

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS

Cap Com FELLIPE CORREIA MACIEL

O SISTEMA DE COMUNICAÇÕES DE COMANDO NA DIVISÃO DE EXÉRCITO

RIO DE JANEIRO

2022

Cap Com FELLIPE CORREIA MACIEL

O SISTEMA DE COMUNICAÇÕES DE COMANDO NA DIVISÃO DE EXÉRCITO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais como requisito parcial para a obtenção do grau especialização em Ciências Militares.

Orientador: Cap Com Rodolfo Azevedo Maymone

RIO DE JANEIRO

2022

Ficha catalográfica elaborada pelo Bibliotecário Francisco José de Paula Junior
CRB7/6686

M152

Maciel, Fellipe Correia.

O sistema de comunicações de comando na Divisão de Exército / Fellipe Correia Maciel – 2022.

63 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, Rio de Janeiro, 2022.

Orientação: Cap. Rodolfo de Azevedo Maymone

1. Divisão de Exército. 2. Sistema de comunicações de comando. 3. Comando e controle. I Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais. II Título.

CDD: 355




MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS
(EsAO/1919)

DIVISÃO DE ENSINO E PESQUISA / CURSO DE COMUNICAÇÕES


Ao Cap Com FELLIPE CORREIA MACIEL

O Presidente da Comissão de Avaliação do TCC, cujo título é O SISTEMA DE COMUNICAÇÕES DE COMANDO NA DIVISÃO DE EXÉRCITO, informa à Vossa Senhoria o seguinte resultado da deliberação: **APROVADO** com o conceito **EXCELENTE**.


Rio de Janeiro, 20 de setembro de 2022



CARLOS ANDRE DOS SANTOS MEIRELLES DE ANDRADE - Maj
Presidente



RODOLFO DE AZEVEDO MAYMONE - Cap
1º Membro



ROGÉRIO GOMES BARBOSA JÚNIOR - Cap
2º Membro

CIENTE: 

FELLIPE CORREIA MACIEL - Cap
Postulante

RESUMO

O presente estudo busca descrever a estruturação e o funcionamento adequados para o Sistema de Comunicações de Comando de uma Divisão de Exército permitir ao seu comandante e Estado-Maior o efetivo exercício do comando e controle nas operações. A partir de uma extensa pesquisa bibliográfica e da consulta a especialistas, foram identificadas os serviços de rede necessários e as características dos meios de comunicações exigidas no âmbito da Divisão de Exército. Após a análise dos resultados, foi formulada uma proposta para a redação do capítulo 5 – Sistema de Comunicações do Escalão Apoiado, do manual EB70-MC-10.2XX Batalhões de Comunicações, no que se refere ao Sistema de Comunicações de Comando.

Palavras-chave: Divisão de Exército. Sistema de Comunicações de Comando. Comando e controle.

ABSTRACT

The present study aims to describe the structuring and proper functioning of the Command Communications System of an Army Division to allow its commander and staff the effective exercise of command and control in operations. Based on an extensive literature search and consultation with specialists, the necessary network services and the characteristics of the means of communication required within the Army Division were identified. After analyzing the results, a proposal was made for the chapter 5 – Supported Echelon Communications System, of the manual EB70-MC-10.2XX Signals Battalions, with regard to the Command Communications System.

Keywords: Division. Command Communications systems. Command and control.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arquitetura típica de uma rede óptica passiva	13
Figura 2 – Exemplo de desdobramento de pontes de rede sem fio	18
Figura 3 – Exemplo de organização de uma Divisão de Exército	19

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Necessidade de desdobramento do SCC no escalão DE	37
Gráfico 2 – Independência entre o Sistema de Comunicações de Área e o Sistema de Comunicações de Comando	37
Gráfico 3 – Características dos meios e sistemas de TIC para a transmissão de voz n3 âmbito da DE	38
Gráfico 4 – Características dos meios e sistemas de TIC para a transmissão de dados, em torno de 500 kbps, no âmbito da DE	39
Gráfico 5 – Características dos meios e sistemas de TIC para a transmissão de dados, em torno de 5 mbps, no âmbito da DE	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Princípios das comunicações e sua conceituação	08
Quadro 2 – Meios de comunicações, suas vantagens e desvantagens	10
Quadro 3 – Componentes de uma rede óptica passiva e suas características.....	12
Quadro 4 – Características das redes móveis <i>ad hoc</i>	15
Quadro 5 – Sistemas de TIC e serviços de rede estabelecidos em proveito da DE	21
Quadro 6 – Capacidades de comando e controle e seus recursos	26
Quadro 7 – Subsistemas do LCSS, sua definição e sua constituição	27
Quadro 8 – Níveis de largura de banda, sua definição e serviços de rede que podem ser estabelecidos	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALE	<i>Automatic Link Establishment</i>
As Civ	Assuntos Cíveis
Av Ex	Aviação do Exército
B Cmdo Com Div	Batalhão de Comando e Comunicações Divisionário
B Com GE	Batalhão de Comunicações e Guerra Eletrônica
B Com	Batalhão de Comunicações
C Com	Centro de Comunicações
C Ex	Corpo de Exército
CComGEx	Comando de Comunicações e Guerra Eletrônica do Exército
Cia Ap Log	Companhia de Apoio Logístico
Cia Cmdo Com PC Altn	Companhia de Comando e Comunicações de Posto de Comando Alternativo
Cia Cmdo Com PCP	Companhia de Comando e Comunicações de Posto de Comando Principal
Cia Com Nd	Companhia de Comunicações Nodal
Ciber	Cibernética
CN	Centro Nodal
Comp	<i>Composite</i>
COMSEC	<i>Communication security</i>
COTER	Comando de Operações Terrestres
DE	Divisão de Exército
Div	Divisão
DMT	Doutrina Militar Terrestre
DQBRN	Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear
EB	Exército Brasileiro

EC	Exército Canadense
ECEME	Escola de Comando e Estado-Maior do Exército
EIR	Equipamento de Interface de Rede
EME	Estado-Maior do Exército
EPR	Equipamento de Ponte de Rede
ERB	Estação Rádio Base
ERC	Equipamento Rádio de Campanha
EsAO	Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais
F Ter	Força Terrestre
FAC2FTer	Família de Aplicativos de Comando e Controle da Força Terrestre
FDT	Fio Duplo Telefônico
G Ciber	Guerra Cibernética
G Cmdo Op	Grande Comando Operativo
GCR	Guerra Centrada em Redes
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HF	<i>High Frequency</i>
IM	Inteligência Militar
IP	<i>Internet Protocol</i>
IRVA	Sensores de Inteligência, Reconhecimento, Vigilância e Aquisição de Alvos
LAN	<i>Local Area Network</i>
LCSS	<i>Land Command Support System</i>
LTE	<i>Long Term Evolution</i>
MANET	<i>Mobile Ad hoc Network</i>
MEM	Material de Emprego Militar
MHz	Mega Hertz
Msg	Mensageiro
NA	Nó de Acesso
OCCA	Operações de Cooperação e Coordenação com Agências

ODN	<i>Optical Distribution Network</i>
OLT	<i>Optical Line Terminal</i>
OM	Organização Militar
ONT	<i>Optical Network Terminal</i>
ONU	<i>Optical Network Unit</i>
Op Esp	Operações Especiais
Op Psc	Operações Psicológicas
OSI	<i>Open Systems Interconnection</i>
OTAN	Organização do Tratado do Atlântico Norte
P25	<i>Project 25</i>
PACE	<i>Primary, alternative, contingency and emergency</i>
PAN	<i>Platform Area Network</i>
PC Altn	Posto de Comando Alternativo
PC	Posto de Comando
PCP	Posto de Comando Principal
PCR	Posto de Comando Recuado
PCT	Posto de Comando Tático
PE	Polícia do Exército
Pel Ap Log	Pelotão de Apoio Logístico
PMP	Ponto-multiponto
PON	<i>Passive Optical Network</i>
PSTN	<i>Public Switched Telephone Network</i>
PTP	Ponto-a-ponto
QEMA	Quadro de Estado-Maior
Rede LTE	Rede de comunicações baseada no protocolo <i>Long Term Evolution</i>
Rede P25	Rede de comunicações baseada no protocolo <i>Project 25</i>
SAM	Sistema de Assinante Móvel
SCA	Sistema de Comunicações de Área
SCC	Sistema de Comunicações de Comando

Sec Cmndo	Seção de Comando
SG	Sistema de Gerenciamento
SISTAC	Sistema Tático de Comunicações
SisTEx	Sistema de Telemática do Exército
STP	<i>Shielded Twisted Pair</i>
TacC2IS	<i>Tactical Command and Control Information System</i>
TacComms	<i>Tactical Communicatios</i>
TacNet	<i>Tactical Network</i>
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicações
Tr Div	Tropas da Divisão
TRANSEC	<i>Transmission security</i>
U/Su Ind	Unidade/Subunidade independente
UHF	<i>Ultra High Frequency</i>
UTP	<i>Unshielded Twisted Pair</i>
VHF	<i>Very High Frequency</i>
VoIP	<i>Voice over Internet Protocol</i>
VPN	<i>Virtual Private Network</i>
Z Aç	Zona de Ação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	4
1.1	PROBLEMA	4
1.1.1	Antecedentes do problema	5
1.1.2	Formulação do problema	5
1.2	OBJETIVOS	6
1.3	QUESTÕES DE ESTUDO	6
1.4	JUSTIFICATIVA	7
2	REVISÃO DA LITERATURA	8
2.1	FUNDAMENTOS PARA O EMPREGO DAS COMUNICAÇÕES	8
2.1.1	Princípios das Comunicações	8
2.1.2	Meios de comunicações	10
2.1.2.1	Generalidades	10
2.1.2.2	Circuitos físicos	11
2.1.2.2.1	Generalidades	11
2.1.2.2.2	Rede Óptica Passiva	12
2.1.2.3	Sistemas de comunicações por rádio	14
2.1.2.3.1	Rede de comunicações de alta capacidade em visada direta	14
2.1.2.3.2	Rede de comunicações móveis ad hoc	14
2.1.2.3.3	Rede de comunicações em muito alta frequência	15
2.1.2.3.4	Rede de comunicações em alta frequência	16
2.1.2.3.5	Pontes de Rede Sem Fio (PRS)	17
2.2	A DIVISÃO DE EXÉRCITO	18
2.2.1	Missão	18
2.2.2	Organização	19
2.2.3	Capacidades operativas	20
2.2.4	Serviços de Tecnologia da Informação e Comunicações (TIC)	20
2.3	O SISTEMA DE COMUNICAÇÕES EM APOIO AO ESCALÃO DIVISÃO NO EXÉRCITO BRASILEIRO	21
2.3.1	Generalidades	21

2.3.2	O Sistema de Comunicações de Área	22
2.3.3	O Sistema de Comunicações de Comando	24
2.4	O SISTEMA DE COMUNICAÇÕES EM APOIO AO ESCALÃO DIVISÃO NO EXÉRCITO CANADENSE	24
2.4.1	Generalidades	24
2.4.2	Capacidades de TIC	25
2.4.3	Arquitetura do sistema de comunicações divisionário	26
2.4.3	Características dos meios de enlace físico de dados	28
3	METODOLOGIA	30
3.1	OBJETO FORMAL DE ESTUDO	31
3.2	DELINEAMENTO DA PESQUISA	30
3.3	AMOSTRA	31
3.3.1	Critérios de inclusão	32
3.3.2	Critérios de exclusão	32
3.4	PROCEDIMENTOS PARA A REVISÃO DA LITERATURA	32
3.4.1	Critérios de inclusão	32
3.4.2	Critérios de exclusão	33
3.5	INSTRUMENTOS	33
3.6	ANÁLISE DE DADOS	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1	RESULTADO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	35
4.2	RESULTADO DO QUESTIONÁRIO	36
5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	41
5.1	O SISTEMA DE COMUNICAÇÕES DE COMANDO	41
5.2	SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES POR RÁDIO	41
5.3	SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES POR CIRCUITOS FÍSICOS	42
6	CONCLUSÃO	44
	REFERÊNCIAS	45
	APÊNDICE A – Questionário	47
	APÊNDICE B – Minuta inicial do Capítulo V (Sistema de comunicações do escalão apoiado) do manual de campanha EB70-MC-10.2XX Batalhões de Comunicações	50

1 INTRODUÇÃO

A história do desenvolvimento dos sistemas de comunicações pode ser contada por meio de recortes temporais que englobam os principais conflitos militares dos séculos XX e XXI. Inicialmente, na Primeira Guerra Mundial (1914 – 1918), os circuitos físicos foram largamente utilizados para interligar as trincheiras dos campos de batalha, fazendo fluir as mensagens entre os postos de comando e as posições mais distantes do front. Pouco mais de vinte anos depois, o rádio desempenhou papel fundamental para as comunicações na Segunda Grande Guerra (1939 – 1945), tanto dos exércitos Aliados, quanto dos países do eixo Roma-Berlim-Tóquio, tendo sido empregado desde as pequenas frações, até as ligações intercontinentais.

Em 1990, o mundo assistiu pela televisão a transmissão ao vivo da Primeira Guerra do Golfo, fato inédito até então, envolvendo as forças da coalizão liderada pelos Estados Unidos da América contra o Iraque, visando a reestabelecer a soberania do Kuwait. Já nos anos de 2010, o aprimoramento das técnicas de transmissão de dados permitiu o acompanhamento de ações táticas em tempo real, quando da neutralização de Osama Bin Laden, a partir de um centro de comando e controle situado a milhares de quilômetros do local do evento.

Portanto, os conflitos armados mais recentes evidenciam o incremento significativo das comunicações, coordenando ações no campo de batalha com meios cada vez mais complexos. Essa revolução tecnológica provocou profundas mudanças na arte da guerra, produzindo alterações na organização e na doutrina de forças armadas de todo o mundo.

1.1 PROBLEMA

Serão abordados os antecedentes do problema, a fim de possibilitar a compreensão dos fatores que o motivaram. Em seguida, será apresentado o problema propriamente dito, delimitando o objeto sobre o qual é centrada a investigação.

1.1.1 Antecedentes do problema

Em que se pese a evolução tecnológica, alguns conceitos e ideias ainda carecem de revisão no Exército Brasileiro, como é o caso do Sistema de Comunicações de Comando (SCC) na Divisão de Exército (DE), cujo marco doutrinário, o manual de campanha C11-61 Comunicações na Divisão de Exército, data do ano de 1995. Para fins de comparação, o conceito da Guerra Centrada em Redes (GCR – *Net-Centric Warfare*) só começaria a ser desenvolvido a partir do ano seguinte. Hoje, sua aplicação é fundamental para o exercício do comando e controle nas operações militares (BRASIL, 2015c, p. 2-9 a 2-13).

Com efeito, o Manual de Fundamentos EB20-MF-10.102 – Doutrina Militar Terrestre estabelece que “a Doutrina Militar Terrestre deve ser permanentemente atualizada em função da evolução da natureza dos conflitos, resultado das mudanças da sociedade e da evolução tecnológica” (BRASIL, 2019, p. 1-1).

O Exército Brasileiro tem passado por um intenso processo de transformação, o que implica na necessidade de atualização da doutrina, com importantes repercussões sobre o preparo e o emprego dos meios da Força Terrestre (F Ter), como consequência da adoção de novos meios de emprego militar (MEM), reorganização das unidades operativas e maior flexibilidade do desdobramento para o combate.

Com efeito, verifica-se a existência de oportunidades de melhoria nos atuais manuais de campanha que tratam da estrutura do SCC, uma vez que estes são documentos editados há mais de dezenove anos e que não apresentam uma descrição suficiente e atual, compatível com a evolução do combate moderno.

1.1.2 Formulação do problema

O manual de campanha EB70-MC-10.241 As Comunicações na Força Terrestre define Sistema de Comunicações de Comando (SCC) da seguinte forma:

Conjunto de meios de comunicações destinados a atender às necessidades específicas de um escalão de comando em operações, ligando, basicamente, um comando a seus subordinados, desde o estado de paz até o conflito armado (estado de guerra), passando pela crise. (BRASIL, 2018, p. 3-4).

Contudo, nos produtos doutrinários que norteiam o apoio de comunicações na Divisão de Exército e o emprego do seu batalhão de comunicações orgânico, quais sejam, os manuais de campanha C11-61 Comunicações na Divisão de Exército, 1ª edição, 1995, e o C11-20 Batalhão de Comunicações, 1ª edição, 2003, respectivamente, não se percebe a descrição detalhada da estruturação e do funcionamento do SCC. Além disso, o desenvolvimento de novas tecnologias e sistemas de tecnologia da informação e comunicações (TIC) torna oportuno uma revisão de conceitos doutrinários passados.

Nesse contexto, o problema de pesquisa é expresso por meio do seguinte questionamento: atualmente, qual a estrutura apropriada para o Sistema de Comunicações de Comando de uma Divisão de Exército, a fim de proporcionar ao seu comandante e Estado-Maior o efetivo exercício do comando e controle?

1.2 OBJETIVOS

No curso da pesquisa, o objetivo geral a ser perseguido será descrever estrutura para o funcionamento do Sistema de Comunicações de Comando em uma Divisão de Exército.

Para atingi-lo, revelam-se necessários os objetivos específicos dispostos a seguir:

- a) Apresentar os fundamentos para o emprego das comunicações;
- b) Apresentar a organização, a missão e as capacidades da Divisão de Exército;
- c) Descrever o sistema de comunicações em apoio ao escalão divisão no exército brasileiro;
- d) Descrever o sistema de comunicações em apoio ao escalão divisão no exército canadense, abordando suas semelhanças e diferenças, em comparação com o exército brasileiro.
- e) Propor uma sugestão de estruturação do Sistema de Comunicações de Comando de uma Divisão de Exército.

1.3 QUESTÕES DE ESTUDO

No curso da pesquisa, a fim de permitir a consecução dos objetivos geral e específicos, serão respondidas as seguintes questões de estudo:

- a) Quais os fundamentos que alicerçam o emprego das comunicações?
- b) Como a doutrina atual trata da organização, missão e capacidades da divisão de exército?
- c) Como se apresenta o sistema de comunicações em apoio ao escalão divisão no exército brasileiro?
- d) Como se apresenta o sistema de comunicações em apoio ao escalão divisão no exército canadense e quais suas semelhanças e diferenças, em comparação com o exército brasileiro?

1.4 JUSTIFICATIVA

A presente pesquisa coaduna-se com o prescrito no Plano Estratégico do Exército 2020-2023, particularmente quanto à atividade de “aperfeiçoar e reestruturar o Apoio de Comunicações à Força Terrestre” (BRASIL, 2020). Ao mesmo tempo, alinha-se com o Plano de Desenvolvimento da Doutrina Militar Terrestre, edição 2021, que prevê a elaboração do manual EB70-MC-10.3XX Batalhões de Comunicações para o triênio 2021-2023.

Nessa direção, é necessária uma atualização dos manuais de campanha que orientam o preparo e emprego da F Ter, particularmente, aqueles que tratam da função de combate comando e controle, haja vista a importância testemunhada nos últimos anos, nos quais novas tecnologias e MEM foram introduzidas no campo de batalha, e da necessidade de proporcionar consciência situacional em todos os escalões de emprego.

