de uma estrutura de módulos, permitindo inclusive que o usuário escreva seus próprios módulos utilizando a API do software.
Pacificador	A aplicação permite a obtenção da consciência situacional, o tratamento de incidentes, a sincronização e o acompanhamento das ações realizadas durante as operações .
C2 em Combate V6	O Programa C2 em Combate tem por finalidade possibilitar ao Comandante, com seu Estado Maior, comandar e controlar as operações, por intermédio de recursos gráficos, transmissão de dados das posições da tropa em tempo real, redação de Ordem de Operações, relatórios, planos e mensagens.

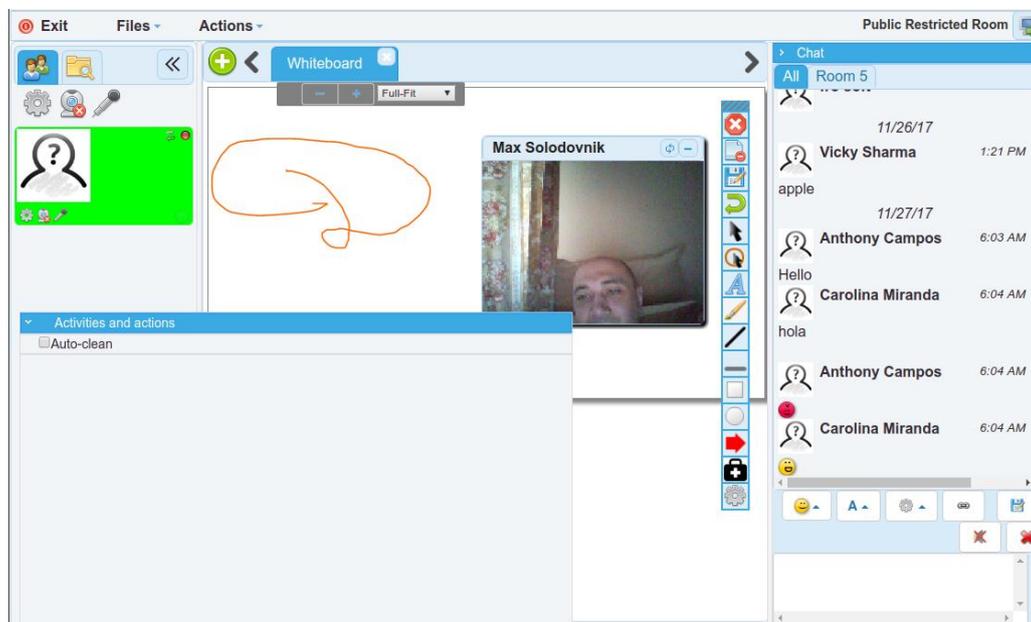
Fonte: ACADEMIA MILITAR DAS AGULHAS NEGRAS, 2015.

Desta lista, vamos focar no estudo do software OpenMeetings que é o parâmetro de comparação que utilizaremos para decidir o sistema com melhor desempenho em transmissão de vídeo em tempo real, conseqüentemente um motivo para a integração do LTE ao SISTAC/Bda.

O OpenMeetings é um software livre usado para realizar vídeo conferências, envio de mensagens instantâneas, utilização de quadro branco interativo e edição de documentos. O produto é baseado em HTML5 e flash. Seu foco é nas salas de reunião virtuais que podem ser instaladas em servidores e realizada chamadas em rede. O trabalho de desenvolvimento do Software começou em 2007 por Sebastian Wagner. Desde 2009 o projeto se tornou livre o que ajudou a envolver outros desenvolvedores de diferentes países. Desde 2012, o projeto vem sendo desenvolvido pela Apache Software Foundation (ASF). Além disso, o software é

compatível com diversos sistemas operacionais da atualidade como Mac OS X, Microsoft Windows, Solaris, Ubuntu e muitos outros (WIKIPEDIA, 2019). Abaixo podemos visualizar a página do software:

Figura 9 – Conferência Áudio/Vídeo



Fonte: OPENMEETINGS, 2019.

2.3 SISTEMA DE QUARTA GERAÇÃO (4G) LONG TERM EVOLUTION (LTE) E VERY HIGH FREQUENCY (VHF)

Este capítulo tem por finalidade explicar historicamente, tecnicamente e taticamente a respeito da tecnologia de quarta geração (4G) e do sistema VHF utilizado pelo Exército Brasileiro no atual sistema tático de comunicações.

A intenção deste trabalho é utilizar o 4G no SISTAC como uma rede emitida por equipamentos do próprio sistema tático, sem a necessidade de integração da telefonia celular civil para seu funcionamento.

2.3.1 Evolução da comunicação sem fio

Na antiguidade, por volta de 150 a.C, em dinastias como a Chinesa, foram utilizados os primeiros sistemas de comunicação sem fio como a modulação da luz através de espelhos para criar um certo padrão ou através de bandeiras com a finalidade de simbolizar algumas palavras e até mesmo sinais de fumaça. Mesmo após a introdução da comunicação por rádio, nos dias

de hoje, marinheiros ainda se utilizam de códigos em bandeirolas em caso de outros meios de comunicações deixem de funcionar corretamente (MAZZONI, 2014).

