



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS

CAP COM RENAN ALVES DOS SANTOS

**MODELAGEM DOS PARÂMETROS BÁSICOS DOS SISTEMAS DE ENLACE DE
COMUNICAÇÕES ESTABELECIDOS POR UMA COMPANHIA DE
COMUNICAÇÕES DE BRIGADA EM SIMULAÇÃO APOIADA NA CARTA**

**Rio de Janeiro
2018**



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS

MODELAGEM DOS PARÂMETROS BÁSICOS DOS SISTEMAS DE ENLACE DE COMUNICAÇÕES ESTABELECIDOS POR UMA COMPANHIA DE COMUNICAÇÕES DE BRIGADA EM SIMULAÇÃO APOIADA NA CARTA

Renan Alves dos Santos*
César Flores Malhada Júnior**

RESUMO

Este trabalho apresenta parâmetros básicos relativos ao desempenho dos sistemas de enlace estabelecidos por uma Companhia de Comunicações de Brigada como parte do Sistema de Comunicações daquela Grande Unidade, para emprego durante exercícios de simulação construtiva apoiados em carta, conhecidos coloquialmente no âmbito do Exército Brasileiro como “Jogos de Guerra”. Este trabalho volta-se especificamente para o estabelecimento de parâmetros dos sistemas de enlace por micro-ondas em visada direta utilizados na transmissão de dados em banda larga entre os elementos desdobrados no terreno e o Comando da Brigada. Para isso, adota o emprego de *software* de predição de enlaces desse tipo como ferramenta de fácil acesso e utilização para a avaliação desse desempenho. O emprego desses parâmetros na avaliação do sistema de Comunicações planejado pode ser feito de forma independente do sistema de simulação empregado, ao mesmo tempo em que permite que o Comando da Brigada seja informado sobre as limitações do apoio de Comunicações de forma próxima à realidade.

Palavras-chave: Comunicações táticas. Companhia de Comunicações. Sistemas de enlace. Micro-ondas em visada direta. Previsão de enlaces.

ABSTRACT

This work presents basic parameters related to the performance of link systems deployed by a Brigade Signal Company as part of the overall brigade communications systems, for use during map-based simulation exercises, colloquially known in the Brazilian Army as “wargames”. This work focuses on parameters for microwave link systems that use line of sight for broadband data transmission between the maneuver elements and the brigade headquarters. To reach those parameters, this work employs link prediction software as a tool within easy access and of easy use for the systems' performance evaluation. The use of those parameters for the performance evaluation of the planned communications systems can be made independently of the employed simulation system, while it also allows the brigade headquarters to be informed about the limitations on the communications support in a manner close to reality.

Keywords: Tactical communications. Signal company. Link systems. Line of sight microwave systems. Link prediction.

* Capitão da Arma de Comunicações. Bacharel em Ciências Militares pela Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN) em 2008.

** Capitão da Arma de Comunicações. Bacharel em Ciências Militares pela Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN) em 2005. Pós-graduado *lato sensu* em Ciências Militares pela Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais em 2014.

1. INTRODUÇÃO

A atividade de simulação é parte integrante do planejamento e do adestramento do Exército Brasileiro. Entre os diversos tipos de simulação, os exercícios de simulação construtiva apoiada sobre uma carta são empregados regularmente no adestramento de Divisões de Exército e Grandes Unidades.

Quanto à Função de Combate Comando e Controle, os exercícios de simulação de combate desconsideram eventuais degradações dos Sistemas de Enlace de Comunicações da Brigada, estabelecido pela Companhia de Comunicações orgânica da Brigada. Quando a Direção do Exercício decide por impor restrições, degradações e limitações ao Sistema de Comunicações no contexto do exercício, essa ação se dá normalmente através de Problemas Militares Simulados (PMS) que são resolvidos pelos elementos de Comunicações da Brigada, sem que a manobra dos demais elementos seja prejudicada. Considera-se, na execução da simulação, que as mensagens e informações tramitando pelos diversos meios empregados sempre chegam aos seus destinatários, que não há perdas em sua transmissão e que o destinatário executa as providências necessárias assim que recebe a mensagem.

1.1 PROBLEMA

O sistema idealizado de Comunicações empregado nessas simulações é prejudicial à execução da simulação em diversos níveis. O Comando da Brigada avaliada, por exemplo, deixa de levar em consideração que haverá um atraso normalmente imprevisível entre a emissão de suas ordens e a execução por seus elementos subordinados. Os elementos de Comunicações participantes do exercício, por sua vez, não se adestram na aplicação dos recursos limitados à sua disposição (pessoal e material de Comunicações, por exemplo) para o estabelecimento adequado dos sistemas, considerando limitações como o alcance dos equipamentos, o tempo médio em que permanecem disponíveis e o rendimento de suas transmissões.

Para sanar essas deficiências, é necessário solucionar o seguinte problema: quais são os parâmetros dos Sistemas de Enlaces de Comunicações empregados por uma Companhia de Comunicações de Brigada?