Dessa forma, a presente pesquisa é relevante para o adensamento da doutrina e contribuirá com as vertentes do ensino e do preparo e emprego, permitindo a maior capacitação dos recursos humanos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 FUNDAMENTOS PARA O EMPREGO DAS COMUNICAÇÕES

2.1.1 Princípios das Comunicações

O manual de campanha EB70-MC-10.241 As Comunicações na Força Terrestre elenca catorze princípios que devem ser considerados no planejamento e na execução do apoio de comunicações às organizações militares operativas do Exército. Contudo, esses conceitos não são absolutos: os comandantes, em todos os níveis, devem priorizar uns em detrimento de outros, levando em conta os fatores da decisão (BRASIL, 2018, p. 2-8).

No quadro 1 são apresentados os princípios das comunicações, considerando, também, ideias constantes em outros produtos doutrinários nacionais, mas, sempre coadunadas com o constante no manual EB70-MC-10.241.

Princípio	Conceituação
Tempo integral	(1) Funcionamento durante todas as horas do dia, a fim de manter fluxo de informações ativo. (2) Manutenção da capacidade de comando e controle do escalão apoiado.
Rapidez	(1) Transmissão das mensagens em tempo hábil, para que possam surtir os efeitos desejados. (2) Rapidez no desdobramento e no processamento dos dados e das informações.
Amplitude do desdobramento	(1) Os sistemas de comunicações abrangem uma área geográfica larga e profunda, tendo seus meios desdobrados por todo o espaço de batalha, perfazendo as zonas de combate e de administração, além das zonas de interior e de defesa. (2) A dispersão dos ativos de comunicações implica problemas de coordenação, de segurança e de apoio logístico.
Integração	(1) Os sistemas de comunicações de determinado escalão se ligam com os do escalão superior e dos subordinados, formando uma estrutura homogênea e integrada, isto é, com a capacidade de trocar informações e completar ou complementar processos e serviços (2) Interoperabilidade entre os sistemas de comunicações das forças operando no teatro de operações.

Princípio (Cotn)	Conceituação (Cotn)
Interoperabilidade	<p>(1) Capacidade de os sistemas, unidades ou forças intercambiarem serviços ou informações, ou aceitá-los de outros sistemas, unidades ou forças, e os empregarem sem o comprometimento de suas funcionalidades.</p> <p>(2) A interoperabilidade é elemento essencial para a integração dos sistemas de comunicações, pois ela garante o fluxo de informações entre os escalões envolvidos.</p> <p>(3) Cinco níveis de interoperabilidade, em ordem crescente.</p> <p>(a) Nível 0: sistemas isolados (ambiente manual);</p> <p>(b) Nível 1: sistemas conectados (ponto a ponto);</p> <p>(c) Nível 2: sistemas funcionais (ambientes distribuídos);</p> <p>(d) Nível 3: sistemas interoperáveis por domínio (ambiente integrado);</p> <p>(e) Nível 4: sistemas interoperáveis por empreendimento (ambiente global).</p>
Flexibilidade	<p>(1) Capacidade de um sistema em adaptar-se a novas demandas decorrente da evolução dos acontecimentos.</p> <p>(2) Rápida adequação às novas situações de comando e às mudanças da finalidade das operações militares.</p>
Apoio em profundidade	<p>(1) O escalão superior apoia os escalões subordinados com seus meios de comunicações, tanto de pessoal, quanto de material, até as posições mais profundas da zona de combate.</p>
Continuidade	<p>(1) A operação dos sistemas de comunicações não pode sofrer interrupção, a fim de não causar prejuízo à capacidade de comando e controle do escalão apoiado.</p> <p>(2) Existência de sistemas redundantes e rotas alternativas.</p>
Confiabilidade	<p>(1) Os sistemas de comunicações devem manter sua eficácia, mesmo quando prejudicados por ações endógenas ou exógenas, provenientes do ambiente operacional, de danos internos ou de casos fortuitos.</p> <p>(2) Os enlaces alternativos e redundantes contribuem para aumentar a confiabilidade de um sistema de comunicações.</p>
Emprego centralizado	<p>(1) O apoio de comunicações é realizado de forma centralizada, reunindo seus meios em centros e eixos, a fim de possibilitar um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis.</p> <p>(2) Maior eficácia do apoio de comunicações, quando executado de maneira integrada do que com seus meios operando isoladamente.</p>
Apoio cerrado	<p>(1) O apoio cerrado proporciona comunicações mais eficientes, pois, ao encurtar as distâncias entre os escalões a serem ligados, permite reduzir ou eliminar eventuais problemas causados por elementos intermediários</p>
Segurança	<p>(1) Os sistemas de comunicações devem dispor de tecnologias, equipamentos e procedimentos que os permitam operar em ambiente de guerra eletrônica (GE) e cibernética (G Ciber), buscando impedir ou dificultar o acesso não autorizado às informações das forças amigas.</p> <p>(2) A segurança física das estruturas de comunicações e os procedimentos de operação dos equipamentos são fatores que contribuem para manutenção da segurança das comunicações.</p>
Prioridade	<p>(1) A estrutura de comunicações é estabelecida de forma escalonada, iniciando-se por aquelas mais essenciais à obtenção da plena capacidade de comando e controle.</p> <p>(2) A estrutura de comunicações é gradativamente expandida, segundo a disponibilidade de tempo, de pessoal e de material.</p>

Princípio (Cotn)	Conceituação (Cotn)
Simplicidade	(1) Os sistemas de comunicações devem ser estruturados da maneira mais simples possível, satisfazendo às necessidades que motivaram seu desdobramento (2) Possibilidade de problemas relacionados à operação e ao gerenciamento dos sistemas de comunicações, devido ao seu elevado grau de tecnologia incorporada e à sua natureza complexa.

Quadro 1 – Princípios das comunicações e sua conceituação.

Fonte: Compilação de dados feita pelo autor com base em informações extraídas dos manuais EB70-MC-10.241 As Comunicações na Força Terrestre e MD31-M-03 Doutrina para o Sistema Militar de Comando e Controle.

2.1.2 Meios de comunicações

2.1.2.1 Generalidades

Para estabelecer as ligações sob sua responsabilidade, os escalões de emprego da Força Terrestre dispõem de diferentes meios de comunicações, cujas características os tornam apropriados para determinados tipos de operações. Cabe ao planejador, considerando os fatores da decisão, selecionar os meios mais adequados a cada missão, conforme se observa no quadro 2.

Meio	Definição	Vantagens	Desvantagens
Físico	Os circuitos físicos são meios de comunicações confinados que transmitem dados a partir de impulsos elétricos ou feixes de luz, a exemplo dos cabos metálicos e de fibra óptica.	(1) É um meio bastante seguro, com baixa probabilidade de sofrer ação de GE ou G Ciber por parte do inimigo, já que é necessário o acesso físico a algum elemento do sistema	(1) O tempo e o terreno são fatores que devem ser considerados no planejamento dos circuitos físicos, pois podem constituir aspectos limitantes ou impeditivos para o seu estabelecimento.
Rádio	A comunicação por rádio é baseada na propagação de ondas eletromagnéticas, utilizando técnicas de modulação e multiplexação que permitem a transmissão de um grande volume de dados a longas distâncias.	(1) Rapidez no seu estabelecimento; (2) Confere mobilidade e flexibilidade ao sistema de comunicações.	(1) Por se tratar de um meio de comunicação não confinado, o rádio é bastante suscetível às ações da guerra eletrônica inimiga. (2) Necessidade de emprego constante de medidas de proteção eletrônica (MPE), tanto as relacionadas às tecnologias incorporadas aos equipamentos, quanto aos procedimentos de operação do material.

Meio (Cotn)	Definição (Cotn)	Vantagens (Cotn)	Desvantagens (Cotn)
Mensageiro	Indivíduo treinado para conduzir mensagem ou material, utilizando dos meios de transporte disponíveis.	(1) Proporciona um elevado grau de segurança à ligação. (2) Imune contra ações de GE e Ciber.	(1) Devido a sua atuação isolada, ele é vulnerável à ação inimiga às dificuldades impostas pelo terreno e pelas condições meteorológicas.
Acústicos	Os meios acústicos são códigos pré-estabelecidos executados à própria voz ou através de materiais específicos, como apitos, alto-falantes e cornetas. São geralmente empregados nos escalões subunidades e inferiores	(1) Imune contra ações de GE e Ciber. (2) Rapidez no desdobramento.	(1) Curto alcance; (2) Elevado grau de indiscrição.
Visuais	Códigos pré-estabelecidos executados com auxílio de instrumentos de sinalização visual e utilizados a curtas distâncias. Normalmente são empregados nos escalões unidades e inferiores.	(1) Imune contra ações de GE e Ciber. (2) Rapidez no desdobramento.	(1) Curto alcance. (2) Vulnerabilidade à observação aeroespacial e terrestre.
Diversos	Os meios diversos compreendem todos os outros meios que não se encaixam nas definições anteriores, como o porta-mensagens, a mensagem lastrada e o apanha-mensagens.	(1) Variável, conforme o meio utilizado.	(1) Variável, conforme o meio utilizado.

Quadro 2 – Meios de comunicações, suas vantagens e desvantagens.

Fonte: Compilação de dados feita pelo autor com base em informações extraídas do manual EB70-MC-10.241 As Comunicações na Força Terrestre, p. 4-3 a 4-7.

2.1.2.2 Circuitos físicos

2.1.2.2.1 *Generalidades*

De acordo com o manual de campanha C 24-20 Comunicações por fio – 2ª parte – material (BRASIL, 1990, p. 2-1), os fios e cabos empregados em operações militares, para possibilitar o rendimento necessário, devem possuir as seguintes características gerais:

- a) Flexibilidade dos condutores;
- b) Alta resistência à tração;
- c) Boa condutividade elétrica (quando se tratar de meio elétrico);
- d) Isolamento e resistência à água;
- e) Resistência aos desgastes decorrentes do uso normal no material;

- f) Fácil manejo;
- g) Rápido lançamento por turmas pequenas, com equipamento reduzido.

No SISTAC/DE, os circuitos físicos mais comumente empregados são os cabos de par trançado não blindado (UTP – *unshielded twisted pair*), os cabos de par trançado blindado (STP – *shielded twisted pair*) e os sistemas de comunicações ópticas, os quais se restringem às ligações no âmbito das áreas de PC e entre os CN, NA e ERB do SAM (BRASIL, 2021, p. 15).

2.1.2.2.2 Rede Óptica Passiva

Em operações militares, o tipo mais comum de sistema de comunicações ópticas empregado são as redes óptica passiva, devido à menor quantidade de recursos necessária para a instalação do sistema. Uma PON é um tipo de sistema de comunicações ópticas para prover acesso de banda larga por cabeamento de fibra óptica, por todo ou quase todo o caminho, até o usuário final. Além disso, não há a necessidade de alimentação elétrica ou partes eletrônicas ativas enquanto o sinal atravessa a linha de transmissão, reduzindo os custos operacionais e a complexidade do sistema. Por outro lado, isso faz com que a distância entre o *Optical Line Terminal* (OLT) e os *Optical Network Unit/Optical Network Terminal* (ONU/ONT) seja limitada a algumas dezenas de quilômetros (DECUSATIS, 2008, p.405).

As PON são compostas por elementos ativos (OLT e ONU/ONT) e elementos passivos (cabos de fibra óptica, conectores de fibra óptica, *splitters* e outros componentes auxiliares), dispostos ao longo da rede de distribuição óptica (ODN – *Optical Distribution Network*), cujas características são apresentadas no Quadro 5. Na Figura 4, pode-se observar um exemplo de arquitetura de uma PON.

Componente	Características
OLT	Dispositivo inicial do sistema responsável pela transmissão e recepção do sinal óptico para e a partir da PON, e que se conecta aos servidores da rede por cabos ethernet ou a outros OLT, por cabos de fibra óptica, transmitindo a informação por meio do ONT/ONU, até o usuário final.
ODN	Parte da rede que proporciona o meio para a conexão física entre o OLT e os ONT/ONU. A ODN contém cabos de fibra óptica, conectores de fibra óptica, divisores ópticos passivos (<i>splitters</i>), além de outros componentes auxiliares.

Componente (Cotn)	Características (Cotn)
<i>Splitter</i>	São divisores ópticos passivos, cuja função é ramificar um cabo de fibra óptica para permitir sua conexão a diversos dispositivos terminais ou para o prolongamento da linha de transmissão por itinerários diferentes.
Cabo de fibra óptica	São as linhas de transmissão do sistema de comunicações ópticas, compostos por diversos pares de fibra óptica, dispostos entre o OLT e os <i>splitters</i> . A partir dos destes até os ONU/ONT, são utilizadas fibras ópticas simples.
ONU/ONT	Dispositivo final do sistema que faz a interface entre a PON e o usuário, convertendo o sinal óptico em elétrico. Tal qual o ONT, os ONU/ONT são elementos ativos da rede e necessitam de alimentação por energia elétrica.

Quadro 3 – Componentes de uma rede óptica passiva e suas características.

Fonte: Compilação de dados feita pelo autor, a partir de dados extraídos de DECUSATIS (2008).

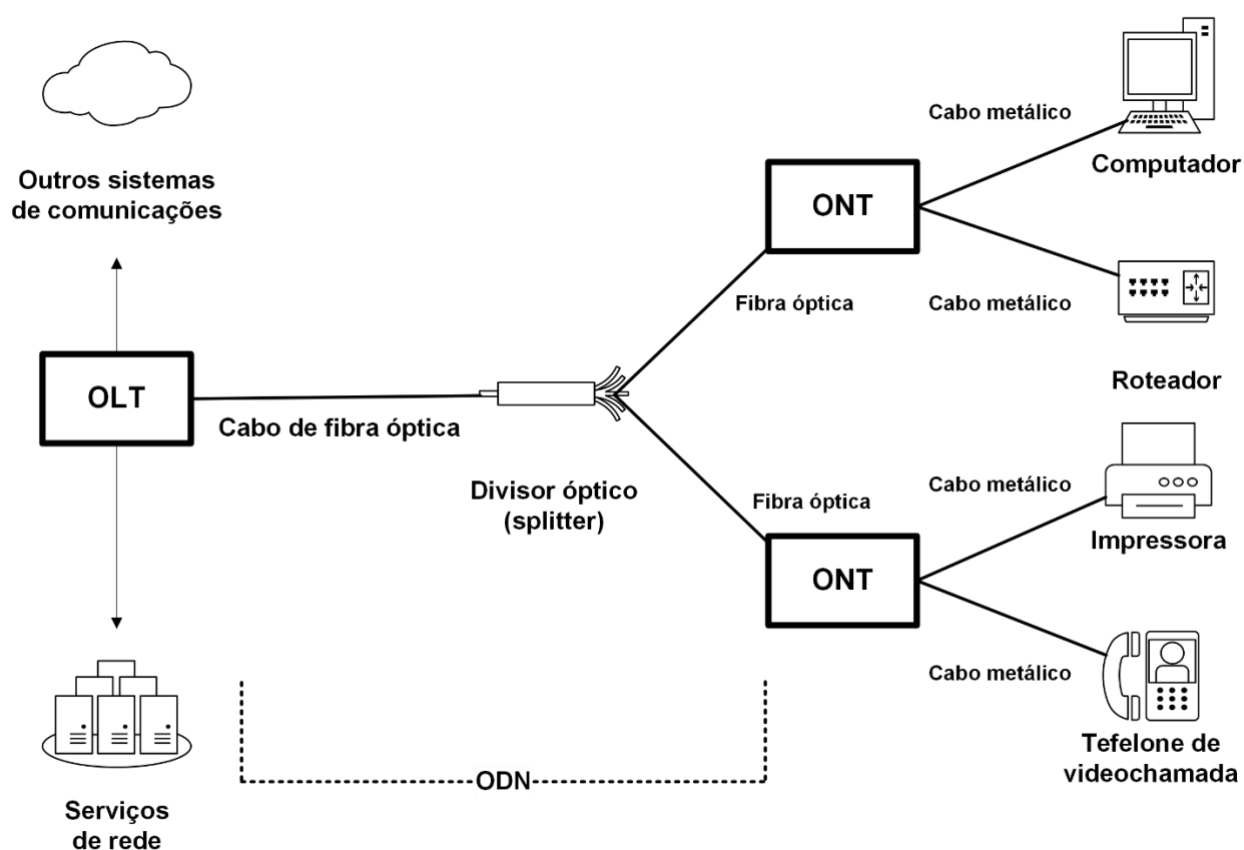


Figura 1 – Arquitetura típica de uma rede óptica passiva.

Fonte: O autor.

2.1.2.3 Sistemas de comunicações por rádio

2.1.2.3.1 **Rede de comunicações de alta capacidade em visada direta**

A rede de comunicações de alta capacidade em visada direta é estabelecida através de rádios que operam na faixa de micro-ondas (entre 300 MHz e 300 GHz) localizados nos C Com dos PC apoiados e, quando necessário, de repetidores dispostos em locais que possibilitem a visibilidade eletrônica entre os terminais.

Segundo Wolf e Kaul (1998, p. 3), os sistemas de comunicações baseados em micro-ondas apresentam alta diretividade e baixo consumo de energia. Quando aplicado às comunicações militares, esse tipo de tecnologia confere segurança, à medida que reduz a emissão de radiação eletromagnética na direção do inimigo, e sustentabilidade, uma vez que o sistema exige uma reduzida quantidade de energia.

Por outro lado, os enlaces em micro-ondas ocorrem em linha de visada, o que pode exigir a utilização de repetidores para contornar obstáculos. Além disso, apresentam a desvantagem de serem prejudicados pelas condições meteorológicas, especialmente as precipitações e as formações de nuvens.

Os sistemas de radiocomunicação por micro-ondas apresentam elevada capacidade de transmissão de dados, motivo pelo qual são utilizados como meio de comunicação principal ou *backbone* de redes de comunicações de dados. Essas ligações são feitas, normalmente, em topologias ponto-a-ponto (PTP) ou ponto-multiponto (PMP), que se diferem pela quantidade de assinantes que se conectam à estação base.

2.1.2.3.2 **Rede de comunicações móvel ad hoc**

A respeito das redes móveis *ad hoc*, Dhoedt *et al* (2004) explicam tratar-se de uma associação autônoma e temporária de dispositivos (nós de rede) que se comunicam através de enlaces sem fio. Isto ocorre porque cada nó se liga aos demais, dentro do seu alcance útil, diretamente, sem a necessidade de dispositivos intermediários. Ao mesmo tempo, discorrem os autores, os nós atuam como roteadores, retransmitidos os pacotes gerados por outros nós aos seus destinatários e, assim, permitindo a comunicação entre dispositivos que não estejam inicialmente conectados.

Portanto, a principal diferença entre as redes MANET e as redes sem fio tradicionais reside na questão da infraestrutura necessária para o seu estabelecimento. Na primeira, cada usuário desempenha todas as tarefas necessárias para o estabelecimento e manutenção da rede. Na segunda, dispositivos intermediários, tais como servidores, roteadores, *switches* e *access points*, são necessários para realizar a comunicação entre os elementos da rede.

Pode-se dizer que uma rede *ad hoc* é auto recuperável, à medida em que cada dispositivo da rede estabelece caminhos alternativos de maneira automática, sem necessidade de intervenção do usuário. Desse modo, caso uma das rotas entre dois dispositivos seja interrompida, uma outra será utilizada para manter a continuidade da rede.