Em 1847, nasce Graham Bell, inventor do telefone. Com sua grandiosa invenção, Alexandre Graham Bell executa com sucesso a transmissão com a primeira linha telefônica transcontinental norte-americana, ligando Nova York e São Francisco. No Brasil, em 1877, D. Pedro II ordena a instalação de linhas telefônicas interligando o Palácio do Quinta da Boa Vista às residências de seus ministros. No mesmo ano, o telefone já se popularizava em meio ao comércio e a indústria. Logo, foi outorgada concessões para a construção da primeira linha telefônica interurbana no País entre Rio de Janeiro e São Paulo e no Governo de Getúlio Vargas é regulamentada a criação do Código Brasileiro de Telecomunicações (AMAN,2017).

Em 1973, iniciou-se a história da telefonia móvel, conhecida como celular. Neste mesmo ano, foi executada a primeira chamada de um telefone móvel para um telefone fixo. No princípio, os sistemas de telefonia procuravam alcançar uma extensa região de cobertura através de apenas um transmissor com a técnica conhecida como *Frequency Division Multiple Access* (FDMA), o qual cada usuário do serviço era colocado em uma frequência única. A limitação desta técnica estava na baixa capacidade numérica de usuários realizando chamadas simultâneas, porém sua abrangência era de mais de dois mil quilômetros quadrados (TELECO, 2019).

O conceito celular foi uma grande descoberta na solução do problema de gerenciamento espectral e limitação de capacidade de usuários que havia em sistemas de comunicações móveis até então. Segundo Rodrigo (2000), a *Federal Communication Commission* (FCC) – órgão americano regulamentador de telecomunicações, em uma regulamentação de 22 de junho de 1981 definiu o sistema celular como:

Um sistema móvel terrestre de alta capacidade no qual o espectro disponível é dividido em canais que são reservados, em grupos, a células que cobrem determinada área geográfica de serviço. Os canais podem ser reusados em células diferentes na área de serviço (RODRIGO, 2000, s.p).

Vamos realizar uma breve síntese da evolução da telefonia celular que foi se aprimorando através do tempo até se tornar a tecnologia que conhecemos nos dias de hoje. A primeira geração (1G) foi utilizada principalmente para voz no final dos anos 1970 e início dos anos 1980. Já no início dos anos 1990, foi lançada a segunda geração (2G), sistema esse com recursos de codificação digital e com tecnologias de multiplexação baseado em *Global System for Mobile* (GSM), *Time Division Multiple Access* (TDMA) e *Code Division Multiple Access* (CDMA) e seu principal uso ainda era a voz, porém já proporcionava a possibilidade de envio

de Serviço de Mensagem de Texto (SMS). Para prover o envio de e-mail e acesso à internet, foi criado uma variante, o 2G + ou 2.5G. Esta variante também melhorou os processos de multiplexação antigos citados acima. A terceira Geração (3G) foi projetada para a transmissão de dados multimídia e de alta-velocidade e voz. Possibilita o *Handoff* automático, ou seja, pode ser realizada uma chamada utilizando qualquer sistema de comunicação sem fio, sistemas domésticos de telefonia, satélite e celulares, realizando comutações de uma ERB para outra automaticamente. Além do *roaming* internacional, o qual possibilita ligações para fora do país. A quarta geração (4G), que é o objeto de nosso estudo, fornece banda ultra larga para acesso à internet para notebooks, smartphones e equipamentos diversos. Além de telefonia IP, serviços de jogos, TV em alta definição, videoconferência (EFAGUNDES, 2019).

A quinta geração (5G), pode ser o mais completo sistema de comunicações sem fio sem limitações que pode nos trazer um aumento muito significativo em comparação ao atual 4G. Porém ainda está em desenvolvimento.

Abaixo, podemos verificar no Quadro 3 a comparação da evolução destas tecnologias supracitadas:

Quadro 3 – Comparação de todas as gerações da Tecnologia de telefonia móvel

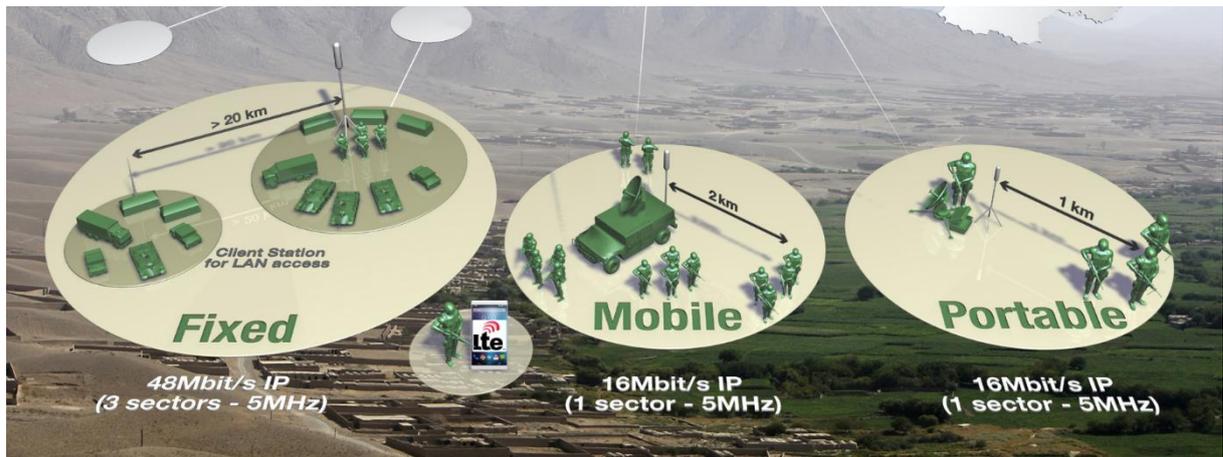
Tecnologia →	1G	2G	3G	4G	5G
Recurso ↓					
Começo/ Implantação	1970-1980	1990 – 2004	2004 – 2010	Agora	Em Breve (possivelmente 2020)
Largura de Banda	2 Kbps	64 Kbps	2 Kbps	1 Gbps	Maior que 1 Gbps
Tecnologia	Analógica	Digital	CDMA 2000 (1xRTT, EVDO) UMTS, EDGE	Wi-Max LTE Wi-fi	WWWW
Serviço	Voz	Voz Digital, SMS	Alta Qualidade áudio, vídeo e dados	Acesso dinâmico as informações por dispositivos móveis	Acesso dinâmico as informações por dispositivos móveis
Multiplexação	FDMA	TDMA, CDMA	CDMA	CDMA	CDMA
Switching	Circuito	Circuito, pacote	Pacote	Todo Pacote	Todo Pacote
Core Network	PSTN	PSTN	PACKET N/W	Internet	Internet

Fonte: SHARMA, 2013.

2.3.2 Sistema 4G/LTE e VHF

O foco da presente pesquisa na área de sistema tático de comunicações 4G/LTE é no sistema da empresa AIRBUS Secure Communications (2019). A empresa descreve o sistema como, integrado a equipamentos robustos e antenas táticas, o Long Term Evolution da AIRBUS (BLR-LTE) é empregado em missões e situações extremas de combate. Desenvolvido para ser empregado em teatro de operações, o BLR-LTE oferece alta performance no serviço IP de transmissão sem fio para interconectar as forças no terreno e sistemas de informação, além de ser utilizado pelas Forças Armadas Francesas (AIRBUS, 2019). Na figura abaixo, podemos verificar as distâncias e velocidade de utilização do sistema no campo de batalha. No nosso comparativo com o VHF, iremos tomar como parâmetro os sistemas móveis e portáteis

Figura 10 - Alcance e velocidade de transmissão do sistema LTE nos modos fixos, móveis e portáteis



Fonte: AIRBUS SECURE COMMUNICATIONS, 2019

Já no sistema VHF, que é o utilizado pelo Exército Brasileiro para transmissão de vídeo da ponta da linha, utiliza o rádio Harris Falcon III RF-7800M-MP. A empresa o descreve como pequeno, leve e rápido. Projetado para prover segurança e performance avançada. Com funções que dificultam a interferência do inimigo, ele ainda possui criptografia embutida no equipamento e é integrado a banda *High Frequency* (HF). Além disso, é um rádio portátil e leve se comparado com suas versões anteriores (Harris, 2017).

Veremos agora um quadro comparativo dos dois tipos de tecnologia baseados nos manuais de ambas as empresas citadas acima:

Quadro 4 – Comparação das tecnologias VHF e LTE

Características	Tecnologia e Equipamento	
	Harris Falcon III RF-7800M-MP	BLR-LTE (Airbus Secure Communications)
Frequência	VHF 30-225 MHz UHF: 225-512 MHz	2.3 GHz, 3.5 GHz, 700 MHz, 400 MHz
Largura de Banda	Narrowband: 8.33 kHz, 12.5 kHz, 25 kHz Wideband: 1.2 MHz, 5 MHz	3MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz ou 20MHz
Máximo usuários na rede	75	50
Taxa transmissão de dados	120 Kbps	48 Mbit/s (Fixo) 16 Mbit/s (Móvel e Portátil)
Segurança	Citadel/AES	Segurança Rede TCP/IP
Interoperabilidade	Família Harris Falcon II (HF)	Integração com sistemas civis, satélite e redes WAN
Temperatura	-40°C a + 70°C	-40°C a +55°C
Funções	Dados, voz e Chat	Dados, voz e Chat

Fonte: AUTOR, 2019.