1.2 OBJETIVOS

Para responder a esse problema, este trabalho parte da hipótese que o desempenho dos Sistemas de Enlaces de Comunicações depende de quatro

variáveis: a sua capacidade de transmissão de informação, a sua confiabilidade na transmissão das informações; sua disponibilidade e a ação da Guerra Eletrônica inimiga sobre seu funcionamento. Dessas quatro variáveis, este trabalho limita-se a avaliar e quantificar as três primeiras. Este trabalho não se propõe a avaliar e quantificar o resultado da ação da Guerra Eletrônica do inimigo, por tratar-se de conhecimento especializado não detido pelo proponente deste trabalho.

Os parâmetros a serem obtidos através deste trabalho serão referentes somente a operações de Defesa Externa, envolvendo o emprego doutrinário de uma Brigada de Infantaria ou Cavalaria em uma situação de combate convencional.

Por limitações de espaço, este artigo abordará apenas os aspectos ligados ao desempenho dos sistemas de enlace baseados em enlaces de micro-ondas em visada direta, empregados na transmissão de dados em banda larga no âmbito da Grande Unidade.

Este trabalho não proporá metodologia de aplicação desses parâmetros em uma simulação apoiada em carta, ou estabelecerá, para fins de simulação, os efeitos da ação de Guerra Eletrônica e Guerra Cibernética sobre os sistemas de Comunicações. Esses aspectos ficam como sugestões para o aprimoramento futuro dos parâmetros apresentados neste trabalho.

Para viabilizar a consecução do objetivo geral de estudo, foram formulados os seguintes objetivos específicos, abaixo relacionados, que permitiram o encadeamento lógico apresentado neste estudo:

a) Identificar pesquisa bibliográfica quanto às características dos principais Sistemas de Enlaces de Comunicações estabelecidos pela Cia Com orgânica e sua utilização no âmbito da Bda;

b) Avaliar o desempenho dos sistemas de enlace por micro-ondas em visada direta; e

c) Aplicar os parâmetros estabelecidos aos sistemas de Comunicações de uma Brigada em um tema de Defesa Externa, a fim de verificar a adequabilidade dos parâmetros estabelecidos com a doutrina vigente.

1.3 JUSTIFICATIVAS E CONTRIBUIÇÕES

A avaliação da Função de Combate Comando e Controle nos exercícios de simulação construtiva não contempla uma avaliação adequada do planejamento e desdobramento dos Sistemas de Enlace de Comunicações pela Companhia de Comunicações orgânica da Brigada. A avaliação do planejamento dos Sistemas de Enlaces de Comunicações desdobrados por uma Companhia de Comunicações de

Brigada, quando feito, é realizado de forma subjetiva, devido à inexistência de parâmetros valorados referentes às capacidades operacionais dos meios de Comunicações desdobrados.

A consequência imediata é a não verificação, ou verificação inadequada, do nível de conhecimento doutrinário do Comando da Organização Militar de Comunicações do escalão que participa da simulação; i.e., no caso específico deste artigo, o Comando da Companhia de Comunicações da Brigada. Quando o planejamento de Comunicações não é submetido a verificação, cria-se a mentalidade de que os meios de Comunicações disponíveis serão sempre suficientes para atender, em plenitude, às demandas do escalão apoiado.

Uma consequência secundária da abordagem atual das Comunicações na simulação construtiva é diminuir a importância dos aspectos de Comunicações no planejamento realizado pelas Funções de Combate. Essa consequência secundária pode ser exemplificada no Estado-Maior da Brigada que, acostumado a ignorar os aspectos, possibilidades e limitações do Sistema de Comunicações estabelecido pela Cia Com orgânica da Brigada nos exercícios de simulação dos quais participou, se vê surpreendido ao deparar com esses aspectos, possibilidades e limitações durante o planejamento e condução de uma operação real.

Uma consequência terciária do problema atual é a impossibilidade da validação de ideia, proposta ou evolução doutrinária em um exercício de simulação construtiva antes da realização de testes envolvendo o material real. Essa consequência é crítica no quadro atual de recursos orçamentários do Exército, já que os meios de Comunicações militares são caros em seu desenvolvimento, produção e/ou aquisição. Um novo equipamento de Comunicações poderia ser incorporado ao Quadro de Distribuição de Material de uma Companhia de Comunicações durante um exercício de simulação construtiva, para que fosse verificado se a nova capacidade agregada por esse equipamento atenderia às demandas de Comunicações da Brigada.

2 METODOLOGIA

A fim de reunir subsídios para elaboração de uma possível solução para o problema, a execução desta pesquisa envolveu a leitura analítica e fichamento de fontes, especialmente aquelas de cunho doutrinário, a elaboração de uma proposta de solução para o problema, argumentação, aplicação-teste dessa proposta e discussão de resultados.