Pelas suas características, que estão resumidas no quadro 4, as redes MANET constituem uma tecnologia ideal para o uso em aplicações militares (RHEE; TSUDIK; PARK; 2004, p. 156).

Características das redes móveis <i>ad hoc</i>
(1) Auto- estabelecível, auto organizável e auto administrável
(2) Autônoma e livre de infraestrutura
(3) Baixa confiabilidade, em comparação a redes cabeadas
(4) Capacidade dos enlaces variável
(5) Escalável
(6) Limitada segurança física
(7) Suscetibilidade a interferências
(8) Topologia de rede dinâmica

Quadro 4 – Características das redes móveis *ad hoc*.

Fonte: Compilação de dados feita pelo autor com base em informações extraídas de Dhoedt *et al* (2004).

2.1.2.3.3 Rede de comunicações em muito alta frequência

Essa rede é constituída de equipamentos rádio e repetidores que operam na faixa de muito alta frequência (VHF – *very high frequency*), que varia de 30 a 300 Mhz, e cuja propagação ocorre, principalmente, pela componente direta das ondas terrestres, sendo prejudicada pela existência de elevações, edificações e vegetação densa. Esse efeito é mitigado pelo emprego de repetidores, os quais também são utilizados para aumentar o alcance de utilização dos rádios.

Além disso, os equipamentos utilizados nessa rede, frequentemente, fazem uso de antenas omnidirecionais. Esse fator, aliado ao seu alcance útil, que pode chegar a algumas

dezenas de quilômetros, exigem que os rádios da rede de comunicações em linha de visada disponham de recursos de segurança das comunicações (COMSEC – *communications security*) e das transmissões (TRANSEC – *transmissions security*), dada a alta possibilidade de que suas emissões de radiofrequência se propaguem até a área inimiga, podendo ser alvo de ações de GE e G Ciber. Isso não significa dizer que os demais meios não possuam essas características, mas, neste caso, isto se torna primordial, dadas as particularidades da forma de propagação das ondas de rádio na faixa de VHF.

Os equipamentos que operam na faixa de VHF permitem a comunicação por voz, incluindo voz sobre *Internet Protocol* (VoIP), e dados, como mensagens de texto, arquivos de pequeno tamanho e informações de geolocalização.

2.1.2.3.4 Rede de comunicações em alta frequência

As comunicações na faixa de alta frequência (HF – *high frequency*), que varia de 3 a 30 MHz são fundamentadas na propagação por ondas ionosféricas. Nesse mecanismo de propagação, a ionosfera, camada atmosférica situada entre 50 e 400 quilômetros da crosta terrestre, provoca o retorno de um sinal de rádio originado na superfície da Terra até outro ponto localizado entre algumas dezenas e milhares de quilômetros do ponto de origem (BRASIL, 1997b, p.4-11).

Como dito anteriormente, esse tipo de enlace apresenta um alcance mínimo, aquém do qual não é possível estabelecê-lo (através da propagação por ondas ionosféricas). Por conta disso, os equipamentos que operam na faixa de HF, se utilizam, também, da propagação por ondas terrestres, notadamente da sua componente superficial, para suprimir esse inconveniente. Isso é obtido pela seleção de antenas e frequências de operação específicas. Contudo, ainda existirá uma região, denominada zona de silêncio (BRASIL, 1997b, p. 4-13), compreendida entre o alcance máximo das ondas terrestres e o alcance mínimo das ondas ionosféricas.

A seleção das antenas utilizadas nas redes de comunicações em HF é um ponto fundamental para o sucesso no estabelecimento dos enlaces. Ela deve considerar o modo de propagação (por ondas terrestres ou ionosféricas), a distância e a diretividade do enlace, o tipo de cobertura (ponto-a-ponto, móvel veicular ou com múltiplas estações), dentre outros fatores (UNITED STATES OF AMERICA, 1999, p. 4-1 a 4-4).

Uma das desvantagens de se empregar uma rede de radiocomunicação em HF reside na variação da qualidade do enlace, determinadas pela ionosfera e por outros efeitos espaciais. Para mitigar esse problema, pode-se fazer uso da tecnologia de Estabelecimento Automático de Enlace (ALE – *Automatic Link Establishment*), que seleciona a melhor frequência de operação em um determinado momento, a partir de um conjunto de frequências pré-selecionadas.

A rede de comunicações além linha de visada permite estabelecer serviços de comunicações por voz e dados em banda estreita, incluindo VoIP e geolocalização. É importante notar que a qualidade e a instabilidade desse tipo de enlace podem causar prejuízo à comunicação, gerando atrasos no recebimento das informações e retardando o processo de tomada de decisão.

2.1.2.3.5 Pontes de Rede Sem Fio (PRS)

De acordo com COLEMAN e WESTCOTT (2016, p. 290), as pontes de rede sem fio têm a finalidade de conectar dois ou mais segmentos de rede. Para os autores, a aplicação mais comum desse tipo de equipamento é substituir as ligações com fio entre instalações, a fim de reduzir os custos de instalação da rede. As PRS operam na camada de enlace de dados (camada 2) do modelo *Open Systems Interconnection* (OSI).

Com efeito, esse tipo de ligação confere rapidez e flexibilidade ao sistema de comunicações, características importantes para o uso em operações militares. Nesse sentido, as PRS podem ser empregadas para estabelecer as ligações entre um PC e o NA que o serve, entre as estações rádio base (ERB) e o sistema de gerenciamento do Sistema de Assinante Móvel (SAM) ou, ainda, em situações que necessitem de uma comunicação de dados ponto a ponto:

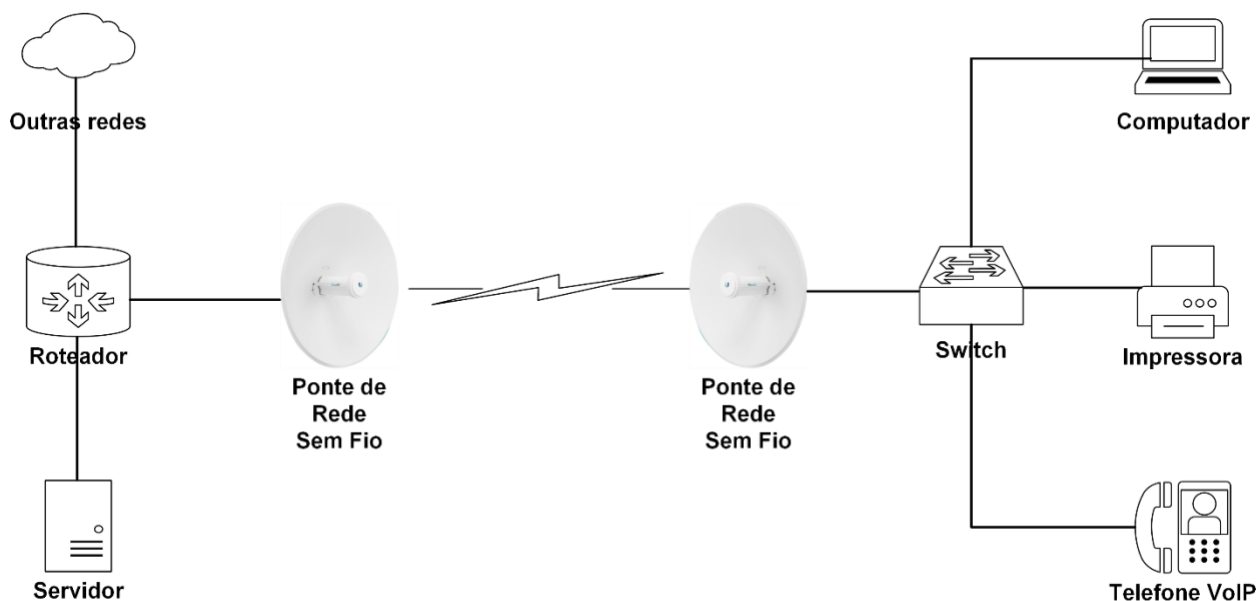


Figura 2 – Exemplo de desdobramento de pontes de rede sem fio.
Fonte: O autor.

2.2 A DIVISÃO DE EXÉRCITO

2.2.1 Missão

A missão da DE é definida no manual de campanha EB70-MC-10.243 Divisão de Exército da seguinte forma:

A DE tem por missão precípua empregar seus meios de forma integrada, coordenada e sincronizada, a fim de alcançar objetivos táticos, eventualmente operacionais, em proveito da manobra, colaborando com o escalão enquadrante, na conquista de seus objetivos. (BRASIL, 2020a, p. 2-1).

Geralmente, a DE estará enquadrada em um Corpo de Exército (C Ex), seja em operações conjuntas, seja em operações singulares. Eventualmente, ela será o maior escalão de emprego presente no teatro de operações ou área de operações (TO/AO). Nesse caso, e em se tratando de operações conjuntas, a DE terá a missão de “traduzir os objetivos operacionais, definidos no escopo da campanha conjunta, em ações no nível tático” (BRASIL, 2020a, p. 2-1).

2.2.2 Organização

O manual de campanha EB70-MC-10.243 (BRASIL, 2020a, p.2-1) define a DE como uma “estrutura ativada e organizada para fins de emprego em operações”. Sua organização flexível compreende uma quantidade variável de elementos de combate, de apoio ao combate e de apoio logístico, de acordo com as capacidades requeridas para o cumprimento de suas missões

Além disso, os tipos das brigadas e dos demais elementos que integram a DE também vão variar, dependendo da missão que for imposta (BRASIL, 2020a, 2-3). Portanto, a natureza da tropa (motorizada, mecanizada, blindada, etc.) e o meio de locomoção (sobre rodas ou sobre lagartas) são características indefinidas na organização da DE.

Em alguns casos, geralmente no contexto de uma operação de coordenação e cooperação com agências (OCCA), a DE poderá receber elementos civis, que ficarão diretamente ligados à divisão ou serão enquadrados em algum dos comandos subordinados (BRASIL, 2020a, p. 2-3).

Apesar de possuir uma organização flexível, o manual EB70-MC-10.243 apresenta um exemplo de constituição de uma divisão subordinada a um Corpo de Exército (C Ex), contendo meios de aviação do Exército (Av Ex), inteligência militar (IM), operações especiais (Op Esp), operações psicológicas (Op Psc), defesa química, biológica, radiológica e nuclear (DQBRN), assuntos civis (As Civ), polícia do Exército (PE) e cibernética (Ciber), conforme mostrado na figura 3¹.

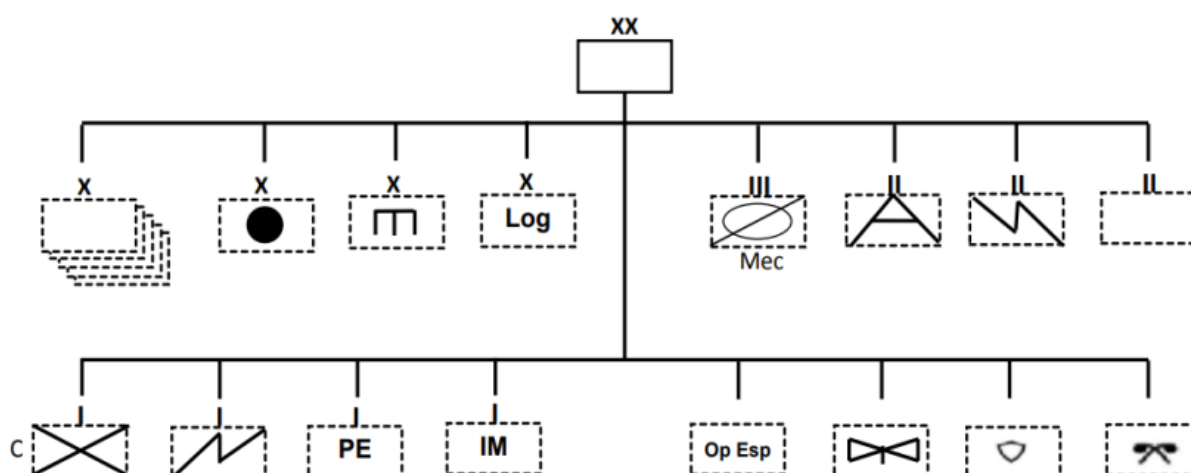


Figura 3 – Exemplo de organização de uma Divisão de Exército
Fonte: EB70-MC-10.243 Divisão de Exército (BRASIL, 2020a).

¹ Por ter sido publicado em data anterior, o manual de campanha EB70-MC-10.243 Divisão de Exército não apresenta os símbolos das unidades de acordo com o Catálogo de Símbolos e Convenções Cartográficas das Forças Armadas – MD33-C-01, 1ª edição, 2021.

2.2.3 Capacidades operativas

Devido à sua organização variável e flexível, a DE não apresenta capacidades operativas padrão e pré-definidas. Ao contrário, elas serão determinadas pela sua composição de meios, as quais são definidas a partir da sua missão. Portanto, cada DE da F Ter possui capacidades operativas específicas, coincidentes ou não, elencadas em sua base doutrinária prevista (BRASIL, 2020a, p. 5-2).

2.2.4 Serviços de Tecnologia da Informação e Comunicações (TIC)

Para garantir ao comandante e seu estado-maior o pleno exercício do comando e controle e proporcionar as ferramentas necessárias para o assessoramento e a tomada de decisão, a organização militar (OM) de Comunicações orgânica da DE estabelece diversos serviços de TIC em proveito desse G Cmdo Op.

A Nota Doutrinária Nr 04/2021 Sistema de Comando e Controle da Força Terrestre aborda os sistemas de TIC e serviços de rede que devem ser estabelecidos no âmbito da DE, os quais encontram-se resumidos no quadro 5.

Local ou tipo de ligação	Sistemas de TIC e serviços de rede estabelecidos
Áreas de PC	(1) Circuitos físicos (fibra óptica e cabeamento estruturado de rede) (2) SAM (voz e dados)
Ligação com elementos subordinados e vizinhos	(1) Rádios em HF e VHF (2) Rede Corporativa do Exército (EBNet) (3) Rede pública de dados (internet) (4) SCA (5) Sistema Nacional de Telecomunicações (SNT)
Ligação com o escalão superior	(1) Sistema de Comunicações por Satélite (2) SCA (3) Sistema de Telemática do Exército (SisTEX) (4) SNT (5) Rede pública de dados (internet) (6) Rádios em HF e VHF integrados ao SCA por EIR
PCT	(1) Integração com o SCA através de EIR (2) Sistemas de Comunicações por Satélite

Local ou tipo de ligação (Cotn)	Sistemas de TIC e serviços de rede estabelecidos (Cotn)
Serviços de rede	(1) Compartilhamento de arquivos (2) Correio eletrônico (3) EBNet (4) Família de Aplicativos de Comando e Controle da Força Terrestre (FAC2FTer) (5) Mensageiro instantâneo seguro (6) Sistema de Protocolo Eletrônico de Documentos (SPED) (7) Sistema de transmissão de mensagens restrita (<i>sic</i>) (8) Videoconferência (9) VoIP (10) VPN

Quadro 5 – Sistemas de TIC e serviços de rede estabelecidos em proveito da DE.

Fonte: Compilação de dados feita pelo autor a partir de dados extraídos da Nota Doutrinária 04/2021 Sistema de Comando e Controle da Força Terrestre (BRASIL, 2021, p. 14 e 15).

2.3 O SISTEMA DE COMUNICAÇÕES EM APOIO AO ESCALÃO DIVISÃO NO EXÉRCITO BRASILEIRO

2.3.1 Generalidades

Segundo o manual C11-61, o B Com desdobra o Sistema Tático de Comunicações (SISTAC), composto pelo Sistema de Comunicações de Área (SCA) e pelo SCC. O SISTAC é estruturado e operado de forma que permita o exercício do comando e controle por parte do comandante e do estado-maior do G Cmdo Op enquadrante, mesmo em condições desfavoráveis e sob a ação de medidas de guerra eletrônica e cibernética inimigas.

Quanto ao SCA, o documento descreve detalhadamente sua estrutura, explicitando se tratar de um “sistema de concepção nodal, constituído por assinantes fixos e móveis, sendo dotado de transmissão automatizada, integrada e digitalizada” (BRASIL, 1995, p. 3-3). Entretanto, o manual não aborda a arquitetura e funcionamento do SCC. Limita-se, apenas a discorrer sobre o SCA e seus meios complementares.

Por outro lado, a Nota Doutrinária Nr 04/2021 Sistema de Comando e Controle da Força Terrestre aponta que o SCC tem a função de atender aos escalões unidade/subunidade independente e inferiores em operações, sem ligar-se à malha nodal do SCA (BRASIL, 2021, p. 12).

Nesse sentido, percebe-se que o SCC compreende os rádios de campanha que operam nas faixas de HF, VHF e UHF, os mensageiros, os circuitos físicos e os meios visuais, acústicos e diversos, funcionando, na prática, como um sistema complementar ao SCA.

No escalão DE, o SCA é o meio de comunicações principal para a ligação com os elementos subordinados. Como contingência, são estabelecidas redes de comunicações em visada direta, operando na faixa de VHF, e além da linha de visada, na faixa de HF, com os equipamentos do SCC (BRASIL, 2021, p. 14).

Entretanto, nos produtos doutrinários do Exército Brasileiro, não há uma definição clara sobre o que se entende como um meio principal e um de contingência. Diante disso, se faz necessário recorrer à doutrina de exércitos estrangeiros para compreender por completo esses conceitos.

Com efeito, a doutrina militar do Exército dos Estados Unidos da América, estabelece que, no planejamento do apoio de comunicações, deve-se sempre prever, no mínimo, um sistema (ou meio) principal, um alternativo, um de contingência e um de emergência (PACE), de modo que, mesmo quando houver prejuízo à operação do sistema de comunicações, as informações continuem a fluir entre os escalões envolvidos:

- a) Principal: é o melhor meio ou sistema de comunicações disponível e que deve ser usado prioritariamente;
- b) Alternativo: é um meio ou sistema semelhante ao principal, com as mesmas capacidades, mas com qualidade, talvez, inferior à dele;
- c) De contingência: meio ou sistema não tão rápido, conveniente ou confiável, mas que ainda permite garantir o exercício do comando e controle;
- d) De emergência: meio ou sistema de comunicações utilizado como último recurso, podendo causar atraso no fluxo de informações ou causar algum tipo de prejuízo ao exercício do comando e controle (UNITED STATES OF AMERICA, 2019b, p. 1-8, tradução nossa).

2.3.2 O Sistema de Comunicações de Área

O SCA é um sistema de concepção celular, desdobrado por toda a zona de ação (Z Aç) da DE, composto por centros nodais (CN), nós de acesso (NA), repetidores (Rpt),

Equipamentos de Interface de Rede (EIR), Sistemas Gerenciadores (SG), Sistema de Assinante Móvel (SAM) e ligações físicas complementares (BRASIL, 2020d, p. 3-1).

Os CN, os NA e os Rpt, apresentam constituição semelhante, diferenciando-se quanto à finalidade principal e à quantidade de ligações capaz de realizar. Eles são compostos por um subsistema de alimentação e um de comunicações. O subsistema de alimentação destina-se a fornecer a energia elétrica necessária para o funcionamento do subsistema de comunicações, componente responsável pelo estabelecimento das ligações (por rádio ou por circuitos físicos) e pela e roteamento dos dados que fluem pela rede (BRASIL, 2020d, p. 3-2).