2.4 TRANSMISSÃO DE VÍDEO EM REDES

Devido o foco de nossa pesquisa está ligado a transmissão de vídeo, iremos realizar uma breve contextualização sobre o assunto para entendermos os parâmetros de posterior análise.

A transmissão de vídeo em tempo real possui características diferenciadas, portanto, vários padrões foram desenvolvidos a partir dos anos 90 para permitir seu bom funcionamento. Quando pensamos em transmissão de arquivos na rede é desejável que seja rápida, porém não é imprescindível. A recepção pode sofrer pausas e retomar horas depois, os dados devem ser recebidos pelo usuário na íntegra sem perda de conteúdo e todo esse processo não necessita ser em tempo real. Porém, em uma transmissão de vídeo, verificamos características completamente diferentes, existe um compromisso com o tempo, a taxa de recepção não precisa ser muito elevada e pausas são prejudiciais, além de trechos de conteúdo perdidos serem descartados (VASCONCELOS, 2010).

2.4.1 Compressão e codificação de vídeo

Por serem muito volumosos, os arquivos de vídeo transmitidos em tempo real utilizam compressão e consomem uma parcela fixa da banda disponível. Por exemplo, um vídeo de 10 segundos com tamanho de 2 MB ocupará uma banda de 0,2 MB/s. Vídeos e áudios são comprimidos por processos que reduzem a qualidade em benefício das altas taxas de compressão (VASCONCELOS, 2010).

A compressão de vídeo reduzirá drasticamente o número de bytes de cada segundo de vídeo. Existem vários métodos de compressão usados em vídeo, e muitos deles possuem características que os torna atrativos para transmissão de vídeo em redes. Alguns exemplos: H.264, MPEG-4. Um software ou hardware que realiza compressão de vídeo é chamado Codificador. Um software ou hardware que realiza o processo inverso (descompressão) é chamado Decodificador. Genericamente chamamos o sistema completo de CODEC (Codificador e Decodificador). Normalmente o codificador é usado no transmissor e o decodificador é usado no receptor. Quase sempre os dois módulos são unidos em um só software ou hardware, permitindo a transmissão nos dois sentidos (VASCONCELOS, 2010, p.9).

Para se ter uma sensação de continuidade é necessário que o vídeo tenha uma sequência de quadros, chamados *frames*, igual a 30 por segundo. Essa taxa é utilizada pelos principais sistemas de Televisão. Valores inferiores são percebidos pelos olhos humanos como falta de continuidade de movimentos. Para videoconferência, é aceitável que se opere em taxas de 10 e 15 quadros por segundo.

2.4.2 Uso de banda disponível

Quando o número de exibições simultâneas é maior, aumentará muito o uso da banda disponível, chegando a um ponto no qual os vídeos perderão qualidade devido às pausas. Providencias podem ser tomadas para se evitar este tipo de problema. Uma delas é, como o serviço está instalado em um servidor centralizado, podemos utilizar um switch com uma porta Gigabit, que possui maior largura de banda, para ligação do servidor (VASCONCELOS, 2010). No caso da nossa questão de estudo, deveremos optar por um sistema que possui uma maior largura de banda para transmitir o vídeo com uma maior capacidade de usuários simultâneos e consequentemente não estrangular o servidor que estiver hospedado o serviço.

3 REFERENCIAL METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE PESQUISA

Posterior a escolha do tema, foi realizada uma pesquisa aplicada descritiva de natureza bibliográfica e documental de obras que tratam do uso do 4G/LTE em situações civis e militares. Além de pesquisa experimental através da simulação de dados em *software*.

Visamos analisar os motivos pelos quais o Exército Brasileiro introduziu novas tecnologias de Comunicações, dando início a um elevado crescimento de importância desta área no cenário atual, sendo o motivo pelo qual o trabalho está sendo desenvolvido, visando melhorar as tecnologias utilizadas pela arma de comunicações do Exército Brasileiro. Para isso, como forma de comparar os sistemas que estão sendo utilizados pelo Exército na atualidade (VHF) e visando uma possível melhora para o sistema LTE, utilizamos uma calculadora de banda de rede do software de transmissão de vídeo OpenMeetings (2019) para comparar o melhor sistema para realizar vídeo chamadas em ambiente de combate.

As variáveis da pesquisa foram: a resolução, ou seja, a qualidade da imagem na transmissão de vídeo, quantidade de usuários realizando a vídeo-chamada ao mesmo tempo, segurança e interoperabilidade do sistema.

Esta pesquisa foi desenvolvida por meio de um computador pessoal com o sistema operacional *Windows10* instalado e através do navegador *Google Chrome* acessando a Rede Mundial de Computadores.