Pela organização de seu trabalho, esta pesquisa é do tipo **qualitativa**. Para elaborar a proposta de solução desta pesquisa, foi necessário analisar indutivamente o relacionamento entre as principais variáveis envolvidas, como as características técnicas e possibilidades do material de Comunicações empregado no âmbito Companhia de Comunicações de Brigada, as capacidades e possibilidades desse tipo de Organização Militar e as necessidades em Comunicações da Brigada apoiada.

Quanto ao objetivo geral, foi empregada a modalidade **descritiva**, uma vez que a solução apresentada envolve o estabelecimento e descrição do relacionamento entre a doutrina de emprego das Comunicações vigente, as características do material utilizado e as necessidades em Comunicações dos escalões apoiados. A solução proposta, portanto, descreve esses relacionamentos em uma forma que permita a um avaliador analisar o planejamento do Sistema de Comunicações em apoio a uma Brigada e concluir sobre a validade do seu planejamento e os aspectos, se existirem, que podem ser melhorados a fim de permitir a inserção de todos os elementos da Brigada em seu Sistema de Comunicações.

2.1 REVISÃO DE LITERATURA

Iniciamos a nossa revisão da literatura coma definição de conceitos relativos à simulação de combate e, em especial, a aplicação da simulação construtiva apoiada na carta no âmbito do Exército Brasileiro em vigor no período de 2006 a 2017. O limite anterior foi estabelecido por corresponder à época em que a simulação de combate foi regulada pelo Exército Brasileiro, na forma do Caderno de Instrução C 105-1 Simulação de Combate.

O desenvolvimento dos sistemas e a decisão institucional do Comando do Exército em adotar a simulação de combate e, em especial a simulação construtiva, como instrumento para o aperfeiçoamento do adestramento da tropa exigiu a publicação de documentos regulatórios e experimentações à respeito da atividade

de simulação, exigindo que o limite posterior do prazo estabelecido para a coleta documental fosse estendido até 2017.

Em seguida, foi realizada a reunião do referencial teórico relativo à doutrina de Comunicações vigente, no que tange o estabelecimento do Sistema de Comunicações no âmbito da Brigada. Esse ponto da coleta documental foi dificultado pela desatualização da doutrina de Comunicações, tanto em relação ao material empregado atualmente, quanto às demandas em pessoal e organização exigidas pelo contexto atual de operações de amplo espectro. Essa parte do referencial teórico utilizou-se dos principais manuais de campanha em vigor sobre o assunto, como aqueles que tratam do emprego da Comunicações (C11-1) e das Comunicações na brigada (C11-30).

O estudo dos aspectos doutrinários abrangeu também a organização e o material disponível para as companhias de Comunicações de brigada. Nova dificuldades foram encontradas nessa fase, em virtude da multiplicidade de tipos de companhias de Comunicações existentes no Exército, e a conseqüente multiplicidade de quadros de organização e quadros de distribuição de material. Duas companhias de Comunicações de um mesmo tipo (mecanizada, por exemplo), podem apresentar quadros de organização diferentes, em virtude das alterações propostas por seus comandantes ao longo dos anos. A fim de pacificar essa questão, foi adotada como organização modelo o quadro de cargos previstos da companhia de Comunicações de Grande Unidade, organização aprovada em agosto de 2016, devido à sua atualidade.

A fase final da coleta documental exigiu a reunião do referencial teórico relativo às necessidades de Comunicações dos elementos da Brigada apoiados pela companhia de Comunicações. Esse aspecto é fundamental para a validação do modelo de avaliação proposto neste trabalho, pois permite que o sistema de Comunicações proposto seja avaliado não somente quanto ao planejamento de todas as ligações necessárias, mas também se as ligações estabelecidas suprem as demandas de banda de dados necessitadas pelo elemento apoiado.

a. Critérios de inclusão:

- Literatura doutrinária sobre as estruturas doutrinárias de Comunicações e ligações estabelecidas por uma Companhia de Comunicações de Brigada;
- Quadro de Material e Quadro de Cargos Previstos;
- Literatura técnica sobre a largura de banda, limitações de banda dos meios de Comunicações;

- Literatura nacional ou internacional a respeito das demandas de Comunicações, especialmente as necessidades de banda de dados pelos elementos de uma Brigada.

b. Critérios de exclusão:

- Quadro de Material e Quadro de Cargos Previstos de companhias de Comunicações especializadas (selva, blindada, mecanizada); e
- Literatura técnica sobre a largura de banda, limitações de banda dos meios de Comunicações não utilizados no Exército, ou utilizados apenas por elementos de extrema especialidade (forças especiais, por exemplo).

2.2 COLETA DE DADOS

Na sequência do aprofundamento teórico a respeito do assunto, o delineamento da pesquisa contemplou a coleta de dados instrumento **questionário** exploratório.