A espinha dorsal do SCA é a malha nodal, formada pela ligação entre os CN, aos quais são conectados os NA, que servem como ponto de acesso à rede para os PC apoiados. Para garantir a confiabilidade do sistema, cada CN realiza, no mínimo três enlaces de rede, isto é, com outros CN, promovendo caminhos alternativos para uma mesma ligação (BRASIL, 2020d, p. B-1 e B-2). Quando necessário, podem ser utilizados repetidores para aumentar o alcance dos enlaces ou para contornar obstáculos no terreno.

Por sua vez, os EIR destinam-se a estabelecer a conectividade com equipamentos rádio de campanha (ERC) que não possuem interface de rede compatível com os meios do SCA (BRASIL, 2020d, p. 3-2). Contudo, os rádios mais modernos geralmente podem ser conectados diretamente a uma porta LAN de roteador, dispensando o uso do EIR.

O Sistema de Assinante Móvel (SAM) é um sistema de concepção celular, com capacidade de transmitir voz e dados, com a finalidade de prover comunicações às tropas da DE com elevado grau de mobilidade, podendo ser empregado de maneira isolada, integrado ao SNT, como um subsistema do SCA (BRASIL, 2020d, p. 3-1 e 3-2) ou, ainda, fazendo uso da infraestrutura do SCC. Enfim, qualquer rede de dados que funcione com base no protocolo TCP/IP pode ser usada para integrar os meios do SAM e permitir sua operação por toda a Z Aç da DE.

Existem dois elementos principais que compõem o SAM: as Estações Rádio Base (ERB), também chamadas de Terminais de Acesso Rádio (TAR) e os Terminais de Acesso Móvel (TAM). As ERB são responsáveis por proporcionar o acesso aos serviços de rede, os quais são acessados pelos usuários através dos TAM, em verões portáteis, fixas e veiculares.

Os serviços oferecidos pelo SCA e pelo SAM são hospedados nos Sistemas Gerenciadores (SG), que também são responsáveis pelo controle e gerenciamento do sistema. Cada SCA desdobrado por uma DE possui dois SG, um principal e outro redundante, que são posicionados, respectivamente, no seu PCP e no seu PC Altn (BRASIL, 2020d, p. 3-4).

2.3.3 O Sistema de Comunicações de Comando

O SCC é um sistema que opera de maneira independente ao SCA, com a finalidade de ligar os PC do escalão considerado aos dos subordinados, empregando, para isso, rádios de campanha, circuitos físicos, mensageiros e meios visuais, acústicos e diversos.

A Nota Doutrinária 04/2021 Sistema de Comando e Controle da Força Terrestre apresenta as situações em que cada um desses meios será empregado. Essas informações, apesar de divergirem de outros produtos doutrinários, como os manuais C11-20 Batalhão de Comunicações (2003) e C11-61 Comunicações na Divisão de Exército (1995), são as mais recentes disponíveis, o que leva a crer que exista uma tendência de reformulação da doutrina, quanto a esse aspecto.

Sobre o meio rádio, o documento aponta que são desdobradas redes em HF e VHF para as ligações de contingência com o escalão superior, com os elementos subordinados e com os elementos vizinhos. Em relação aos circuitos físicos, estes têm a sua utilização restrita às áreas de PC, para a ligação entre os seus órgãos (BRASIL, 2021, p.14 e 15). Não há menções a respeito das situações em que são empregados os demais meios.

2.4 O SISTEMA DE COMUNICAÇÕES EM APOIO AO ESCALÃO DIVISÃO NO EXÉRCITO CANADENSE

2.4.1 Generalidades

O Exército Canadense possui estruturas operativas semelhantes às do Exército Brasileiro (EB). Em relação ao objeto deste trabalho, a divisão, de maneira similar ao que ocorre no EB, é composta por elementos de combate, de apoio ao combate e de apoio

logístico, tendo seu braço operativo baseado na brigada. Nesse escalão, o apoio de comunicações é prestado por uma organização militar (OM) valor unidade, que reúne, também, elementos de comando, de segurança e tropas da divisão.

O apoio de comunicações à divisão é executado tal qual na brigada, com a particularidade de que naquele G Cmdo Op as estruturas de apoio são aumentadas tornarem-se compatível com suas necessidades (CANADA, 2018, p. 3-27). Com efeito, o manual B-GL-351-002/FP-001: *Signals in Land Operations*, volume 2, *Command Support* (2018), descreve o sistema de comunicações nos escalões brigada e divisão.

No Exército Canadense, o sistema equivalente ao SISTAC do EB é chamado de *Land Command Support System* (LCCS) ou Sistema de Apoio ao Comando Terrestre, em tradução livre, que abrange desde o escalão divisão até as pequenas frações.

2.4.2 Capacidades de TIC

O LCCS é organizado em diferentes níveis (Quadro 6), no que concerne aos recursos e serviços de TIC oferecidos. Cada um deles compreende um conjunto de capacidades pré-definidas, que se destinam a atender às necessidades do comandante e do seu estado-maior.

No primeiro nível estão as capacidades essenciais, que devem atender a todos os comandantes, em tempo integral, por toda a área de operações. O segundo nível de capacidades, chamado de capacidades aumentadas, é estabelecido em situações específicas, mediante determinação do comandante, ainda que em alguns escalões, notadamente unidades e superiores, esses recursos sejam disponibilizados por padrão. No terceiro e último nível, o de capacidades ótimas, são providos os recursos de TIC mais sofisticados, que podem atingir até o nível pelotão, a depender do ambiente operacional e da natureza da missão (CANADA, 2018, p. 2-5 e 2-6).

Cumprе salientar que os níveis de capacidades não estão associados ao escalão de emprego, em uma ordem linear de restrição de uso dos serviços de TIC. Em vez disso, os recursos que serão disponibilizados ao comando estão relacionados à situação tática.

Capacidades	Recursos
Essenciais	(1) Comunicação segura por voz, via rádio, com, no mínimo duas redes, até o nível pelotão; (2) Comunicação segura por telefone entre todos os elementos de comando; (3) Serviço seguro de transmissão de mensagens de texto entre os comandantes, seus estados-maiores, elementos subordinados e vizinhos, desde o escalão divisão até as subunidades incorporadas; (4) Geolocalização das tropas em mapa digital, por meio do Global Positioning System (GPS), até o nível unidade/subunidade independente (U/SU Ind); (5) Sistema de posicionamento de forças amigas automatizado disposto em mapa digital, indicando quem, o quê, quando e onde, até o nível U/SU Ind.
Aumentadas	(1) Todas as capacidades essenciais; (2) Situação das operações exibida em mapa eletrônico; (3) Correio eletrônico sem possibilidade de anexar documentos ou com capacidade limitada, ligando todos os elementos de comando, os estados-maiores, e pessoal de interesse dos comandantes; (4) Ferramentas computadorizadas para gerenciamento das operações; (5) Navegação web limitada a fontes acessíveis através da rede segura; (6) Ferramentas computadorizadas colaborativas que ofereçam comunicação por voz em tempo real, texto, informações gráficas, compartilhamento de tela, compartilhamento de arquivo e videoconferência por tempo limitado; (7) Aplicativos para produção e edição de documentos de texto, planilhas e apresentações.
Ótimas	(1) Todas as capacidades essenciais e aumentadas; (2) Ferramentas de comando e controle completas; (3) Correio eletrônico com possibilidade de anexar documentos e comunicar-se com outras forças e agências, incluindo correio eletrônico não classificado; (4) Navegação web em redes seguras e na internet; (5) Serviço de telefonia não classificado com interface para Redes de Telefonia Pública Comutada (PSTN – <i>Public Switched Telephone Network</i>); (6) Integração entre serviço de telefonia segura e rádios de campanha.

Quadro 6 –Capacidades de comando e controle e seus recursos.

Fonte: Compilação de dados feita pelo autor com base em informações extraídas do manual *B-GL-351-002-FP-001 Signals in Land Operations, Volume 2 Command Support* (2018).

2.4.3 Arquitetura do sistema de comunicações divisionário

O sistema de comunicações compreende diversos subsistemas (Quadro 7) integrados e arquitetados para prover a capacidade de comando e controle ao componente terrestre, quais sejam:

- a) Comunicações Táticas (TacComms – *Tactical Communications*);
- b) Rede tática (TacNet – *Tactical Network*);
- c) Sistema de Informação de Comando e Controle Tático (TacC2IS – *Tactical Command and Control Information System*);
- d) Sensores de Inteligência, Reconhecimento, Vigilância e Aquisição de Alvos (IRVA).

Subsistema	Definição	Constituição
TacComms	(1) Conjunto de sistemas de comunicações destinados a prover a conectividade física e o acesso aos serviços de rede, através de uma infraestrutura integrada e segura.	(1) Equipamentos Rádio de Campanha (ERC) <ul style="list-style-type: none"> (a) Rádios em VHF (voz e dados limitados); (b) Rádios em V/UHF (voz e dados) (c) Rádios em HF; (d) Rádios solo-ar.; (e) Rádios de uso pessoal. (2) Sistema de Comunicações de Área <ul style="list-style-type: none"> (a) Sistemas de comunicações por micro-ondas em visada direta; (b) Sistemas de comunicações por satélite civis e militares. (3) Rádios de média capacidade (MANET); (4) Circuitos físicos <ul style="list-style-type: none"> (a) Cabos de fibra óptica; (b) Cabos metálicos.
TacNet	(1) Rede de dados de alta velocidade que proporciona a ligação entre os computadores localizados em posições estáticas e em plataformas móveis.	(1) <i>Local Area Network</i> (LAN): diferentes sub-redes existentes nos PC; (2) <i>Platform Area Network</i> (PAN): sub-redes instaladas em plataformas móveis; (3) As LAN e PAN são compostas de: <ul style="list-style-type: none"> (a) Sistema de (b) Servidores; (c) Interfaces de usuário; (d) Periféricos; (e) <i>Switches</i>; (f) Roteadores; (g) Pontes de rede; (h) Equipamentos de criptografia; (i) MODEM/Multiplexadores; (j) <i>Firewalls</i>; (k) Domínios de rede.
TacC2IS	(1) Conjunto de computadores, aplicativos e servidores destinados a apoiar o comandante e seu estado maior nos níveis U/Su Ind e superiores.	(1) Aplicativos de escritório (produção e edição de textos, planilhas e apresentações gráficas); (2) Serviço de transmissão de mensagens instantâneas (<i>chat</i>); (3) Sistema de informações geográficas; (4) Ferramentas gráficas de planejamento e condução das operações; (5) Aplicações de gerenciamento do TacC2IS; (6) Serviço de gerenciamento de informações de apoio (documentos, imagens, multimídia, etc.); (7) Recursos para gerenciamento de material criptográfico; (8) Navegação na internet e intranet; (9) Sistema de indicação de forças amigas; (10) Correio eletrônico; (11) Aplicativos específicos para uso do EM e elementos especializados;

Subsistema (Cotn)	Definição (Cotn)	Constituição (Cotn)
TacC2IS		(12) Aplicativos de gestão da informação para gerenciamento de processos e bancos de dados.
Sensores IRVA	(1) Componente de coleta de dados que proporciona os recursos necessários ao planejamento e tomada de decisão por parte do Cmt e do EM.	(1) Fontes humanas; (2) Sensores automatizados.

Quadro 7 – Subsistemas do LCSS, sua definição e sua constituição.

Fonte: Compilação de dados feita pelo autor com base em informações extraídas do manual *B-GL-351-002-FP-001 Signals in Land Operations, Volume 2 Command Support* (2018).

Dentro dessa estrutura, os sensores IRVA são a porta de entrada de dados, de diversas fontes, para o sistema, que se utiliza dos demais subsistemas para realizar o processamento, o armazenamento, o transporte e a apresentação das informações (CANADA, 2018, p. 2-9).

2.4.4 Características dos meios de enlace físico de dados

De acordo com a doutrina do Exército Canadense, os meios de comunicações destinados ao enlace físico de dados são classificados quanto ao alcance, à largura de banda e à mobilidade (CANADA, 2018, p. 2-18 a 2-20).

O alcance traduz a relação da capacidade do meio em transmitir a informação de maneira eficaz e a distância do enlace (CANADA, 2018, p. 2-19), cuja classificação é explicitada a seguir:

- a) Muito baixo: inferior a 200 (duzentos) metros;
- b) Baixo: inferior a 25 (vinte e cinco) quilômetros;
- c) Médio: em torno de 50 (cinquenta) quilômetros;
- d) Alto: superior a 100 (cem) quilômetros.

A largura de banda representa a máxima taxa de transmissão de dados teórica prevista para cada meio. Além disso, são apresentados os serviços de rede que podem ser estabelecidos, como mostrado no quadro 8.

Largura de banda	Taxa de transmissão de dados	Serviços de rede
Muito baixa	Em torno de 5 kbps	(1) Mensagens de texto simples; (2) Fonia (voz).
Baixa	Em torno de 50 kbps	(1) Correio eletrônico sem anexos.
Média	Em torno de 500 kbps	(1) Correio eletrônico com anexos; (2) Compartilhamento de arquivos.
Alta	Em torno de 5 Mbps	(1) <i>Streaming</i> de vídeo; (2) Compartilhamento de banda por múltiplos usuários e redes.
Muito alta	Em torno de 50 Mbps	(1) <i>Streaming</i> de vídeo em alta definição; (2) Compartilhamento de banda por múltiplos usuários e redes.
Ultra alta	Em torno de 500 Mbps	(1) Serviços de rede complexos; (2) Compartilhamento de banda por um número maior de usuários e redes.
Extremamente alta	Em torno de 5 Gbps	(1) Serviços de rede complexos; (2) Compartilhamento de banda por um número ainda maior de usuários e redes.

Quadro 8 – Níveis de largura de banda, sua definição e serviços de redes que podem ser estabelecidos.

Fonte: Compilação de dados feita pelo autor com base em informações extraídas do manual *B-GL-351-002-FP-001 Signals in Land Operations, Volume 2 Command Support* (2018).

Já a mobilidade representa a capacidade de estabelecer e manter o enlace de dados, de acordo com o momento da operação tática. Sua classificação se divide em baixa, para comunicações estáticas, média, para as comunicações nos altos, e alta, no caso das comunicações em movimento.

3 METODOLOGIA

3.1 OBJETO FORMAL DE ESTUDO

A presente pesquisa intenta contribuir com o desenvolvimento da Doutrina Militar Terrestre (DMT), particularmente no tocante ao apoio de comunicações na DE. Nesse contexto, apresenta como objeto formal de estudo a descrição da estruturação do Sistema de Comunicações de Comando (SCC) da DE.

Este estudo busca responder questões relativas à estruturação do SCC em apoio a uma DE, para que, ao final, possa reunir informações relevantes para a atualização da doutrina no que se refere ao emprego do batalhão de comunicações orgânico de divisão de exército.

Para atingir esse objetivo, limitou-se a dois tópicos principais, entendidos como desafios maiores para a estruturação do SCC: os meios de comunicações utilizados e as topologias das redes de comunicações estabelecidas no SCC.

Em relação às necessidades de comunicações da Divisão de Exército, foram considerados as ligações sob responsabilidade da divisão, os princípios das comunicações e os serviços de rede necessários para o exercício efetivo do comando e controle por parte do escalão apoiado.

A presente pesquisa foi limitada devido à impossibilidade de realização de uma experimentação doutrinária, evento que envolve diversos órgãos, como o Estado-Maior do Exército (EME) e o Comando de Operações Terrestres (COTER), e de generalização a uma situação de combate real, o que foi minimizado pela extensa pesquisa bibliográfica, pelas informações coletadas junto aos entrevistados e pela validação da proposta de estruturação do SCC, a partir do questionário aplicado.

3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A investigação do problema foi realizada por meio de uma abordagem qualitativa, pois se assentará na análise do conteúdo das fontes bibliográfica e documental da doutrina que

trata do Sistema de Comunicações de Comando e de similares nos exércitos dos Estados Unidos e Canadá. Portanto, assume um caráter de pesquisa bibliográfica.

Dessa forma, quanto à natureza, a pesquisa é do tipo aplicada, pois intenta solucionar um problema proposto sobre a doutrina militar com o fim de sanear uma lacuna na redação dos manuais de campanha C11-61 Comunicações na Divisão de Exército (BRASIL, 1995) e o C11-20 Batalhão de Comunicações (BRASIL, 2003), EB70-MC-10.241 As Comunicações na Força Terrestre (BRASIL, 2018), EB70-MC-10.243 Divisão de Exército (BRASIL 2020) e EB70-MC-10.246 As Comunicações nas Operações (BRASIL, 2020b), no tocante ao Sistema de Comunicações de Comando.

Em relação aos objetivos propostos, a pesquisa é exploratória, uma vez que buscou maior familiaridade com o tema, a partir de consulta de manuais de campanha e das obras do acervo da Biblioteca Digital do Exército (BDEx), com maior atenção nas produções científicas de mestrado e doutorado da Escola de Comando e Estado-Maior de Exército (ECEME) e do mestrado profissional da EsAO, além das publicações sobre os exércitos norte-americano e canadense disponíveis na rede mundial de computadores.

O modelo de análise é o dedutivo, utilizando como estratégia a prospecção nas publicações reunidas, extraíndo conhecimentos gerais aplicáveis ao caso particular do SCC na divisão de exército. Para subsidiá-la, foram entrevistados os atuais comandantes dos batalhões de comunicações.

Após isso, foi formulada uma proposta de estruturação do SCC, que foi submetida à apreciação desta mesma amostra, acrescida dos oficiais alunos do Curso de Comunicações da Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, os quais estão participando ativamente dos trabalhos de revisão doutrinária., com o intuito de identificar oportunidades de melhoria e/ou ratificar as ideias apresentadas.

3.3 AMOSTRA

A revisão da literatura foi complementada com um questionário de caráter exploratório distribuído a oficiais-alunos do 2º ano do Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais de Comunicações da EsAO. A seleção destes grupos se deu pelo fato de estarem, ao longo

do corrente ano, desenvolvendo pesquisas para fundamentar a revisão de manuais de campanha que tratam do apoio de comunicações aos G Cmdo Op.

3.3.1 Critérios de inclusão

a. Oficiais-alunos da Arma de Comunicações do 2º ano do Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da EsAO, em 2022.

3.3.2 Critérios de exclusão

- a. Oficiais da Marinha do Brasil e da Força Aérea Brasileira;
- b. Oficiais de nações amigas.

3.4 PROCEDIMENTOS PARA A REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura foi realizada por meio da análise de conteúdo proposta por Bardin (2016, p. 125), em três etapas ou fases, de modo a coletar a maior quantidade de conhecimentos sobre a questão de estudo, sendo elas: a pré-análise; a exploração do material; o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação.

Nessa empreitada, a primeira etapa consistiu na realização de uma leitura das fontes para a familiarização e selecionamento dos conteúdos de interesse para a investigação, com o fichamento das fontes. Em uma segunda etapa, os textos foram selecionados e classificados quanto a importância e pertinência para a investigação e solução do problema. Finalmente, em última etapa, foi realizada a análise crítica do texto e a redação preliminar do relatório da pesquisa.

3.4.1 Critérios de inclusão

- a. Fontes publicadas nos idiomas português e inglês;
- b. Produtos doutrinários do Ministério da Defesa e das Forças Armadas do Brasil;

- c. Produtos doutrinários de países membros da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN);
- d. Artigos, revistas e trabalhos científicos publicados a partir de 2016;
- e. Livros, documentos e artigos em geral publicados em qualquer época e oriundos de fontes confiáveis.