3.2 MÉTODO

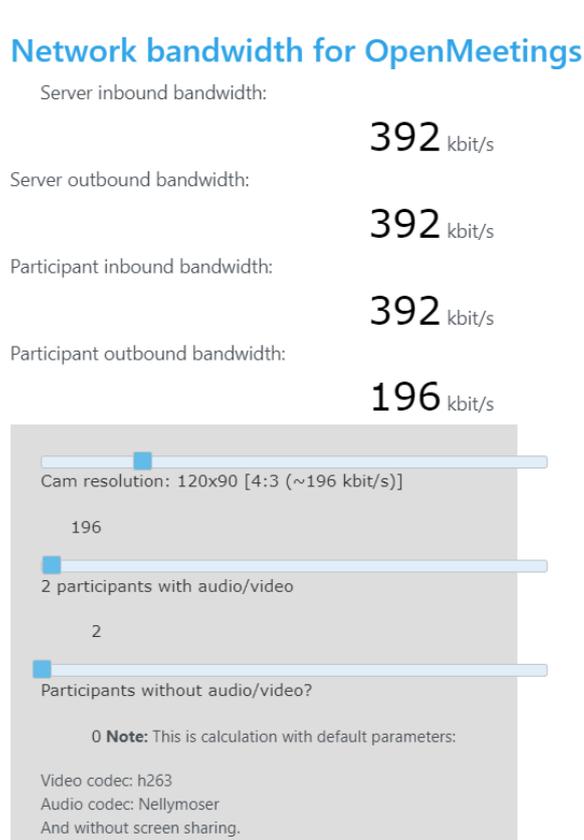
Os dados dos equipamentos que serão aplicados nesta calculadora serão retirados dos manuais disponibilizados pelas fabricantes *Harris* (2017) e *Airbus* (2019), encontrados através de uma pesquisa bibliográfica, as quais divulgam a velocidade média de transmissão de seus equipamentos comercializados para exércitos do mundo todo.

Por fim, para confirmar a pesquisa bibliográfica, pelo cruzamento das informações existentes nos materiais apresentados neste trabalho, comparamos quais das tecnologias proporcionam a maior participação de usuários simultâneos em uma rede com uma transmissão em tempo real de áudio e vídeo.

3.2.1 Calculadora de banda de rede

O site do software OpenMeetings (2019) proporciona a ferramenta chamada *Network bandwidth for OpenMeetings*, a qual será utilizada para calcular e evidenciar o sistema de comunicações que poderia melhor atender o Exército em chamadas de vídeo. Na imagem abaixo podemos verificar a interface da calculadora. Este *software*, correlaciona a velocidade de uma conexão de dados com os parâmetros abaixo da figura:

Figura 11 – Modelo de Largura de Banda para *OpenMeetings*



Fonte: OPENMEETINGS, 2019.

No item *Participant inbound bandwidth*, iremos regular a velocidade, em Kbit/s, com o sistema que será analisado. Vale lembrar que neste campo somente é aceito valores arredondados pela calculadora, portanto, será realizada uma aproximação nos dados inseridos.

No campo *Cam resolution*, podemos verificar a resolução de vídeo que estará sendo transmitida na situação simulada, afetando diretamente na qualidade da imagem que o usuário estará visualizando.

Por fim, no item *participants with áudio/vídeo*, iremos simular quantos usuários poderão estar participando, simultaneamente, de uma chamada com áudio e vídeo.

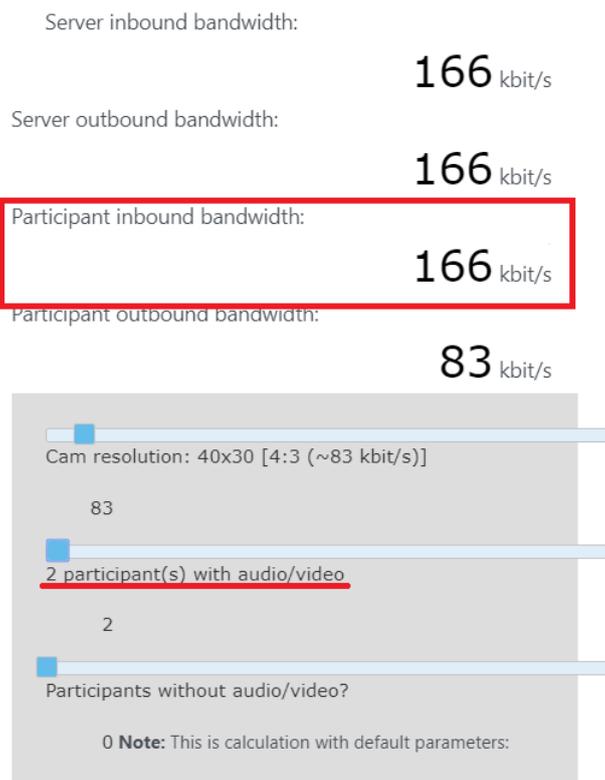
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na busca por uma resposta ao problema que norteou a pesquisa, chegamos aos resultados que se seguem.