2.2.1 Questionário

A amplitude do universo foi estimada a partir do efetivo de oficiais que exerceram a função de S-3 em companhia de Comunicações não especializada no período de 2009 a 2017. Essa delimitação reduziu em sobremaneira o universo a ser questionado, já que atualmente o Exército Brasileiro dispõe de 2 (duas) companhias de Comunicações não especializadas: a 6ª Cia Com (localizada em Cristalina-GO e subordinada à 3ª Bda Inf Mtz) e a 7ª Cia Com (localizada em Recife-PE e subordinada à 10ª Bda Inf Mtz).

A restrição da amostra a oficiais que tenham exercido a função de S-3 permitiu que o questionário fosse utilizado de forma exploratória, já que o oficial de operações de uma companhia de Comunicações, além de interagir diretamente com a doutrina de emprego, também é o principal assessor do comandante da companhia de Comunicações no estabelecimento do Sistema de Comunicações da brigada. Dessa forma, utilizando-se dados obtidos na consulta às Organizações Militares supracitadas, a população a ser estudada foi estimada em 12 militares.

A sistemática de distribuição dos questionários ocorreu de forma indireta, utilizando correio eletrônico para a distribuição dos questionários. O retorno obtido foi elevado com todos os questionários respondidos e remetidos de volta, não havendo necessidade de invalidar nenhuma por preenchimento incorreto ou incompleto.

O questionário foi utilizado de forma exploratória, visando levantar os seguintes aspectos:

- a participação dos S-3 em exercícios de simulação construtiva apoiados em carta (também chamados de “Jogos de Guerra”);

- a realização de avaliação do sistema de Comunicações planejado no Jogo de Guerra;

- a validade e utilidade dessa avaliação;

- o conhecimento, por parte do S-3, a respeito do Quadro de Cargos Previstos (QCP) e do Quadro de Distribuição de Material (QDM) da sua Organização Militar (OM);

- a adequação do QCP e do QDM da OM para a sua missão operacional em uma situação de combate convencional;

- a satisfação dos demais elementos da brigada de infantaria motorizada à qual pertence a companhia de Comunicações, no que tange o apoio de Comunicações prestado em exercícios no terreno em situação de combate convencional; e

- sugestões de melhoria e reorganização do QCP e do QDM da OM para uma melhor adequação ao combate convencional.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 COMUNICAÇÕES NA SIMULAÇÃO CONSTRUTIVA

O Caderno de Instrução EB-70-CI-11.410 Exercícios de Simulação Construtiva, publicado em 2017, tem por finalidade “estabelecer procedimentos que facilitem ao Grande Comando com o encargo de Comando Aplicador, a montagem, a organização e a condução de Exercícios de Simulação Construtiva” (BRASIL, 2017b, p. 1-1). Entre os procedimentos estabelecidos por esse Caderno de Instrução, há breve menção ao trabalho da Companhia de Comunicações de Brigada (Cia Com Bda), que “deverá montar e operar o sistema de comunicações da brigada (Bda), a fim de adestrar também o Sistema Comando e Controle do Grande Comando (G Cmdo) ou da Grande Unidade (GU)” (BRASIL, 2017b, p. 4-7). Observa-se que, no contexto do Exercício de Simulação Construtiva, o adestramento da Cia Com Bda é feito pela avaliação do desempenho do sistema de Comunicações estabelecido em apoio à atividade de simulação, e não aquele planejado em apoio à manobra planejada.

Para fins desta pesquisa, foram consideradas atividades de apoio aquelas ligadas à montagem da estrutura de apoio ao exercício de simulação construtiva, fora do contexto da manobra simulada, incluindo a montagem da estrutura física da simulação e a instalação, operação e manutenção dos sistemas de simulação e das redes de dados em apoio à atividade. De forma oposta, foram consideradas atividades finalísticas aquelas ligadas ao emprego das Comunicações dentro do contexto da manobra simulada, como a participação no exame de situação, o planejamento de Comunicações e o desdobramento de meios no terreno. A montagem e operação de Centros de Comunicações, redes rádio e outros meios de Comunicações foram consideradas atividades finalísticas se a sua montagem e operação refletiam condições similares às aquelas executadas na manobra simulada, como a montagem e operação em condições de campanha, utilizando os equipamentos adequados à doutrina e às condições da manobra simulada.

De acordo com questionário realizado em apoio a esta pesquisa, respondido por 12 capitães da Arma de Comunicações com experiência em exercícios de simulação construtiva apoiada em carta como S-3 de Companhias de Comunicações, pode-se observar a preponderância das atividades de apoio em relação às atividades finalísticas:

TABELA 1 - Quantidade absoluta e percentual do total da amostra acerca da participação em atividades ligadas à simulação construtiva