3.4.2 Critérios de exclusão

- a. Sistemas de comunicações de concepção nodal ou de área;
- b. Produtos doutrinários ou documentos que não estejam em vigor, quando contrariarem a doutrina vigente.

3.5 INSTRUMENTOS

Em razão de a pesquisa ser exploratória, foi realizada uma pesquisa bibliográfica para permitir a compreensão do atual estado do Sistema de Comunicações de Comando de uma Divisão de Exército no Exército Brasileiro e sua contraparte no Exército Canadense.

Após essa etapa, os oficiais-alunos do Curso de Comunicações da EsAO por meio de um questionário, com o objetivo de prospectar conhecimentos e coletar opiniões para embasar a formulação da proposta inicial de estruturação do SCC/DE.

3.6 ANÁLISE DE DADOS

A análise de dados foi realizada em três fases:

- a) 1ª Fase. A partir dos conhecimentos assimilados na pesquisa bibliográfica e nas entrevistas, foi formulado um modelo de arquitetura e funcionamento do SCC desdobrado em proveito de uma DE.
- b) 2ª Fase. As respostas aos questionários foram compiladas com o intuito de retificar ou ratificar a proposta apresentada anteriormente.

c) 3ª Fase. Nesta fase, foram integrados os conhecimentos e dados coletados, resultando em considerações doutrinárias relevantes para proposta de complementação do manual de campanha EB70-MC-10.2XX Batalhões de Comunicações.

4 RESULTADOS

4.1 RESULTADO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A doutrina do EB em vigor preconiza a utilização dos meios de comunicações rádio, físico, mensageiro, visuais, acústicos e diversos para o desdobramento do SCC/DE. Os enlaces de comunicações via rádio são largamente utilizados, constituindo-se a base do SISTAC/DE. Suas características variam de acordo com a faixa de frequência e com os protocolos utilizados, dentre outros fatores.

Primeiramente, observa-se que a doutrina prevê a utilização de uma rede de comunicações de alta capacidade em visada direta, com o emprego de rádios na faixa de micro-ondas, para o SCC/DE.

Para complementar o meio descrito acima, adota-se uma rede em linha de visada, voltada especialmente para a comunicação por voz entre os diversos escalões, operando na faixa de VHF do espectro eletromagnético. Adicionalmente, a rede em VHF permite a utilização de recursos de geolocalização e de transmissão de dados limitada.

Até agora, todas as redes apresentadas têm como principal característica a propagação do sinal por ondas terrestres, nas suas variadas componentes. Deve-se, no entanto, levar em conta que nas operações militares, por vezes, o terreno impõem-se como fator limitante para a propagação das ondas de rádio. Portanto, torna-se necessário estabelecer meios que permitam a comunicação além da linha de visada. Para isso pode-se empregar rádios de campanha na faixa de HF, que, assim como os rádios VHF, permitem a comunicação por voz e dados limitados, incluindo o recurso de geolocalização.

Quanto aos circuitos físicos, já há um entendimento uniforme, materializado em produtos doutrinários mais recentes, de que o FDT e os cabos múltiplos não são empregados no nível DE. Em vez disso, as ligações físicas são estabelecidas através de cabos metálicos de par trançado e cabos de fibra óptica. Por outro lado, verifica-se uma mudança quanto às situações em que esse meio será desdobrado: não mais para a ligação entre os PC da DE e dos seus escalões subordinados, mas, apenas, nas suas áreas de PC.

No caso do Exército Canadense, percebe-se uma similaridade com o EB, no tocante ao sistema de comunicações divisionário. No entanto, há um maior detalhamento dos meios

e sistemas de TIC e dos sistemas de comando e controle empregados, especialmente no que se refere às redes de computadores.

Em outras palavras, nota-se que os conceitos abordados nos manuais canadenses estão mais alinhados com o atual estado de desenvolvimento tecnológico. Isso também se torna evidente a partir das tecnologias, protocolos e equipamentos descritos na doutrina daquele país. Como exemplo, pode-se citar os rádios de média capacidade, que estabelecem uma rede móvel *ad hoc*, permitindo a comunicação por voz e dados com taxa de transmissão em torno de 500 (quinhentos) kbps, em movimento. No EB, essa capacidade se mostrou inexistente, considerando os meios do SCC.

Outra consideração necessária diz respeito aos serviços de rede disponibilizados no LCSS. Nesse caso, eles estão perfeitamente descritos e agrupados em três níveis de prioridade. Por outro lado, no lado brasileiro, essas informações ainda se mostram difusas, sem deixar claro ao planejador o que deve ser feito e em qual ordem de prioridade.

Em relação ao emprego de mensageiros e de meios visuais, acústicos e diversos, não se vislumbrou nenhuma diferença significativa entre a doutrina em vigor e práticas mais atuais. Entretanto, cabe ressaltar que esses meios apresentam uma maior aplicabilidade nos escalões unidade e inferiores.

4.2 RESULTADO DO QUESTIONÁRIO

A fim de esclarecer pontos que se mostraram contraditórios ou obscuros por ocasião da pesquisa bibliográfica, foi distribuído um questionário a 30 (trinta) capitães alunos do Curso de Comunicações da EsAO, cujo conteúdo encontra-se descrito no Apêndice A - Questionário. Desse universo, 22 (vinte e dois) militares responderam aos questionamentos formulados.

Na pergunta 1, observou-se que 95,45 % dos entrevistados concordam total ou parcialmente que o SCC deve ser desdobrado no escalão DE (gráfico 1).

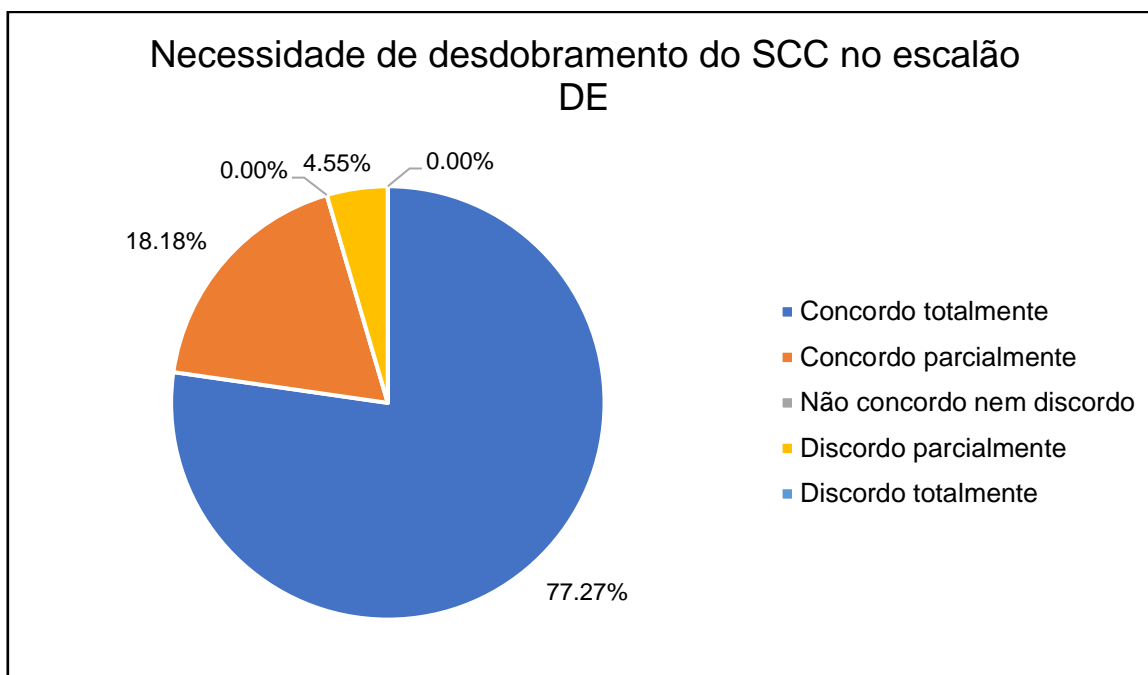


Gráfico 1 – Necessidade de desdobramento do SCC no escalão DE.

Fonte: O autor.

Por outro lado, 90,48 % entendem que o SCA e SCC devem constituir sistemas independentes, ainda que exista a possibilidade de integrá-los (gráfico 2). Cumpre destacar que, nesse questionamento, parte-se da premissa de que a DE desdobra um SCC.

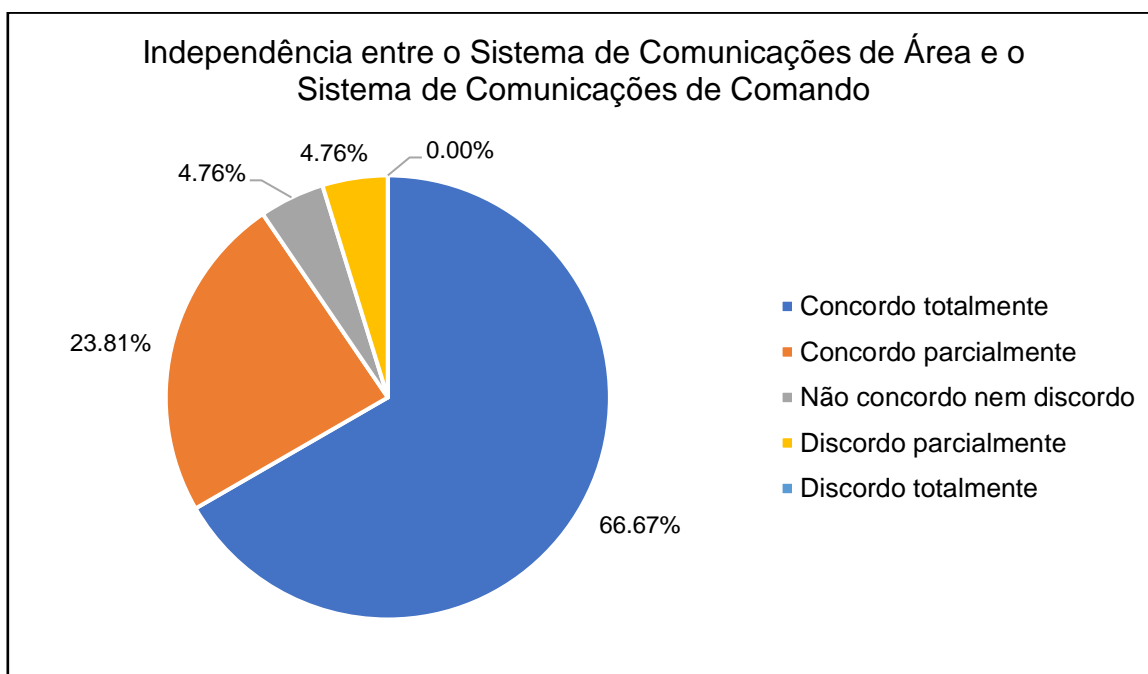


Gráfico 2 – Independência entre o Sistema de Comunicações de Área e o Sistema de Comunicações de Comando.

Fonte: O autor.

Nas proposições seguintes, os participantes foram questionados a respeito das características dos meios e sistemas de TIC empregados no âmbito da DE. As perguntas foram agrupadas em três conjuntos: o primeiro referindo-se à transmissão de voz (perguntas 3 a 5), o segundo, à transmissão de dados com taxa de transmissão em torno de 500 kbps (perguntas 6 a 8) e o último, também à transmissão de dados, mas com taxa de transmissão em torno de 5 mbps (perguntas 9 a 11). Em cada grupo, há três perguntas, que se distinguem pela característica de mobilidade do meio ou sistema de TIC, sendo a primeira referente a soluções transportáveis que demandam muito tempo para instalação/desinstalação e não operam em movimento (mobilidade baixa), a segunda a soluções transportáveis que podem ser rapidamente instaladas/desinstaladas e não operam em movimento (mobilidade média) e a terceira a soluções que permitem a operação em movimento (mobilidade alta).

Sobre os meios e sistemas de TIC destinados à transmissão de voz, 60,00 % concordam que eles devem possuir mobilidade baixa e 90,00 % que a mobilidade deve ser média ou alta. Destaca-se que na pergunta 4, apenas 40,00 % disseram concordar totalmente, enquanto na pergunta 5 esse percentual foi de 70,00 % (gráfico 3).

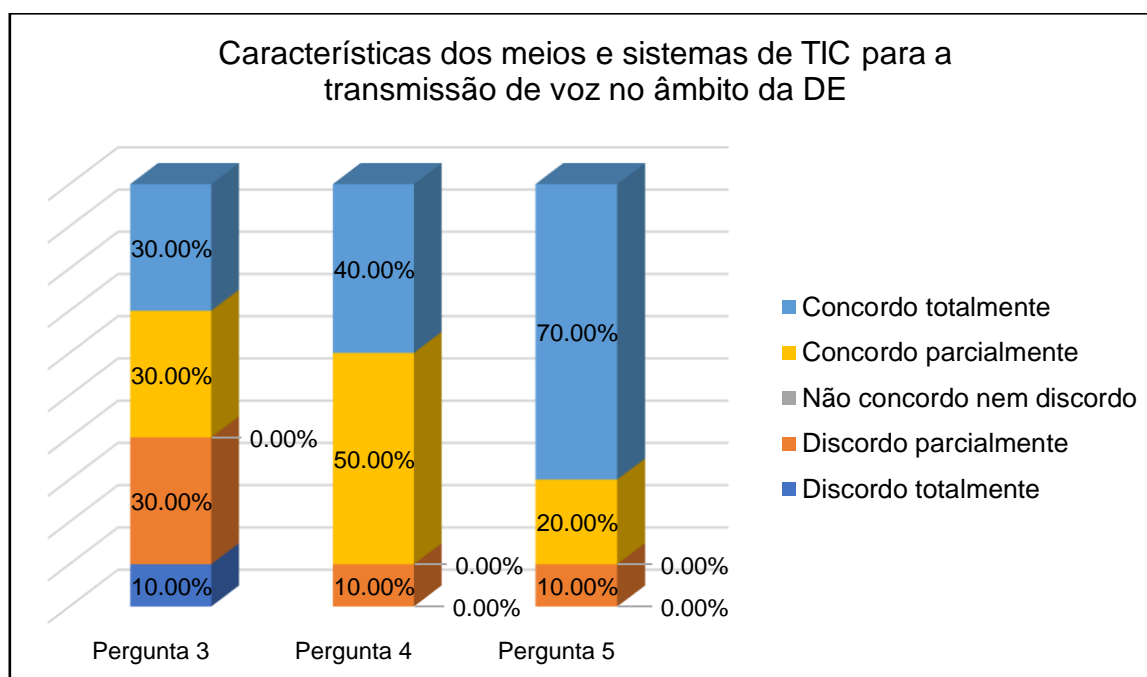


Gráfico 3 – Características dos meios e sistemas de TIC para a transmissão de voz no âmbito da DE.

Fonte: O autor.

Em seguida, 50,00 % concordaram que, meios destinados à transmissão de dados com taxa de transmissão em torno de 500 kbps, devem possuir baixa mobilidade, 72,70 %, mobilidade média e 90,50 %, mobilidade alta (gráfico 4).

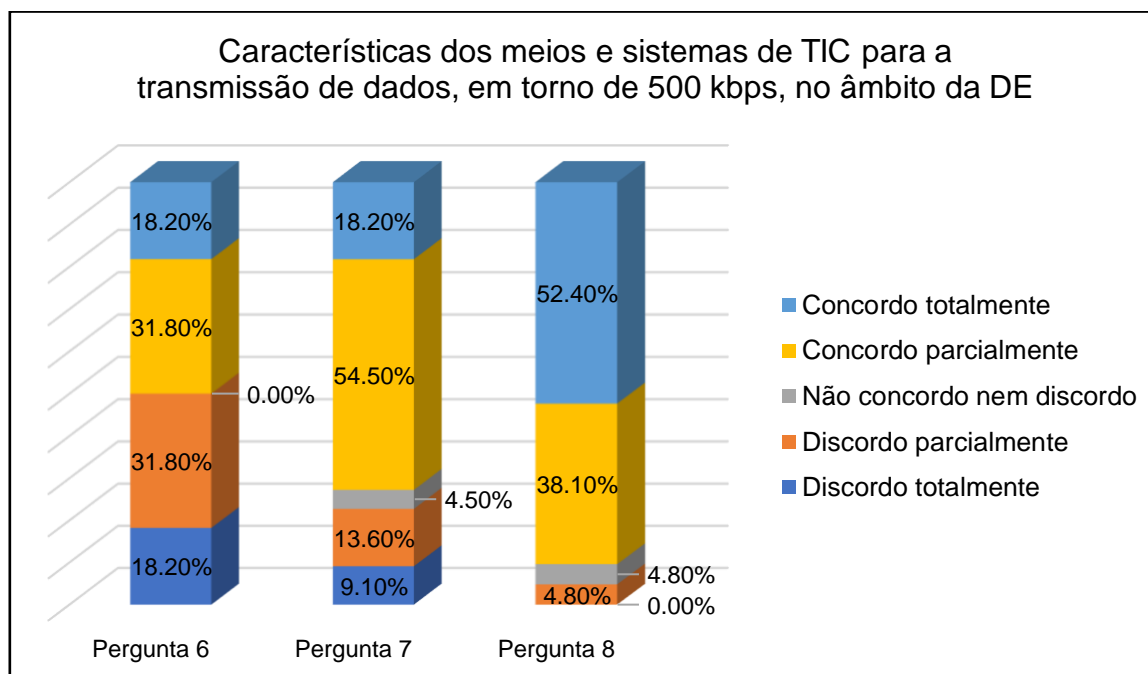


Gráfico 4 – Características dos meios e sistemas de TIC para a transmissão de dados, em torno de 500 kbps, no âmbito da DE.

Fonte: O autor.

No caso das taxas de transmissão de dados se posicionarem em torno de 5 mbps, 68,20 % concordaram que as soluções destinadas a essa finalidade devem possuir mobilidade baixa, 81,70 % disseram que a mobilidade deve ser média e 95,5 %, que a mobilidade deve ser alta (gráfico 5).