Utilizando a calculadora exposta no presente trabalho, podemos visualizar o resultado encontrado com a inserção de dados do sistema VHF utilizado atualmente pelo Exército Brasileiro:

Figura 12 – Resultado da inserção de dados do sistema VHF na calculadora

Network bandwidth for OpenMeetings

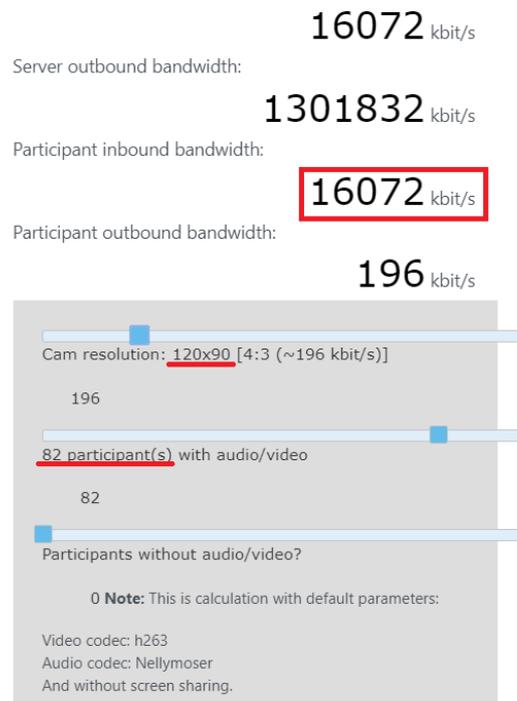


Fonte: AUTOR, 2019.

Podemos verificar acima que foi possível, com uma resolução de câmera 40x30, realizar uma vídeo conferência com áudio e vídeo com até 2 participantes simultaneamente. Levando em consideração que a taxa de transmissão de dados do rádio Harris Falcon III RF-7800M-MP é de um pouco mais de 120 kbit/s, dado esse retirado do manual da própria fabricante.

Para o sistema 4G/LTE, podemos verificar o seguinte resultado abaixo:

Figura 13 – Resultado da inserção de dados do sistema 4G/LTE na calculadora



Fonte: AUTOR, 2019.

Neste outro resultado, podemos verificar que o sistema 4G/LTE apresentou um melhor desempenho no quesito transmissão de vídeo. Percebeu-se que em uma transmissão com qualidade de vídeo três vezes melhor que a anterior, seria possível participar um total de 82 participantes ao mesmo tempo. Levando em consideração que a taxa publicada no manual foi de 16Mbit/s, ou seja, 16000 Kbit/s em uma conversão direta. Então, no quesito velocidade de transmissão e capacidade de transmissão de vídeo simultânea, foi concluído a superioridade do sistema 4G/LTE.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscando resgatar e responder nossos objetivos específicos delimitados em nossa introdução, apresentamos as seguintes considerações finais.

Analisando as capacidades e limitações de um sistema LTE, no quesito interoperabilidade verifica-se que o sistema 4G/LTE se mostra mais eficaz, pois, nos dias atuais, a infraestrutura das operadoras de telefonia celular de todo o mundo está desenvolvida, portanto, em caso de conflito, este sistema pode ser apropriado e utilizado, agregando uma maior qualidade e alcance do sistema. Já os aparelhos da empresa Harris (2017), se integram a sistemas rádio da própria fabricante, limitando-se a instalação e aquisição de novos equipamentos neste caso.

Além disso, a Agência Nacional de Telecomunicações aprovou uma resolução autorizando o uso da faixa de frequência necessária para a utilização do LTE na área de segurança:

CONSIDERANDO o crescimento da demanda por serviços móveis terrestres com operação em banda larga, inclusive de órgãos de segurança pública e do setor de infraestrutura; [...]art. 3º Destinar a faixa de radiofrequências de 703 MHz a 708 MHz e 758 MHz a 763 MHz adicionalmente ao Serviço Limitado Privado (SLP), em aplicações de segurança pública, defesa nacional e infraestrutura, em caráter primário (BRASIL, 2013, p. 2).

Analisando o quesito de segurança de ambas as tecnologias, percebe-se que o sistema VHF possui uma vantagem sobre o LTE, pois os manuais de operação dos equipamentos detalham os sistemas de criptografia presentes, como chaves criptográficas de 128 bits e 256 bits. Característica essa que não apresenta o sistema da empresa Airbus (2019), confirmando, assim, o trabalho de Pedrinho (2019), o qual apresentou em seu trabalho que em Operações de Paz, onde a Guerra Eletrônica inimiga não se faz presente, o 4G/LTE é um meio muito eficiente. Diferente das Operações Defensivas e Ofensivas, onde há um inimigo que pode ter esta capacidade.

Analisando a possibilidade de integração do sistema 4G ao SISTAC, foi percebido que tanto doutrinariamente quanto tecnicamente seria uma possibilidade viável de utilização. Pois, doutrinariamente, os manuais do Exército Brasileiro não precisariam ser mudados, visto que os princípios dos sistemas utilizados na atualidade seriam os mesmos utilizados para o emprego da nova tecnologia. E tecnicamente, o 4G poderia ser empregado junto aos *shelters* do atual SISTAC, que possuem uma infraestrutura já compatível.