Tipo de Atividade	Atividade	Grupo	Amostra	
			Valor absoluto	Percentual
Atividades de apoio	Montagem da infraestrutura de rede		9	75%
	Montagem da estrutura física		7	58,33%
	Montagem das redes rádio em apoio à simulação		7	58,33%
	Operação do sistema de simulação como operador ou controlador de outra OM que não a própria Cia Com		4	33,33%
Atividades finalísticas	Realização da 1ª ou 2ª fases do Estudo de Situação de Comunicações		0	0%
	Confecção das IP Com Elt e/ou IE Com Elt		2	16,67%
	Confecção do parágrafo 5º ou An Com da O Op Bda		5	41,67%
	Planejamento do desdobramento dos meios de Com em apoio ao Sist Com Bda		0	0%
	Participação na escolha da posição inicial do PCP ou PC Altn da Brigada		9	75%
	Participação na mudança de PCP ou PC Altn da Brigada		6	50%
	Solução de Problemas Militares Simulados (PMS) relativos à Comunicações		8	66,67%
TOTAL			113	100,0%

Fonte: O autor

Das atividades finalísticas que obtiveram mais alto grau de participação, justifica-se a confecção do parágrafo 5º ou do Anexo de Comunicações da Ordem de Operações da Brigada por aqueles documentos serem parte integrante obrigatória da O Op e esta ser um documento de cunho obrigatório no contexto do Jogo de Guerra; e a locação inicial do Posto de Comando Principal ou Alternativo da Brigada por ser obrigação do E-3 da Brigada a proposta da localização geral dos Postos de Comando (PC) da Brigada (Bda) (BRASIL, 2003, p. 4-7).

A reduzida participação das companhias de Comunicações em atividades como o estudo de situação choca-se com o que determina o Manual de Campanha C 11-30 As Comunicações da Brigada, que estabelece que

o Comandante da Brigada conta com o Oficial de Comunicações e Eletrônica da Brigada (O Com Elt Bda) para auxiliá-lo no cumprimento de suas responsabilidades sobre as comunicações, o qual também é o Cmt da Companhia de Comunicações da Brigada (...). O O Com Elt Bda integra o EM especial da Bda devendo participar de todo o planejamento de Estado-Maior, estudando os aspectos específicos de comunicações e de guerra eletrônica que interessam às operações da brigada. (BRASIL, 1998, p. 3-1 e 3-2).

O afastamento das Comunicações do planejamento da manobra em atividades de simulação gera expectativas ao Comando e Estado-Maior da Brigada

sobre a velocidade, precisão e clareza das informações recebidas e enviadas que não correspondem àquelas esperadas em uma situação de conflito convencional. Essa discrepância já havia sido observada em 1982, quando tese da Escola de Pós-Graduação Naval dos Estados Unidos (*Naval Postgraduate School*) já identificava que:

problemas de coordenação entre membros da cadeia de comando e transmissão de ordens para comandantes subordinados [durante a realização de “Jogos de Guerra”] eram simplificados ao nível da trivialidade (...) falhando em refletir adequadamente a realidade. (...) Comandantes no mundo real dependem de comunicações no mundo real para compartilhar informações, coordenar operações e promulgar ordens; e cada uma dessas atividades é vulnerável a degradação na forma de atraso, ruído, perda ou erros de interpretação. (CLARK, PLESS e RAPP, 1982, p. 13-14, tradução do autor).

3.2 TESTE INICIAL DOS PARÂMETROS LEVANTADOS

Simultaneamente ao desenvolvimento dos parâmetros adotados nesta pesquisa, esses parâmetros foram testados mediante sua aplicação ao planejamento do Sistema de Comunicações de Brigada feito por uma Companhia de Comunicações em apoio a um exercício de simulação construtiva apoiada em carta realizado em 2016.

O exercício em questão abrangeu a realização de um ataque coordenado com transposição de curso d'água, perseguição, aproveitamento do êxito, cerco e investimento a localidade realizados por uma Brigada de Infantaria Motorizada subordinada a uma Divisão de Exército. A brigada de infantaria motorizada em questão encontra-se desde 2014 em processo de transformação para brigada de infantaria mecanizada; por ocasião da realização do exercício, um de seus batalhões de infantaria foi transformado em um batalhão de infantaria mecanizada com dotação completa.

A fim de manter a impessoalidade da pesquisa e evitar a propagação de críticas não construtivas relativas ao planejamento da manobra e das Comunicações, a identidade da brigada e seus elementos componentes foi substituída por designações no padrão escolar utilizadas na Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais (EsAO), embora a manobra e os eventos ocorridos tenham sido mantidos conforme o original.

O objetivo do teste dos parâmetros sobre essa manobra não visou a crítica não construtiva à manobra ou ao planejamento de Comunicações; o teste dos parâmetros visou identificar problemas relativos ao comando e controle que

ocorrerem com a manobra, como foi planejada, fosse executada em condições reais, e que poderiam ter sido identificados na simulação se a mesma levasse em consideração os parâmetros apontados nesta pesquisa.