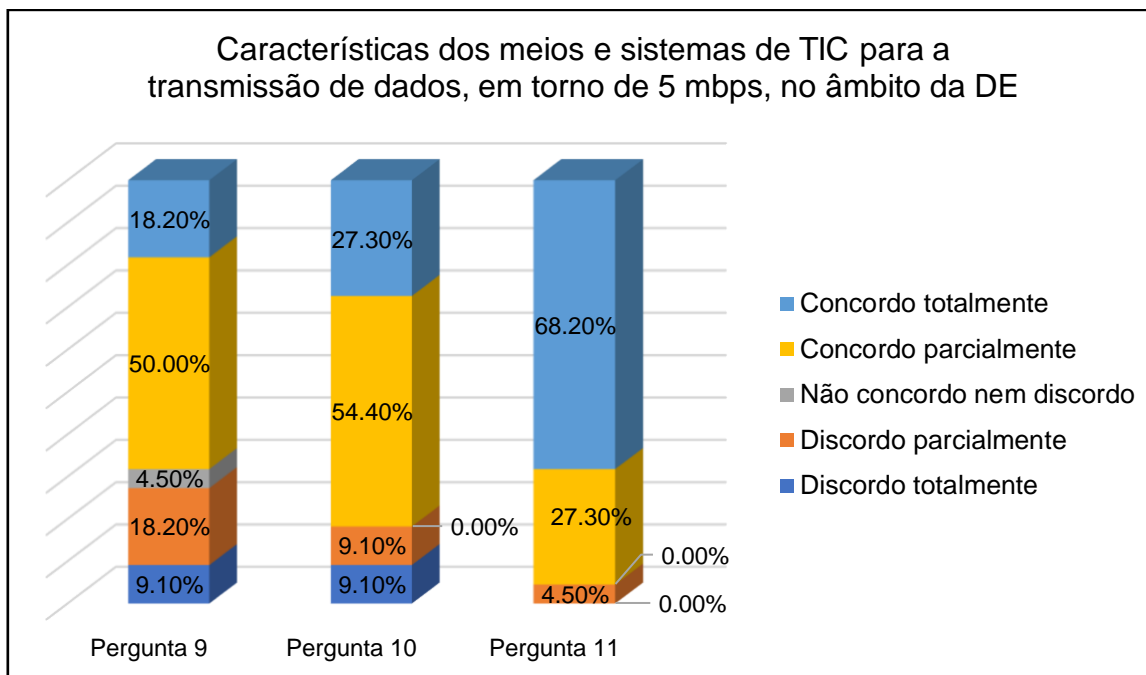


Gráfico 5 – Características dos meios e sistemas de TIC para a transmissão de dados, em torno de 5 mbps, no âmbito da DE.

Fonte: O autor.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 O SISTEMA DE COMUNICAÇÕES DE COMANDO

Em que se pese o fato de a Divisão de Exército ser o menor escalão em que há o desdobramento de um Sistema de Comunicações de Área, esse sistema destina-se a proporcionar comunicações em uma área geográfica determinada, no caso a Z Aç da DE, para todos os elementos que nela transitem. De modo distinto, o Sistema de Comunicações de Comando tem como função prover a ligação do comando do escalão enquadrante com os comandantes dos escalões superior e subordinado.

Em face disso, não se pode conceber o SCA como um sistema que engloba o SCC, pois, como afirmado anteriormente, suas finalidades são absolutamente distintas. Em outras palavras, esses dois sistemas, que compõem o SISTAC/DE, são independentes e atuam de forma complementar ao outro.

Pensamento semelhante foi manifestado pelos oficiais-alunos do Curso de Aperfeiçoamento de Comunicações do corrente ano, através de questionário aplicado, em que mais de 95 % da amostra pesquisada entende que o SCC deve ser desdobrado no escalão DE e cerca de 90 %, que o SCC e o SCA são independentes e complementares.

5.2 SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES POR RÁDIO

Os rádios de alta capacidade em visada direta por micro-ondas já são utilizados no SCA, para realizar os enlaces de junção e de rede. Portanto, não parece oportuno replicar um mesmo meio do SCA para o SCC, pois isso não agregaria nenhuma nova capacidade ao SISTAC/DE.

Em vez disso, o desdobramento de uma rede móvel *ad hoc* traria maior rapidez, flexibilidade, mobilidade, continuidade e confiabilidade ao SISTAC/DE, haja visto a particularidade desse tipo de rede em ser auto estabelecível, auto organizável, auto administrável, autônoma e livre de infraestrutura. Isso permitiria a comunicação por voz e dados, com moderada taxa de transmissão de dados, inclusive em movimento, capacidade essa compatível com as características das tropas blindadas e mecanizadas que, normalmente, compõem a estrutura de uma DE.

Em que se pese não haver previsão na doutrina para o desdobramento de uma rede MANET, sua utilização já ocorre no EB, como mostrado por CHAVES (2020, p. 9 a 12). De igual maneira, essa rede é utilizada atualmente no Exército Canadense, através dos chamados rádios de média capacidade. Ou seja, isto que se sugere não é uma ideia nova, mas apenas a institucionalização de uma prática já adotada.

Cumprе destacar que a capacidade de transmissão de dados em HF é extremamente reduzida, tornando-a, eventualmente, impraticável, sob determinadas circunstâncias atmosféricas e espaciais. Sendo assim, deve-se dispor de outro meio que possa conferir a capacidade de transmissão de dados em média ou alta capacidade ao SISTAC/DE, o que é feito pelo emprego de sistemas de comunicações por satélites, sejam eles militares ou civis.

Naturalmente que, nesse último caso, especial atenção deve ser dada à questão da segurança das comunicações. Isso, no entanto, não pode servir como argumento para a sua não utilização, haja vista que os sistemas satelitais apresentam elevado custo de instalação, manutenção e operação, o que poderia acarretar a impossibilidade de utilização de sistemas desse tipo, caso fosse imposta apenas o emprego de sistemas de comunicação por satélite militares.

As redes descritas acima não implicam necessariamente na utilização de um tipo de equipamento para cada uma delas. Atualmente, é possível encontrar no mercado rádios multibanda que operam em diferentes faixas de frequência, normalmente H/VHF e V/UHF. Em outras palavras, pode não ser necessário um *hardware* específico para cada uma das redes.

5.3 SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES POR CIRCUITOS FÍSICOS

Em relação aos meios físicos, é oportuno apontar que, diante das características dos conflitos contemporâneos, que resultam em combates cada vez mais dinâmicos, sua instalação a longas distâncias mostra-se inviável, diante do tempo consumido com essa tarefa. Ainda assim, entende-se que continuam existindo situações em que esse tipo de ligação deve ser usado, como, por exemplo, para a ligação entre o NA e o C Com do PC apoiado, entre as ERB do SAM, entre os CN do SCA e entre os CN e os NA.

Além disso, o material empregado deve possibilitar boas taxas de transmissão (acima de 5 Mbps), por alguns quilômetros, mantendo as características exigida para o uso em operações militares. Ressalta-se que essas observações dizem respeito ao escalão DE. Entende-se, por outro lado, que em outros escalões, necessidades distintas poderão ser consideradas.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho objetivou descrever a estrutura para o funcionamento do Sistema de Comunicações de Comando em uma Divisão de Exército, o que foi feito perseguindo-se objetivos intermediários elucidados na revisão da literatura e na pesquisa bibliográfica, complementadas por questionário aplicado aos oficiais-alunos do Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais de Comunicações da Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, no ano de 2022.

Nesse sentido, foram apresentados os princípios de emprego das comunicações e a missão, organização e capacidades de uma Divisão de Exército. Esses conceitos serviram de base para a compreensão do problema de pesquisa e para o esclarecimento dos objetivos seguintes.

A partir daí, foram descritos e discutidos, através de uma comparação, os sistemas de comunicações desdobrados em apoio a uma Divisão de Exército, tanto no Exército Brasileiro quanto no Exército Canadense. Apesar de observada diversas semelhanças entre eles, notou-se a necessidade de atualização dos conceitos abordados na doutrina brasileira às tecnologias atualmente existentes.

Como consequência, chegou-se a uma proposta de estruturação do Sistema de Comunicações de Comando, produto deste trabalho, apresentada no Apêndice B – Proposta do Capítulo V (Sistema de comunicações do escalão apoiado) do manual de campanha EB70-MC-10.2XX Batalhões de Comunicações.

Diante do exposto, conclui-se que o Sistema de Comunicações de Comando deve ser desdobrado no escalão Divisão de Exército, atuando de forma complementar ao Sistema de Comunicações de Área. Sua estrutura compreende meios de comunicações por rádio, por satélite, por circuitos físicos, por mensageiros, visuais, acústicos e diversos, além de serviços de tecnologia da informação e comunicações, permitindo a comunicação por voz e dados nos altos e em movimento.

Por fim, faz-se oportuno apontar questões que desabrocharam no transcorrer da pesquisa, mas que deixaram de ser estudadas por extrapolarem o problema proposto. São elas: como se dará o funcionamento do Sistema de Comunicações de Comando e como ocorrerá a integração entre o Sistema de Comunicações de Comando e o Sistema de Comunicações de Área.

REFERÊNCIAS

BARDIN, Laurence. Análise de conteúdo. 1 Ed. São Paulo: Edições 70, 2016.

BRASIL. Ministério da Defesa. Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas. **MD31-M-03**: doutrina para o sistema militar de comando e controle. 3. Ed. Brasília, 2015a.

_____. _____. _____. **MD32-G-01**: glossário das forças armadas. 5. Ed. Brasília, 2015b.

_____. _____. Exército Brasileiro. Comando de Operações Terrestres. **EB70-MC-10.241**: as comunicações na força terrestre. 1. Ed. Brasília, 2018.

_____. _____. _____. **EB70-MC-10.243**: divisão de exército. 3. Ed. Brasília, 2020a.

_____. _____. _____. **EB70-MC-10.246**: as comunicações nas operações. 1. Ed. Brasília, 2020b.

_____. _____. _____. **Nota Doutrinária Nr 04/2021**: Sistema de Comando e Controle da Força Terrestre. 2021.

_____. _____. _____. Comando do Exército. **EB-10-P-01.007**: plano estratégico do exército 2020-2023. 1; Ed. Brasília, 2020c.

_____. _____. _____. Estado-Maior do Exército. **C 11-1**: emprego das comunicações. 2. Ed. Brasília, 1997a.

_____. _____. _____. **C 11-20**: batalhão de comunicações. 1. Ed. Brasília, 2003.

_____. _____. _____. **C 21-30**: abreviaturas, símbolos e convenções cartográficas. 4. Ed. Brasília, 2002.

_____. _____. _____. **C 24-18**: emprego do rádio em campanha. 4. Ed. Brasília, 1997b.

_____. _____. _____. **EB20-MC-10.205**: comando e controle. 1. Ed. Brasília, 2015c.

_____. _____. _____. _____. **EB20-MF-10.102**: doutrina militar terrestre. 2. Ed. Brasília, 2019.

_____. _____. _____. Departamento de Educação e Cultura do Exército. **EB60-ME-12.303**: planejamento de comunicações e guerra eletrônica. 1 Ed. Rio de Janeiro, 2020d.

_____. Ministério do Exército. Estado-Maior do Exército. **C 11-61**: comunicações na divisão de exército. 1. Ed. Brasília, 1995.

_____. _____. _____. **C 24-20**: comunicações por fio – 2ª parte – material. 1. Ed. Brasília, 1990.

CANADÁ. National Defence. Canadian Army. Canadian Army Doctrine and Training Centre. **B-GL-331-001/FP-001**: command support in land operations. 2008.

_____. _____. _____. **B-GL-351-001/FP-001**: signals in support of land operations, volume 1: principles and fundamentals. 2009.

_____. _____. _____. **B-GL-351-002/FP-001**: signals in land operations, volume 2: command support. 2018.

CHAVES, Matheus Nery. **As Comunicações Táticas no SISFRON**: uma análise para implementação de melhorias no projeto do módulo de telemática operacional. 2020.

COLEMAN, David D.; WESTCOTT, David A. **CWNA Certified Wireless Network Administrator Study Guide**: (Exam PW0-100). 6 Ed. Alemanha: Wiley, 2016.

DECUSATIS, Casimer. **Handbook of Fiber Optic Data Communication**: a practical guide to optical networking. 3 Ed. Londres. Academic Press, 2008

HARRIS CORPORATION. **Guia do estudante**: operações do rádio manpack multibanda RF-7800M-MP. 2014.

UNITED STATES OF AMERICA. Department of the Army. Headquarters. **ATP 6-02.60**: tactical networking techniques for corps and below. 2019a.

_____. _____. _____. **FM 6-02**: signal support to operations. 2019b.

_____. Department of the Navy. Headquarters United States Marine Corps. **MCRP 8-10B.11**: antenna handbook. 1999.

APÊNDICE A – Questionário

1. IDENTIFICAÇÃO E ASSOCIAÇÃO DO PARTICIPANTE AO TEMA

1.1 ORGANIZAÇÃO MILITAR:

1.2 FUNÇÃO:

1.3 POSTO:

1.4 ARMA, QUADRO OU SERVIÇO:

2. QUESTIONÁRIO

2.1 O manual EB70-MC-10.241 As Comunicações na Força Terrestre (1ª edição, 2018) define Sistema de Comunicações de Comando (SCC) como o “conjunto de meios de comunicações destinados a atender às necessidades específicas de um escalão de comando em operações, ligando, basicamente, um comando a seus subordinados, desde o estado de paz até o conflito armado (estado de guerra), passando pela crise” (p.3-4).

O SCC deve ser desdobrado no escalão Divisão de Exército (DE).

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente

2.2 O manual de campanha EB70-MC-10.241 As Comunicações na Força Terrestre (1ª edição, 2018) define Sistema de Comunicações de Área (SCA) como o “conjunto de meios de comunicações destinados a atender aos elementos localizados em uma área geográfica sob responsabilidade de determinado escalão” (p. 3-4).

O SCC e o SCA devem ser estruturados para atuar de forma independente, ainda que exista a possibilidade de integrá-los.

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente

2.3 A DE deve possuir meios e sistemas de TIC que permitam a comunicação por voz em situações estáticas, com soluções transportáveis, mas com pouca mobilidade e que demandem muito tempo para instalação/desinstalação.

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente

2.4 A DE deve possuir meios e sistemas de TIC que permitam a comunicação por voz nos altos, com soluções transportáveis que, ainda que não funcionem em movimento, possam ser rapidamente instaladas/desinstaladas.

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente

2.5 A DE deve possuir meios e sistemas de TIC que permitam a comunicação por voz com soluções que funcionem em movimento, sem perda da sua capacidade.

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente

2.6 A A DE deve possuir meios e sistemas de TIC que permitam a comunicação por dados, com taxa de transmissão em torno de 500 (quinhentos) kbps, com soluções transportáveis, mas com pouca mobilidade e que demandem muito tempo para instalação/desinstalação.

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente

2.7 A DE deve possuir meios e sistemas de TIC que permitam a comunicação por dados, com taxa de transmissão em torno de 500 (quinhentos) kbps, com soluções transportáveis que, ainda que não funcionem em movimento, possam ser rapidamente instaladas/desinstaladas.

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente

2.8 A DE deve possuir meios e sistemas de TIC que permitam a comunicação por dados, com taxa de transmissão em torno de 500 (quinhentos) kilobits por segundo (kbps), com soluções que funcionem em movimento, sem perda da sua capacidade.

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente

2.9 A A DE deve possuir meios e sistemas de TIC que permitam a comunicação por dados, com taxa de transmissão em torno de 5 (cinco) mbps, com soluções transportáveis, mas com pouca mobilidade e que demandem muito tempo para instalação/desinstalação.

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente

2.10 A DE deve possuir meios e sistemas de TIC que permitam a comunicação por dados, com taxa de transmissão em torno de 5 (cinco) mbps, com soluções transportáveis que, ainda que não funcionem em movimento, possam ser rapidamente instaladas/desinstaladas.

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente

2.11 A DE deve possuir meios e sistemas de TIC que permitam a comunicação por dados, com taxa de transmissão em torno de 5 (cinco) mbps, com soluções que funcionem em movimento, sem perda da sua capacidade.

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente

APÊNDICE B – Proposta do Capítulo V (Sistema de comunicações do escalão apoiado) do manual de campanha EB70-MC-10.2XX Batalhões de Comunicações

CAPÍTULO V

SISTEMA DE COMUNICAÇÕES DO ESCALÃO APOIADO

5.1 CARACTERÍSTICAS

5.1.1 O Sistema Tático de Comunicações (SISTAC) do Grande Comando Operativo (G Cmdo Op) apoiado pelo Batalhão de Comunicações e Guerra Eletrônica (B Com GE) é composto por um Sistema de Comunicações de Área (SCA) e um Sistema de Comunicações de Comando (SCC), que funciona de forma complementar ao primeiro.

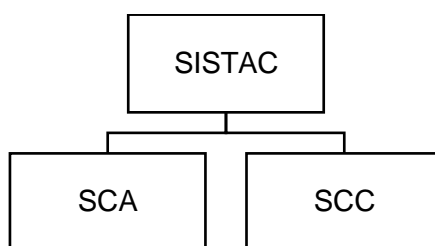


Figura 1 – Sistema de Tático de Comunicações.

5.1.2 O SISTAC é estruturado e operado de forma que permita o exercício do comando e controle por parte do comandante e do estado-maior do G Cmdo Op enquadrante, mesmo em condições desfavoráveis e sob a ação de medidas de guerra eletrônica e cibernética inimigas, possuindo as seguintes características:

- Flexibilidade** para atender às alterações dos planos de operações, em face das condutas de combate e das mudanças de organização da força empregada e para facilitar o deslocamento de unidades e instalações no interior da zona de ação (Z Aç) do G Cmdo Op;
- Diversidade**, mediante a utilização de procedimentos e de equipamentos de comunicações diferenciados, de modo que permita ao usuário e ao sistema uma variedade de opções na transmissão das informações;
- Abrangência**, ocupando toda a Z Aç, em largura e profundidade, e assistindo a todos os elementos nela desdobrados;
- Acessibilidade**, através de instalações e pontos de entrada e saída no sistema, além de meios de comutação (*switching*) e roteamento para permitir a modificação e a redistribuição do tráfego;
- Confiabilidade**, assegurada pela utilização de rotas alternativas para garantir a rapidez e a continuidade das ligações, de modo que as informações cheguem em tempo oportuno aos destinatários;

- f) **Segurança**, obtida com a ampla utilização de tecnologias e procedimentos de proteção eletrônica e cibernética;
- g) **Economia de meios**, utilizando circuitos de uso comum e recursos locais de comunicações existentes, a fim de permitir a concentração dos meios do SISTAC nas situações em que for estritamente necessário;
- h) **Seletividade**, fornecendo circuitos e canais de comunicações privativos para atender às imposições de urgência e volume de tráfego;
- i) **Interoperabilidade**, resultante da compatibilidade com outros sistemas de comunicações, tanto militares quanto civis;
- j) **Capacidade de tráfego**, permitindo, não só ligações simultâneas, como, também, a transmissão automática de dados, para garantir o uso da informação em tempo real;
- k) **Facilidade de operação**, através do uso de interfaces simples e amigáveis, com rotinas de processamento de dados operando de forma transparente para o usuário.

5.1.3 O planejamento do apoio de comunicações deve sempre prever, no mínimo, um sistema (ou meio) principal, um alternativo, um de contingência e um de emergência (PACE), de modo que, mesmo quando houver prejuízo à operação do SISTAC, as informações continuem a fluir entre os escalões envolvidos:

- a) Principal: é o melhor meio ou sistema de comunicações disponível e que deve ser usado prioritariamente;
- b) Alternativo: é um meio ou sistema semelhante ao principal, com as mesmas capacidades, mas com qualidade, talvez, inferior à dele;
- c) De contingência: meio ou sistema não tão rápido, conveniente ou confiável, mas que ainda permite garantir o exercício do comando e controle;
- d) De emergência: meio ou sistema de comunicações utilizado como último recurso, podendo causar atraso no fluxo de informações ou causar algum tipo de prejuízo ao exercício do comando e controle.

5.1.4 Sempre que possível, a troca entre os meios ou sistemas de comunicações deverá ser feita de forma automática, sem a intervenção dos operadores, a fim de eliminar ou reduzir ao máximo o período de indisponibilidade do SISTAC, em caso de falha.