Percebe-se, então, que o sistema 4G/LTE venceu o comparativo que realizamos acima no quesito velocidade de banda, interoperabilidade e disponibilidade de faixa de frequência feita pela Agência Nacional de Telecomunicações. Contudo, no que se refere a segurança do sinal, percebemos uma superioridade do atual sistema VHF que o Exército Brasileiro utiliza no atual Sistema Tático de Comunicações.

E, compreendendo a transmissão de vídeo em redes, percebemos que o um sistema LTE traria uma grande melhoria na transmissão de vídeo em tempo real, pois aumentaria significativamente a velocidade, qualidade e número de usuário simultâneos em comparação ao atual sistema VHF.

Por fim, conclui-se que é possível e eficaz a implementação de um sistema 4G/LTE ao Sistema Tático de Comunicações (SISTAC), o que traria uma grande vantagem, facilidade nas Operações de Paz, podendo realizar uma grande integração com outros órgãos de segurança nacionais. Adquirir um sistema com esta grande capacidade de transmissão de dados, traria uma grande evolução não só para as tropas de comunicações do Exército Brasileiro, mas para toda a Força Terrestre.

REFERÊNCIAS

ACADEMIA MILITAR DAS AGULHAS NEGRAS (AMAN). Curso de Comunicações. VOIP. Resende: Acadêmica, 2015.

ACADEMIA MILITAR DAS AGULHAS NEGRAS (AMAN). Curso de Comunicações. TEC MIL VII Conteúdo 08-SNT. Resende: Acadêmica, 2017.

AIRBUS SECURE COMMUNICATIONS. **Wireless tactical communications system for theatres of operations**. Disponível em: <<http://www.securecommunications-airbusds.com/products-solutions/hybrid-networks/blr-lte-2/>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

AMARO, Lucio Pinheiro. **O Batalhão de Comunicações e Guerra Eletrônica no Exército Brasileiro, uma nova estrutura de capacidades**. Eb revista, [S.L], dez. 2013.

APACHE OPEN MEETINGS. **Network bandwidth for OpenMeetings**. Disponível em: <<https://openmeetings.apache.org/networkcalculator.html>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

BRASIL, Secretaria Geral do Exército. Portaria n. 734, de 19 agosto de 2010. **Conceitua Ciências Militares**: estabelece a sua finalidade e delimita o escopo de seu estudo. Disponível em: <http://www.decex.ensino.eb.br/port/_port_2010/port734_decex_de_19_ago_2010.pdf>. Acesso em: 17 dez.2018.

BRASIL. Agência Nacional de Telecomunicações. Resolução nº 625, de 2013. **Aprova a Atribuição, a Destinação e o Regulamento sobre Condições de Uso de Radiofrequências na Faixa de 698 MHz a 806 MHz**. Brasília, DF, 13 nov. 2013. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2013/644-resolucao-625>>. Acesso em: 04 maio. 2019.

BRASIL. **Estratégia Nacional de Defesa: Paz e segurança para o Brasil**. (Decreto nº 6.703, de 18 de dezembro de 2008. Aprova a Estratégia Nacional de Defesa, e dá outras providências). 2ª ed. Brasília: Ministério da Defesa, 2008a.

_____. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **C 11-1**: emprego das comunicações. 2. ed. Brasília: EGGCF, 2002.

_____. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **C 11-30**: As Comunicações na Brigada. 1. ed. Brasília: EGGCF, 1998.

_____. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **C 11-61**: As Comunicações na Divisão de Exército. 1. ed. Brasília: EGGCF, 1995.

_____. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **EB20-MC-10.205**: COMANDO E CONTROLE. 1. ed. Brasília: EGGCF, 2015.

_____. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **EB70-MC-10**: As Comunicações na Força Terrestre. 1. ed. Brasília: EGGCF, 2018.

_____. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **EB20-MF-10.102**: Manual de Fundamentos: Doutrina Militar Terrestre. 1. ed. Brasília: EGGCF, 2014.

CARMO, W. B. D. et al. **O EMPREGO DO SISTEMA DE COMUNICAÇÕES DE ÁREA DO 1º BATALHÃO DE COMUNICAÇÕES COM EM APOIO ÀS OPERAÇÕES**. *EB Revista*, ARTIGOS DO 4º SEMINÁRIO DE EDUCAÇÃO DA EASA, jan. 2014.

CENTRO TECNOLÓGICO DO EXÉRCITO. **Módulo de Telemática Operacional (MTO)**. Disponível em: <<http://www.ctex.eb.mil.br/projetos-finalizados/95-modulo-de-telematica-operacional-mto>>. Acesso em: 03 fev. 2019.