A brigada utilizada neste teste foi redesignada como a 56ª Brigada de Infantaria Motorizada (56ª Bda Inf Mtz), composta pelos seguintes meios:

Composição de meios da 56ª Bda Inf Mtz

<u>561º BI Mtz</u>	<u>562º BI Mtz</u>	<u>563º BI Mec</u>
- menos 3ª Cia Fuz		
<u>56º GAC 105 AR</u>	<u>56º B Log</u>	<u>56ª Cia E Cmb</u>
<u>56ª Cia Com</u>	<u>Reserva</u>	<u>Tr Bda</u>
	- FT 56º Esqd C Mec (+ 3ª Cia Fuz/561º BI Mtz)	- Cia C/56ª Bda Inf Mtz - 56º Pel PE

3.3 CONSIDERAÇÕES INICIAIS SOBRE OS PARÂMETROS ADOTADOS

O Manual de Campanha C 11-1 Emprego das Comunicações estabelece que a missão da Arma de Comunicações é instalar, explorar e manter o sistema de Comunicações do escalão considerado. Para isso, o elemento de Comunicações daquele escalão “emprega os meios de comunicações que, utilizando-se de pessoal, meios técnicos e procedimentos, proporcionam a transmissão e recepção de informações entre dois ou mais elementos” (BRASIL, 1997, p. 4-1).

O rendimento de um sistema de Comunicações é, portanto, dependente do emprego adequado dos meios disponíveis, do pessoal disponível, e da realização correta dos procedimentos de operação dos equipamentos que compõe aquele sistema. Esses fatores foram contextualizados na execução deste trabalho nos seguintes parâmetros: composição de meios em pessoal e material disponíveis para a Companhia de Comunicações, rendimento dos sistemas planejados e degradação causada pelas ações durante o “Jogo de Guerra”.

3.3.1 Composição de meios

A organização adotada pelas Companhias de Comunicações de Brigada no âmbito do Exército Brasileiro é bastante diversificada, causada pela existência de Brigadas de tipos e capacidades variadas, o que implica na variação das “características e as formas de emprego das Companhias de Comunicações orgânicas” (BRASIL, 1998, p. 1-1). A variação em sua organização gera

consequente discrepância entre as capacidades disponíveis em meios de Comunicações e pessoal para execução do planejamento de Comunicações. A fim de solucionar esse problema, esta pesquisa adotou como organização padrão o Quadro de Organização de Comunicações de Grande Unidade, com nova Base Doutrinária, Estrutura Organizacional e Quadro de Cargos, aprovados pela Portaria nº 049-EME, de 16 de setembro de 2014. Essa nova organização foi utilizada como modelo para o estabelecimento dos parâmetros deste trabalho por tratar-se da organização mais atualizada em face das capacidades desejadas pelo Exército Brasileiro.

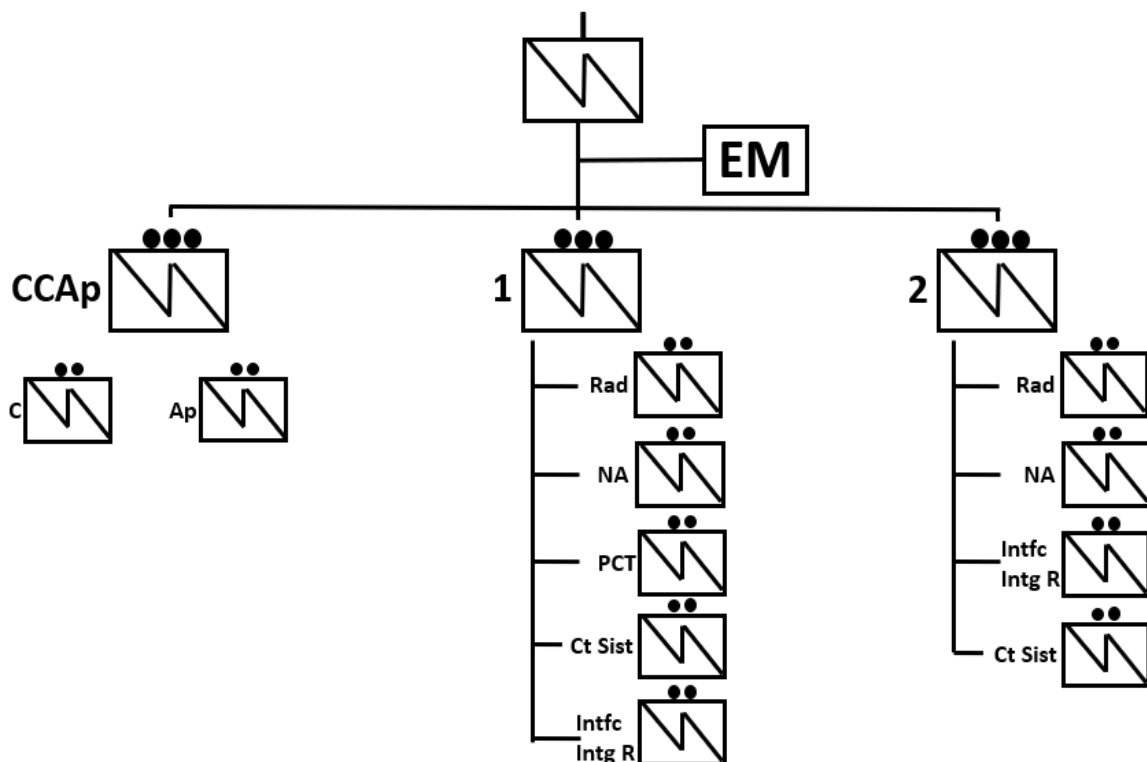


FIGURA 1 – Organização da Companhia de Comunicações de Grande Unidade, de acordo com a Portaria nº 049-EME, de 16 de setembro de 2014.