5.1.5 Em princípio, o planejamento dos meios PACE no SISTAC seguirá a seguinte distribuição, para a ligação entre os escalões considerado e subordinados:

- a) Sistemas principais:
 - 1) SCA;
 - 2) Rede de comunicações baseada no protocolo *Long Term Evolution* (Rede LTE) do Sistema de Assinante Móvel (SAM);
 - 3) Rede de comunicações baseada no protocolo *Project-25* (Rede P25) do SAM.
- b) Sistemas alternativos:
 - 1) Rede de comunicações móvel *ad hoc* (MANET);
 - 2) Sistema de comunicações por satélite.
- c) Sistema de contingência: Rede de comunicações em linha de visada;
- d) Sistemas de emergência:
 - 1) Rede de comunicações além da linha de visada;
 - 2) Mensageiros.

5.2 SISTEMA DE COMUNICAÇÕES DE COMANDO

5.2.1 GENERALIDADES

5.2.1.1 O SCC compreende um conjunto de meios de comunicações destinados a realizar a ligação entre Postos de Comando (PC) do escalão considerado e dos subordinados, atuando de forma suplementar ao SCA.

5.2.1.2 Para isso, o SCC dispõe de equipamentos rádio de campanha (ERC), sistemas de comunicações por satélite (Sist Com Sat), sistemas de comunicações por circuitos físicos (Sist Com Cirt Fis) e mensageiros (MN), os quais podem ser desdobrados de forma isolada ou integrados ao SCA. Os meios do SCC, com exceção dos mensageiros, ligam-se aos servidores do Centro de Comunicações (C Com) do Posto de Comando Principal (PCP) e do Posto de Comando Alternativo (PC Altn) do G Cmdo Op apoiado, a fim de integrar todos os sistemas disponíveis, permitindo a utilização dos serviços de tecnologia da informação e comunicações (Sv TIC) através do SCC.

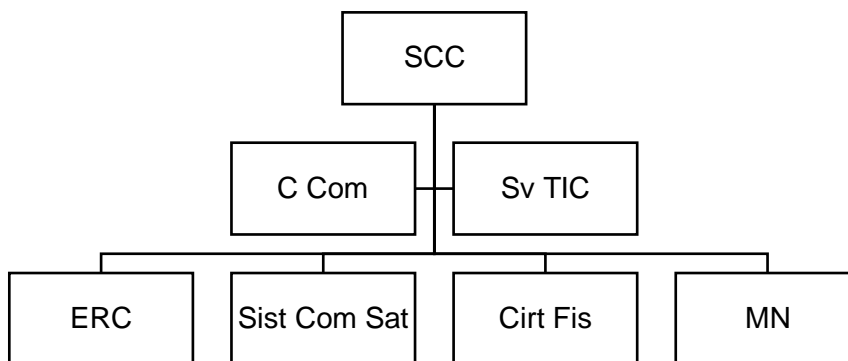


Figura 2 – Sistema de Comunicações de Comando.

5.2.2 EQUIPAMENTOS RÁDIO DE CAMPANHA

5.2.2.1 Rede de comunicações móvel *ad hoc*

5.2.2.1.1 A rede de comunicações móvel *ad hoc* (MANET – *mobile ad hoc network*) é constituída de equipamentos rádio que operam na faixa de ultra alta frequência (UHF – *ultra high frequency*), com a capacidade de realizar o roteamento e a retransmissão automática de dados.

5.2.2.1.2 Uma rede *ad hoc* é um tipo de rede sem fio, com uma topologia em malha (ou *mesh*), que não necessita de infraestruturra prévia de TIC, como cabos, roteadores, servidores e pontos de acesso sem fio. Todos os dispositivos, ou nós, em uma MANET conectam-se uns aos outros, sem fio, dentro da sua área de alcance útil.

5.2.2.1.3 Pode-se dizer que uma rede *ad hoc* é auto recuperável, à medida em que cada nó da rede estabelece caminhos alternativos de maneira automática, sem necessidade de intervenção do operador. Desse modo, caso uma das rotas entre dois dispositivos seja interrompida, uma outra será utilizada para manter a continuidade da rede.

5.2.2.1.4 Os equipamentos da rede MANET possuem recursos de segurança das transmissões e das comunicações, garantindo sua confiabilidade, mesmo em ambiente de guerra eletrônica e cibernética.

5.2.2.1.5 A rede MANET confere ao G Cmdo Op apoiado a capacidade de estabelecer comunicações em movimento, em locais sem infraestrutura pré-estabelecida, com alta capacidade de tráfego de dados, permitindo a utilização de serviços de voz sobre *internet protocol* (VoIP), geolocalização, compartilhamento de arquivos, videoconferência, além de diversas aplicações baseadas em IP.

5.2.2.1.6 Quando não for desdobrado o SCA, a rede MANET será a principal rede de comunicações, em situações de movimento, estabelecida no âmbito do G Cmdo Op apoiado, sendo utilizada, preferencialmente, para a transmissão e recepção de dados. Nas operações em que o SCA for estabelecido, a rede MANET opera de forma complementar a ele, servindo como um meio de comunicações de dados alternativo. Para isso, ela deverá estar conectada diretamente ao Sistema de Gerenciamento (SG) do SCA.

5.2.2.1.7 Geralmente, a rede MANET não é integrada à malha nodal, apesar de isso ser tecnicamente possível, visto que o SCA já apresenta rotas alternativas e meios redundantes destinados a garantir a continuidade do sistema.

5.2.2.2 Rede de comunicações em linha de visada

5.2.2.2.1 A rede de comunicações em linha de visada é constituída de equipamentos rádio e repetidores que operam na faixa de muito alta frequência (VHF – *very high frequency*), com a capacidade de estabelecer serviços de comunicações por voz e dados em banda estreita, incluindo VoIP, geolocalização e compartilhamento de arquivos.

5.2.2.2.2 Os equipamentos da rede de comunicações em linha de visada possuem recursos de segurança das transmissões e das comunicações, garantindo sua confiabilidade, mesmo em ambiente de guerra eletrônica e cibernética.

5.2.2.2.3 A rede de comunicações em linha de visada confere ao G Cmdo Op apoiado a capacidade de estabelecer comunicações estáticas, com elevada mobilidade e flexibilidade, em locais sem infraestrutura pré-estabelecida.

5.2.2.2.4 A rede de comunicações em linha de visada é a rede de contingência estabelecida no âmbito do G Cmdo Op apoiado, sendo utilizada, preferencialmente, para a transmissão e recepção de voz e para o serviço de geolocalização.

5.2.2.2.5 A rede de comunicações em linha de visada pode ser integrada à malha nodal, a fim de aumentar o seu alcance útil sobre a Z Aç do G Cmdo Op apoiado. No entanto, os meios próprios da rede, isto é, os rádios e os repetidores, devem ser capazes de estabelecer os enlaces necessários entre os PC dos escalões considerado, superior e subordinados, sem associação ao SCA. Isso é necessário para garantir a confiabilidade do SISTAC.

5.2.2.3 Rede de comunicações além da linha de visada

5.2.2.3.1 A rede de comunicações além linha de visada é constituída de equipamentos rádio que operam na faixa de alta frequência (HF – *high frequency*), com a capacidade de estabelecer serviços de comunicações por voz e dados em banda estreita, incluindo mensagens de texto e geolocalização.

5.2.2.3.2 Os equipamentos da rede de comunicações além da linha de visada possuem recursos de segurança das transmissões e das comunicações, garantindo sua confiabilidade, mesmo em ambiente de guerra eletrônica e cibernética.

5.2.2.3.3 A rede de comunicações além da linha de visada confere ao G Cmdo Op apoiado a capacidade de estabelecer comunicações estáticas, com elevada mobilidade e flexibilidade, em locais sem infraestrutura pré-estabelecida.

5.2.2.3.4 A rede de comunicações além linha de visada é a rede de comunicações de emergência estabelecida no âmbito do G Cmdo Op apoiado, sendo utilizada, preferencialmente, para a transmissão e recepção de voz e para o serviço de geolocalização.

5.2.2.3.5 Sempre que possível, deve ser empregado o recurso de Estabelecimento Automático de Enlace (ALE – *Automatic Link Establishment*), para garantir o funcionamento da rede em tempo integral, considerando as características de propagação das ondas em HF.

5.2.2.3.6 A rede de comunicações além da linha de visada pode ser integrada à malha nodal, a fim de aumentar o seu alcance útil sobre a Z Aç do G Cmdo Op apoiado. No entanto, os meios próprios da rede, isto é, os equipamentos rádio, devem ser capazes de estabelecer os enlaces necessários entre os PC dos escalões considerado, superior e subordinados, sem associação ao SCA. Isso é necessário para garantir a confiabilidade do SISTAC.

5.2.2.4 Ponte de Rede Sem Fio (PRS)

5.2.2.4.1 Eventualmente, poderá ser necessário estabelecer ligações sem fio para desdobrar o SISTAC com rapidez e conferir flexibilidade a ele. Nessas situações, são utilizadas as PRS, que consistem em rádios que operam na faixa de micro-ondas e se destinam a ligar dois segmentos de rede em uma única rede IP.

5.2.2.4.2 Uma ponte de rede é um dispositivo que liga dois ou mais segmentos de uma mesma rede. Diferente de um roteador, que permite que várias redes se comuniquem independentemente, permanecendo distintas entre si, uma ponte de rede conecta duas redes separadas, como se elas fossem uma única rede. No modelo *Open Systems Interconnection* (OSI), as pontes de rede operam na camada de enlace de dados (camada 2):

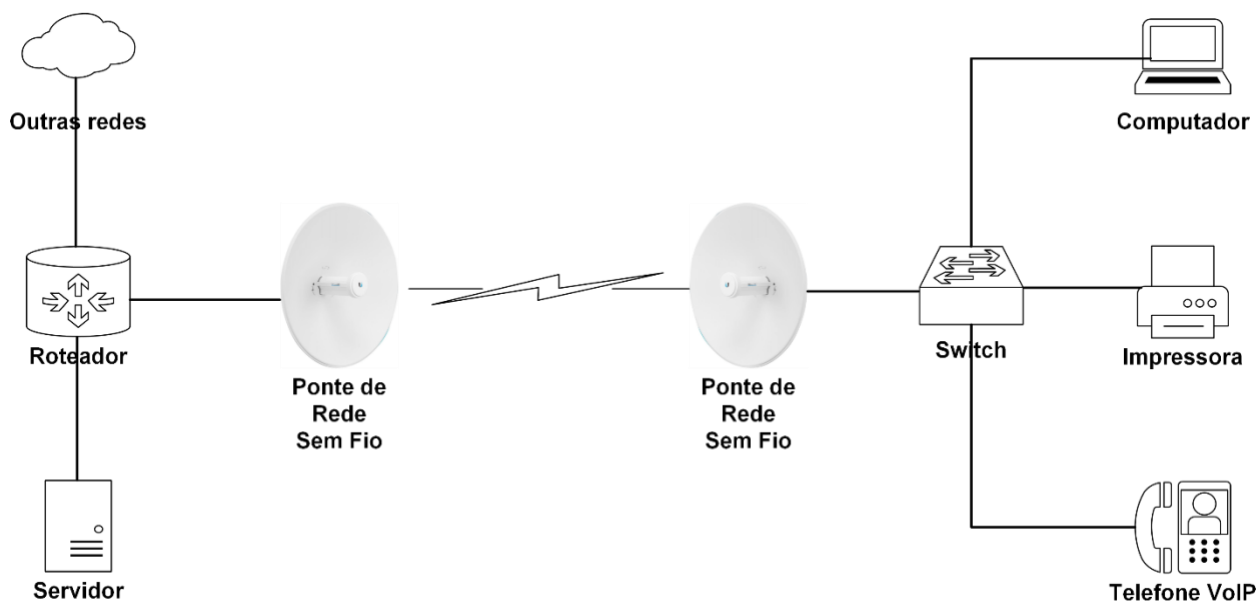


Figura 3 – Exemplo de desdobramento de pontes de rede sem fio.

5.2.2.4.3 As PRS são geralmente empregados para estabelecer as ligações entre um PC e o NA que o serve, entre as estações rádio base (ERB) e o sistema de gerenciamento do Sistema de Assinante Móvel (SAM) ou, ainda, em situações que necessitem de uma comunicação de dados ponto a ponto.

5.2.2.5 Equipamentos de Interface de Rede (EIR)

5.2.2.5.1 Os EIR são dispositivos capazes de integrar redes rádio distintas, inclusive de equipamentos que, em princípio, não sejam interoperáveis. Isso é feito através da comutação do áudio proveniente dos rádios conectados ao EIR, independentemente do tipo de modulação ou de digitalização de voz utilizados pelos equipamentos.

5.2.2.5.2 Alguns canais de comunicação com ruído excessivo podem prejudicar o funcionamento do EIR, à medida em que podem ser confundidos com informação proposital transmitida na rede.

5.2.2.5.3 Diversos EIR podem ser conectados entre si através de uma rede IP, permitindo a comunicação entre redes rádio cujos equipamentos estejam fora do seu alcance útil:

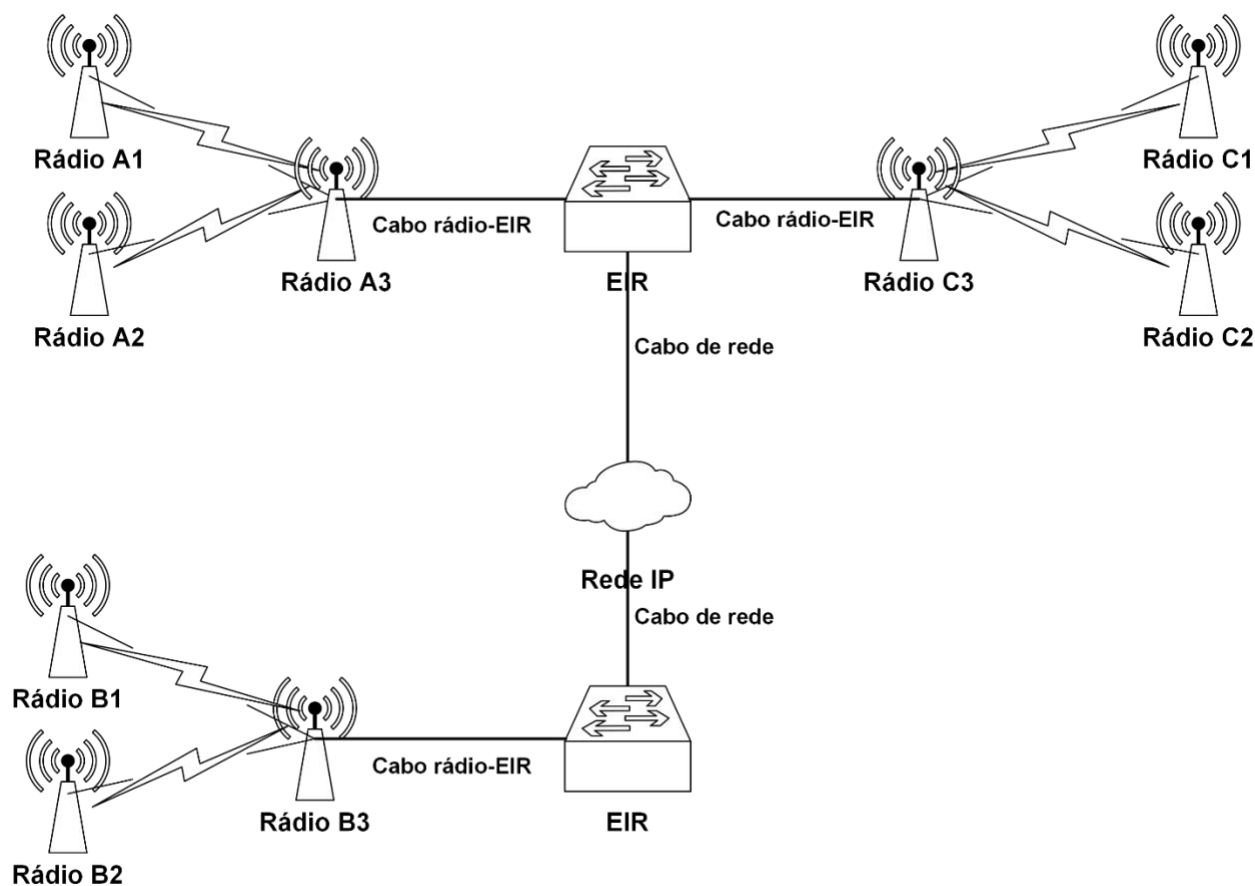


Figura 4 – Exemplo de desdobramento de Equipamentos de Interface de Rede.

5.2.3 SISTEMA DE COMUNICAÇÕES POR SATÉLITE

5.2.3.1 O sistema de comunicações por satélite é composto por um segmento espacial, que consiste na constelação de satélites empregados em proveito das operações militares, e um segmento terrestre, que engloba os centros de gerenciamento do sistema e os terminais terrestres fixos:

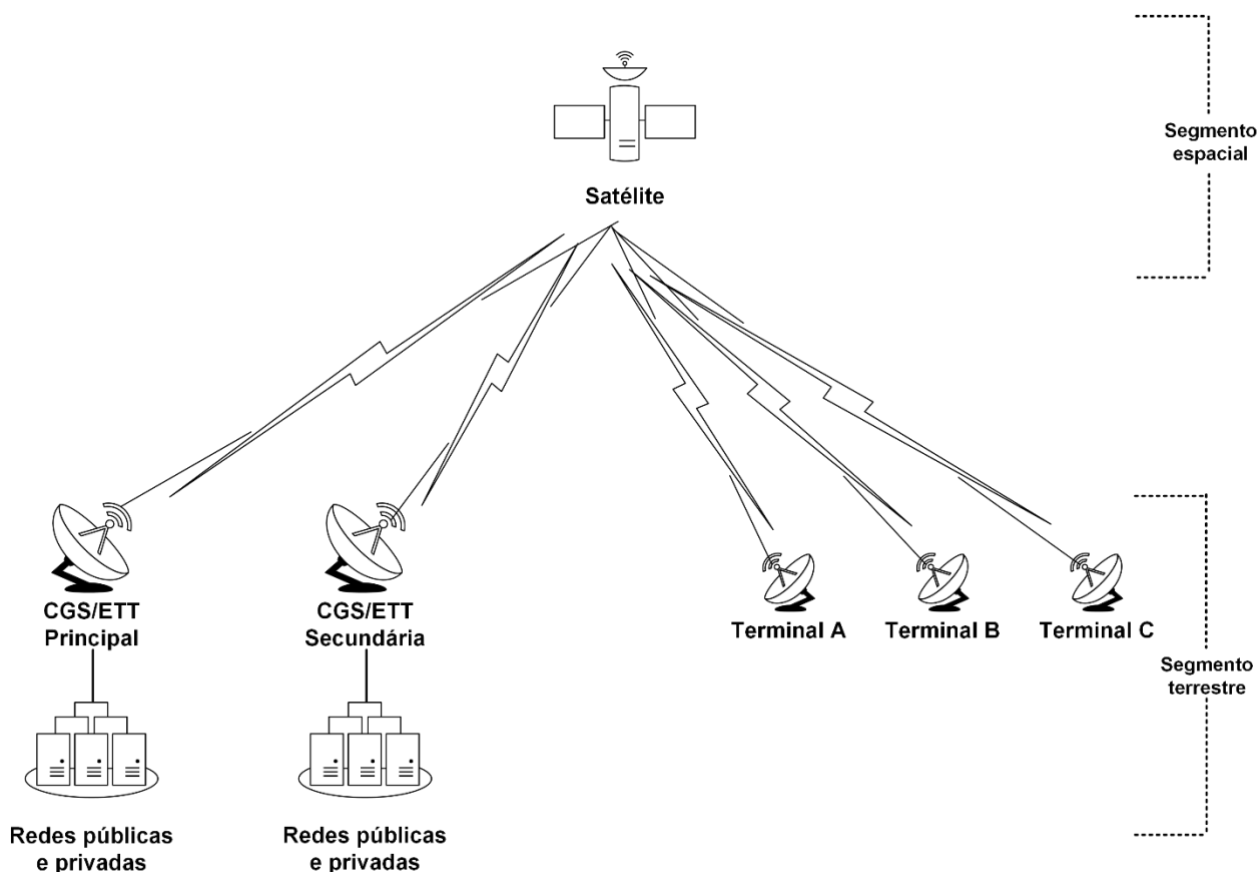


Figura 5 – Exemplo de um sistema de comunicações por satélite.