DEFESANET. **CDCiber - Exército e Itaipu ampliam investimentos em defesa cibernética**. Set. 2017. Disponível em: <[http://www.defesanet.com.br/cyberwar/noticia/26999/cdciber---exercito-e-itaipu-ampliam-investimentos-em-defesa-cibernetica/-/](http://www.defesanet.com.br/cyberwar/noticia/26999/cdciber---exercito-e-itaipu-ampliam-investimentos-em-defesa-cibernetica/)>. Acesso em: 12 jan. 2019.

DEFESANET. **O maior evento brasileiro de defesa cibernética, comunicações e guerra eletrônica**. Abril. 2018. Disponível em: <[http://www.defesanet.com.br/cyberwar/noticia/29114/o-maior-evento-brasileiro-de-defesa-cibernetica--comunicacoes-e-guerra-eletronica/-/](http://www.defesanet.com.br/cyberwar/noticia/29114/o-maior-evento-brasileiro-de-defesa-cibernetica--comunicacoes-e-guerra-eletronica/)>. Acesso em: 12 jan. 2019.

DINIZ, Augusto César. **Bloqueio eletrônico à ERB de telefonia móvel: análise de caso de um bloqueio eletrônico de ponto sobre uplink em enlaces 4G LTE**. / Augusto César Diniz – Brasília: Centro de Instrução de Guerra Eletrônica, 2017.

EFAGUNDES. **Evolução da telefonia móvel**. Disponível em: <<https://efagundes.com/networking/sistema-de-telefonia-movel/evolucao-da-telefonia-movel/>>. Acesso em: 14 fev. 2019.

HARRIS. **HARRIS FALCON III® RF-7800M-MP**. 2017. Disponível em: <<http://kompas-telekom.com/pdf/harris/rf-7800m-mp.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

MAZZONI, Victor de Souza. **Análise Histórica e Funcional das Redes 4G LTE**. 2014. Monografia Faculdade de Sistemas de Informação, Universidade de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014.

MOTOROLA SOLUTIONS. **Lte device management: what you need to know**. Disponível em: <https://www.motorolasolutions.com/content/dam/msi/docs/business/products/accessories/j_-_1/lex700/document/_staticfiles/lte_device_management_white_paper.pdf>. Acesso em: 20 set. 2018.

NISHIMORI, Flávio. **Ministro da Defesa ressalta importância do Satélite Geoestacionário para soberania do País**. Ministério da Defesa, [S.L], jan. 2017. Disponível em: <<http://www.fab.mil.br/noticias/mostra/28971/ESPA%C3%87O%20%E2%80%93%20Ministro%20da%20Defesa%20ressalta%20import%C3%A2ncia%20do%20Sat%C3%A9lite%20Geoestacion%C3%A1rio%20para%20soberania%20do%20Pa%C3%ADs>>. Acesso em: 14 jan. 2019.

PEDRINHO, S. M. (2017). **Análise do uso do LTE-A MCC entre os militares** em Lisboa. RODRIGUES, Marcio Eduardo da Costa. **Telefonia Celular**. 2000. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica, Rio de Janeiro.

SALLES, Ronaldo M.; MOURA, David F. C.; SILVA, Jeronymo M. A. Carvalho E Marcelo R.. **Novas perspectivas tecnológicas para o emprego das comunicações no Exército Brasileiro**. Miolo Revista, [S.L], mai./ago. 2008.

SHARMA, Pankaj. **Evolution of Mobile Wireless Communication Networks-1G to 5G as well as Future Prospective of Next Generation Communication Network**. 2013. Department of Computer Science, Abhilashi Educational Society, Ner Chowk, Mandi, Himachal Pradesh, India, 2013.

SILVA, Joyce Queiroz, MOREIRA, Leonardo Henrique. **Avaliação de desempenho de classes de tráfego em redes sem fio adaptativas** / Joyce Queiroz e Silva; Leonardo Henrique Moreira. - Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2011.

TECNOBLOG. 4g/lte: saiba como o 4g funciona. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/88088/lte-4g-como-funciona/>>. Acesso em: 03 set. 2018.

TELECO. **Lte: evolução das redes móveis**. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialintlte/pagina_2.asp>. Acesso em: 12 fev. 2019.

VASCONCELOS, Adriana Cristina Duarte de Almeida. **O Legado Dos Grandes Eventos Para a Segurança Pública No Brasil**. 2018. Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília-DF, 2018.

VASCONCELOS, Laércio. **Transmissão de vídeo em redes**. 2010. Disponível em: <<http://www.laercio.com.br/transmissao-de-videos-em-redes/>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

VITEC, Jean Visconte. **Solving the top three challenges in military streaming**. MILITARY EMBEDDED SYSTEMS, [S.L], set. 2017. Disponível em: <<http://mil-embedded.com/guest-blogs/solving-the-top-three-challenges-in-military-streaming/>>. Acesso em: 19 dez. 2018.

WIKIPEDIA. **Apache OpenMeetings**. Mar. 2019. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/apache_openmeetings>. Acesso em: 24 abr. 2019.