Fonte: O autor

A composição de meios não abrange apenas a organização do pessoal, englobando também os meios de Comunicações disponíveis para aquela Organização Militar.

É oportuno observar que na pesquisa realizada em apoio a este trabalho, 58,33% dos capitães questionados afirmaram que, em suas experiências passadas em exercícios de simulação construtiva apoiada em carta como S-3 de Companhia de Comunicações, não houve padronização a cerca da natureza e quantidade do material de Comunicações disponível pelo escalão que conduziu o exercício.

TABELA 1 – Emprego de meios orgânicos e não orgânicos da Companhia de Comunicações em exercícios de simulação construtiva

Atividade	Grupo	Utilizado, sendo meio orgânico da Cia Com		Utilizado, Não sendo meio orgânico	
		Valor absoluto	Percentual	Valor absoluto	Percentual
Módulo de Telemática Operacional		0	0%	9	75%
Terminal Transportável ou Leve do Sistema de Comunicações Militares por Satélite (SISCOMIS)		9	75%	0	0%
Nó de Acesso (NA) ao Sistema de Comunicações de Área (SCA) do escalão superior		4	33,33%	8	66,67%
Repetidoras para redes rádio em VHF ou UHF		9	75%	0	0%
Sistema Troncalizado em VHF/UHF		3	25%	6	50%
Equipamentos rádio em VHF/UHF ou HF		9	75%	0	0%
Outros sistemas de enlace por micro-ondas com visada direta (exemplo: PTP)		0	0%	0	0%
Sistema de Assinante Móvel (SAM)		0	0%	9	75%

Fonte: O autor

3.3.2 Rendimento dos sistemas

Além da disponibilidade de meios, outro parâmetro que necessita ser estabelecido para aplicação do exercício é o estudo do rendimento do sistema planejado. O Manual de Campanha EB20-MC-10.205 Comando e Controle estabelece os princípios básicos que devem ser seguidos na avaliação do rendimento de um sistema, determinando que “a medida da efetividade operacional é uma medida quantitativa ou qualitativa do desempenho de um sistema, podendo ser, ainda, uma característica que indique em que nível o sistema consegue realizar determinada tarefa em condições tão reais quanto possíveis” (BRASIL, 2015, p. 4-9).

De acordo com o questionário realizado em apoio a esta pesquisa, 75% dos capitães questionados não observaram qualquer avaliação dos sistemas de Comunicações planejados por suas Companhias de Comunicações durante os exercícios de simulação construída dos quais participaram. Esse resultado corrobora o problema inicial apresentado neste trabalho, qual seja: a condução dos exercícios de simulação construtiva tem ignorado as implicações relativas às limitações e capacidades dos meios de Comunicações que compõe o Sistema de Comunicações da Brigada.

Em virtude das limitações de espaço e escopo deste trabalho, os esforços foram concentrados na determinação de parâmetros ligados ao desempenho do primeiro grupo apresentado na Tabela 2 (Meios de enlace por micro-ondas em visada direta em UHF e SHF). Essa limitação não denigre a validade do trabalho pois ainda permite apresentar as vantagens obtidas pelo emprego de parâmetros de avaliação sobre o Sistema de Comunicações planejado por uma Cia Com em um exercício de simulação construtiva apoiada em carta.

3.3.3 Degradação

De acordo com a pesquisa realizada em apoio a este trabalho, 66,67% dos capitães questionados manifestados que, durante a execução e Jogos de Guerra dos quais participaram como S-3 de Companhia de Comunicações, a Companhia de Comunicações recebeu Problemas Militares Simulados (PMS) referentes a assuntos de Comunicações; entretanto, nenhum dos capitães questionados viram os PMS causarem impactos ao Sistema de Comunicações estabelecido que por sua vez exigiram alterações na estrutura e funcionamento desse sistema por parte dos integrantes da Companhia de Comunicações envolvidos no “Jogo de Guerra”.

A degradação do material e pessoal de Comunicações é um parâmetro importante a ser avaliado, pois diminui a quantidade de meios disponíveis para a Companhia de Comunicações. Uma forma simples de implementação da degradação do sistema de Comunicações de Brigada envolve o lançamento das instalações e meios de Comunicações no próprio “Jogo de Guerra”, tornando-as vulneráveis aos efeitos do combate simulado.. A Figura 3 representa de forma figurativa como elementos da Companhia de Comunicações poderiam ser desdobrados no *software* de simulação.