5.2.3.2 O B Com GE desdobra seus meios de comunicações por satélite para estabelecer a conectividade dos CN e NA à malha e a ligação entre os PC do escalão apoiado e os dos escalões superior e subordinados, utilizando, quando necessário, redes privadas virtuais (VPN – *virtual private networks*).

5.2.3.3 Os meios de comunicações por satélite empregados pelo B Com GE compreendem os seguintes tipos de terminais:

- a) Ultraportáteis: são os telefones satelitais, que permitem a comunicações por voz, em situações estáticas e de movimento;
- b) Portáteis: equipamentos de tamanho reduzido, operados por um único indivíduo, que permitem comunicações por voz e dados, com baixa taxa de transmissão, em situações estáticas;
- c) Leves e transportáveis: equipamentos de médio porte, operados por uma turma de dois a três indivíduos, que permitem comunicações por voz e dados, em situações estáticas;
- d) Rebocáveis: equipamentos de grande porte, rebocado por viatura, que permitem comunicações por voz e dados, com alta taxa de transmissão de dados, em situações estáticas;
- e) Veiculares: são instalados em viatura e permitem comunicações por voz e dados em situações estáticas e de movimento.

5.2.4 CIRCUITOS FÍSICOS

5.2.4.1 Generalidades

5.2.4.1.1 O B Com GE emprega, em proveito do G Cmdo Op que apoia, circuitos físicos para as ligações internas na área de PC, para a conexão de centros nodais (CN) e nós de acesso (NA) do SCA e para estabelecer a conectividade do NA ao PC que ele serve. Além disso, o B Com GE pode destacar turmas especializadas para apoiar a instalação de circuitos físicos nos escalões subordinados.

5.2.4.1.2 Geralmente, o B Com GE não desdobra circuitos físicos para estabelecer as ligações entre os PC do G Cmdo Op apoiado, dos PC do escalão superior e dos PC dos escalões subordinados.

5.2.4.1.3 Os circuitos físicos mais comumente empregados são:

- a) Cabo de par trançado não blindado (UTP – *unshielded twisted pair*);
- c) Cabo de par trançado blindado (STP – *shielded twisted pair*);
- b) Sistema de comunicações ópticas.

5.2.4.1.4 Os fios e cabos empregados em operações militares, para possibilitar o rendimento necessário, devem possuir as seguintes características gerais:

- a) Flexibilidade dos condutores;
- b) Alta resistência à tração;
- c) Boa condutividade elétrica (quando se tratar de meio elétrico);
- d) Isolamento e resistência à água;
- e) Resistência aos desgastes decorrentes do uso normal no material;
- f) Fácil manejo;
- g) Rápido lançamento por turmas pequenas, com equipamento reduzido.

5.2.4.2 Cabos de par trançado

5.2.4.2.1 Os cabos de par trançado são constituídos quatro pares de fios de cobre torcidos, para reduzir a interferência eletromagnética e a diafonia no cabo. Diferenciam-se em cabos blindados (STP) e não blindados (UTP) pela existência de uma camada extra de proteção contra interferência eletromagnética exógena.

5.2.4.2.2 Os cabos UTP e STP apresentam as seguintes características:

Cabo	Vantagens	Desvantagens
UTP	(1) Baixo custo; (2) Proteção contra diafonia e interferência eletromagnética endógena; (3) Facilidade de manuseio e instalação; (4) Alta taxa de transmissão de dados, entre os cabos de cobre; (5) Possibilidade de transmissão de voz e dados.	(1) Apropriado para uso em curtas distâncias (inferiores a cem metros); (2) Limitada largura de banda para transmissão de dados; (3) Falta de segurança na transmissão de dados através da rede.
STP	(1) Menor ruído e atenuação, em comparação ao cabo UTP;	(1) Alto custo, em comparação com o cabo UTP; (2) Necessidade de manutenção constante; (3) Necessidade de um cabo de aterramento;

Cabo	Vantagens	Desvantagens
	(2) Proteção contra interferência eletromagnética exógena, aumentando a taxa de transmissão de dados; (3) Redução da ocorrência de diafonia causada por agentes exógenos. (4) Adequado para uso em longas distâncias e em áreas sujeitas a interferência eletromagnéticas.	(4) Dificuldade de manuseio e instalação.

Quadro 1 – Tipos de cabos de par trançado, suas vantagens e desvantagens.

5.2.4.3 Rede Óptica Passiva

5.2.4.3.1 Um sistema de comunicações ópticas utiliza um transmissor, que codifica a mensagem em um sinal óptico, um canal de comunicação, que conduz o sinal até o seu destino, e um receptor, que reproduz a mensagem, a partir do sinal óptico recebido.

5.2.4.3.2 No SISTAC, são desdobradas redes óptica passiva (PON – *passive optical network*) devido à menor quantidade de recursos necessária para a instalação do sistema. Apesar de constituir um componente do SCC, o sistema de comunicações ópticas também atende às necessidades do SCA, especialmente para estabelecer os enlaces de rede e de junção, o *backhaul* do SAM e as ligações entre NA e o centro de comunicações que ele apoia.

5.2.4.3.3 Uma rede óptica passiva é um sistema utilizado em redes de telecomunicações para prover acesso de banda larga por cabeamento de fibra óptica, por todo ou quase todo o caminho, até o usuário final. Além disso, não há a necessidade de alimentação elétrica ou partes eletrônicas ativas enquanto o sinal atravessa a linha de transmissão, sendo, por isso, mais apropriada para o uso em operações militares. No entanto, essa particularidade limita seu alcance a algumas dezenas de quilômetros.

5.2.4.3.4 Uma rede óptica passiva apresenta os seguintes componentes:

a) *Optical Line Terminal* (OLT): dispositivo inicial do sistema responsável pela transmissão e recepção do sinal óptico para e a partir da PON, e que se conecta aos servidores da rede por cabos ethernet ou a outros OLT, por cabos de fibra óptica, transmitindo a informação por meio do ONT/ONU, até o usuário final;

b) *Optical Distribution Network* (ODN): parte da rede que proporciona o meio para a conexão física entre o OLT e os ONT/ONU. A ODN contém cabos de fibra óptica, conectores de fibra óptica, divisores ópticos passivos (splitters), além de outros componentes auxiliares.

c) *Splitter*: são divisores ópticos passivos cuja função é ramificar um cabo de fibra óptica para permitir sua conexão a diversos dispositivos terminais ou para o prolongamento da linha de transmissão por itinerários diferentes;

d) Cabos de fibra óptica: são as linhas de transmissão do sistema de comunicações ópticas, compostos por diversos pares de fibra óptica, dispostos entre o OLT e os splitters. A partir dos destes até os ONU/ONT, são utilizadas fibras ópticas simples;

e) *Optical Network Terminal* (ONT) ou *Optical Network Unit* (ONU): Dispositivo final do sistema que faz a interface entre a PON e o usuário, convertendo o sinal óptico em elétrico. Tal qual o ONT, os ONU/ONT são elementos ativos da rede e necessitam de alimentação por energia elétrica.

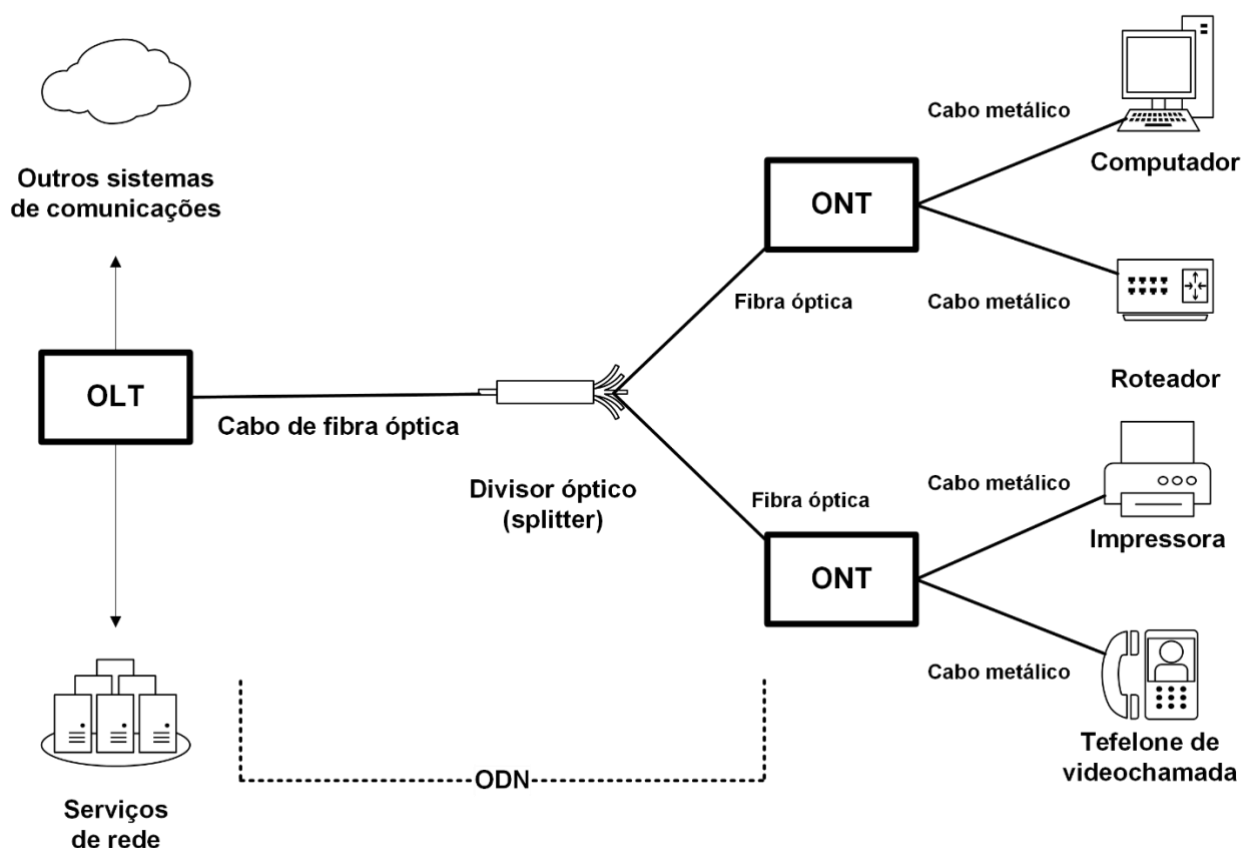


Figura 6 – Arquitetura típica de uma rede óptica passiva.

5.2.4.3.5 Os OLT estão incorporados aos sistemas de gerenciamento (SG), aos centros nodais (CN), aos nós de acesso (NA) e às estações rádio base (ERB), permitindo sua interconexão e sua ligação com os órgãos dos postos de comando apoiados, por meio dos ONT/ONU existentes nesses locais.

5.2.5 MENSAGEIROS

5.2.5.1 Mensageiros são indivíduos treinados para conduzir mensagem ou material, utilizando dos meios de transporte disponíveis. Devido a sua atuação isolada, o mensageiro é vulnerável à ação inimiga às dificuldades impostas pelo terreno e pelas condições meteorológicas. Por isso, eles devem, sempre que possível, ser escoltados e empregados em duplas. Além disso, os enlaces por mensageiro são mais demorados para serem efetivados, pois dependem da rapidez dos meios de transporte utilizados na ligação. Por outro lado, esse meio proporciona um elevado grau de segurança à ligação, uma vez que não é suscetível às ações de guerra eletrônica e cibernética do inimigo.

5.2.4.2 Nos escalões divisão e superiores, normalmente são empregados mensageiros locais (para as ligações dentro da área de PC) e mensageiros especiais (para as ligações como os PC dos escalões superior e subordinados). Quando necessário, poderão ser empregados mensageiros de escala nesse tipo de ligação.

5.2.5 MEIOS VISUAIS E ACÚSTICOS

5.2.5.1 Nos G Cmdo Op, os meios visuais e acústico são restritos às áreas de PC para a sinalização, coordenação de trânsito, alarmes, entre outros. Esses meios geralmente são desdobrados pelas organizações militares (OM) de comando e de Polícia do Exército (PE) do escalão considerado.

5.2.6 SERVIÇOS DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÕES

5.2.6.1 Serviços de tecnologia da informação e comunicações são aplicações existentes em uma rede de TI e/ou de telecomunicações que são disponibilizadas aos seus usuários para a execução de tarefas específicas. Nos G Cmdo Op, são oferecidos os seguintes Sv TIC:

- a) Aplicativos para produção e edição de documentos de texto, planilhas e apresentações;
- b) Compartilhamento de arquivos;
- c) Comunicação segura via rádio;
- d) Correio eletrônico limitado (sem anexos ou com anexos de tamanho reduzido), no âmbito da rede privada do escalão considerado;
- e) Correio eletrônico pleno, com interface para redes públicas;
- f) Família de Aplicativos de Comando e Controle da Força Terrestre (FAC²FTer);
- g) Geolocalização de tropas;
- h) Mensageiros locais e especiais;
- i) Navegação *web* em redes públicas e outras redes privadas;
- j) Navegação *web* na rede privada do escalão considerado;
- k) Rede Corporativa do Exército (EBNet) e os serviços nela hospedados;
- l) Rede Privada Virtual (VPN – *Virtual Private Network*) para acesso a redes privadas através de outras infraestruturas de rede;
- m) Serviço de comunicação por voz entre o serviço de telefonia segura e os rádios de n) campanha;
- o) Serviço de telefonia não classificado com interface para Redes de Telefonia Pública Comutada PSTN – *Public Switched Telephone Network*);
- p) Serviço de telefonia seguro, através do protocolo *Voice over Internet Protocol* (VoIP);
- q) Sistema de Protocolo Eletrônico de Documentos (SPED);
- r) Sistema de transmissão de mensagens sigilosas;
- s) Videoconferência, com possibilidade de apresentação de informações gráficas, troca de mensagens de texto e compartilhamento de tela;

5.2.6.2 Os Sv TIC são agrupados em pacotes distintos (Quadro 2), que são estabelecidos seguindo as determinações do comandante do escalão considerado, em uma ordem de prioridade pré-definida, observando os fatores da decisão:

Prioridade	Serviços de TIC
Nível 1	(1) Comunicação segura via rádio; (2) Geolocalização de tropas; (3) Mensageiros; (4) Serviço de telefonia seguro, através do protocolo VoIP;
Nível 2	(1) Todos os serviços do nível 1; (2) Compartilhamento de arquivos; (3) Correio eletrônico limitado (sem anexos ou com anexos de tamanho reduzido), no âmbito da rede privada do escalão considerado; (4) FAC ² F ^T er; (5) Navegação <i>web</i> na rede privada do escalão considerado; (6) EBN ^e t e os serviços nela hospedados; (7) Serviço de telefonia seguro, através do protocolo VoIP; (8) SPED; (9) Sistema de transmissão de mensagens sigilosas; (10) Videoconferência, com possibilidade de apresentação de informações gráficas, troca de mensagens de texto e compartilhamento de tela.
Nível 3	(1) Todos os serviços dos níveis 1 e 2; (2) Correio eletrônico pleno, com interface para redes públicas; (3) Navegação <i>web</i> em redes públicas e outras redes privadas; (4) VPN (5) Serviço de comunicação por voz entre o serviço de telefonia segura e os rádios de campanha; (6) Serviço de telefonia não classificado com interface para PSTN.

Quadro 2 – Pacotes de serviços de rede, sua prioridade e sua constituição.

5.6.3.3 O nível 1 compreende os serviços essenciais, necessários a todos os G Cmdo Op, a qualquer tempo, por toda a Z Aç.

5.6.3.4 No nível 2 estão agrupados os serviços desejáveis, que fornecem uma capacidade de comando e controle aumentada, os quais são estabelecidos mediante determinação do comandante do escalão considerado, em situações específicas. Alguns G Cmdo Op, devido às suas necessidades, podem tomar esse pacote de serviços como padrão para todas as fases das operações.

5.6.3.5 O pacote de serviços de nível 3 reúne os serviços de TIC ideais, que oferecem a melhor capacidade de comando e controle possível, de acordo com os meios disponíveis. Deve-se buscar atingir esse nível desde o início das operações, o apoio de comunicações foi desdobrado com a plenitude dos meios e recursos existentes.

5.2.6.6 O comandante tem liberdade para determinar a disponibilização de serviços específicos fora do seu nível de prioridade de origem, desde que sua execução seja tecnicamente possível e viável.

5.2.7 CENTRO DE COMUNICAÇÕES

5.2.7.1 O Centro de Comunicações é o local onde ocorre a reunião dos recursos de TIC incumbidas do suporte necessário para o armazenamento, processamento e tramitação das informações. É responsável, também, pela coordenação e pelo gerenciamento do fluxo de informações do escalão considerado.

5.2.7.1 Para isso, ele dispõe (Figura 2) de pessoal, instalações, ativos de rede (servidores, roteadores, *switches*, *firewalls*, sistemas de armazenamento, etc.), ferramentas de gerenciamento da rede e dispositivos de interface (computadores, telas interativas, *tablets*, etc.).

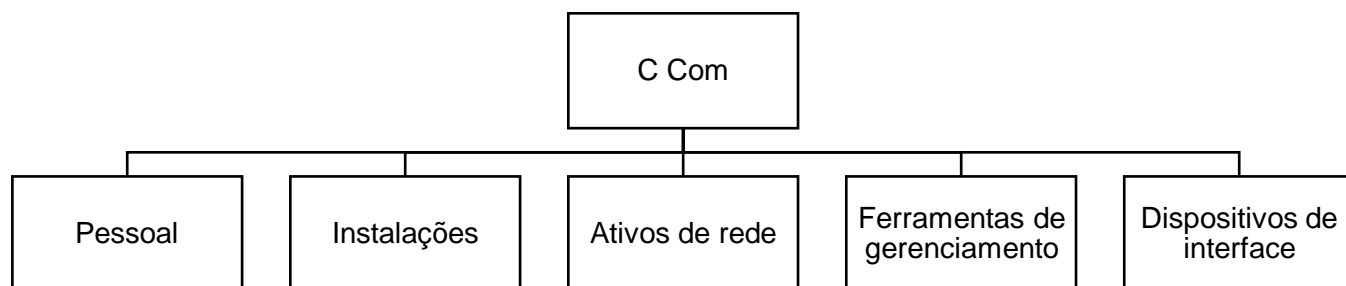


Figura 2 – Composição do Centro de Comunicações.