Com base nesse planejamento, é possível o lançamento dos meios de Comunicações desdobrados fora das áreas de Posto de Comando no campo de batalha digital usado em apoio à simulação. Isso torna esses sistemas vulneráveis à ação inimiga, permitindo que a destruição desses meios, por exemplo, possa ser causada não apenas de forma “artificial” através do emprego de Problemas Militares Simulados por parte da DIREx, mas também pelo transcorrer das ações em andamento durante a simulação. Sugestões adicionais para a avaliação desse parâmetro estão listadas nas considerações finais deste trabalho.

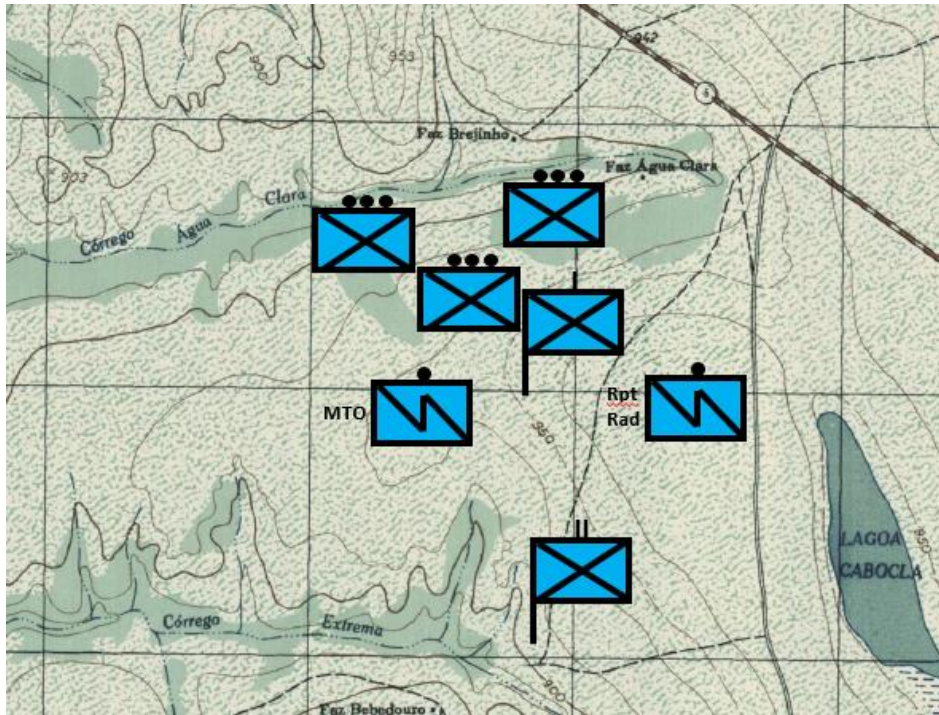


FIGURA 2 – Representação do lançamento de um Módulo de Telemática Operacional (MTO) e de uma repetidora rádio (Rpt Rad) da Cia Com em meio a elementos de um batalhão de infantaria desdobrado em um *software* de simulação.

Fonte: o autor.

3.4 PARÂMETROS DE RENDIMENTO DOS SISTEMAS DE MICROONDAS EM VISADA DIRETA

3.4.1 Considerações gerais

Para fins de padronização neste trabalho, foram considerados meios de enlace por micro-ondas em visada direta aqueles que operam na faixa de frequência de UHF (300 MHz a 3 GHz) que, para seu pleno funcionamento, exigem o estabelecimento de enlaces de alta direcionalidade e desobstrução de suas zonas de Fresnel. Dois sistemas de Comunicações empregados no âmbito da brigada foram classificados neste grupo: os enlaces estabelecidos pelo Multicanal Rádio (M Cn Rad) do Sistema de Comunicações de Área (SCA) do escalão enquadrante da brigada, e os enlaces estabelecidos pelo Módulo de Telemática Operacional (MTO). Um terceiro sistema, envolvendo o estabelecimento de enlaces *point-to-point* (PTP) foi utilizado para sanar deficiências encontradas no desdobramento dos meios de Comunicações, e foi incluso nesta avaliação.

A medição do desempenho dos sistemas foi feito empregando com base nas características técnicas dos seus equipamentos componentes. Essas características

foram inseridas no planejamento adotado pela Companhia de Comunicações através do emprego de *software* de análise de desempenho de enlaces rádio, como o HTZ *Warfare* (produzido pela empresa ATVI, disponível em <http://www.atdi.com/htz-warfare/>) e o Radio Mobile (produzido por Roger Coudé, podendo ser obtido gratuitamente em <http://www.ve2dbe.com/rmonline.html>). Para fins deste trabalho, o *software* Radio Mobile foi utilizado, devido à sua facilidade de acesso e amplo suporte gratuito disponível *online*.

3.4.2 Multicanal rádio

A brigada liga-se ao SCA do escalão enquadrante através de 2 (dois) Nós de Acesso (NA) estabelecidos junto ao Posto de Comando Principal (PCP) e ao Posto de Comando Alternativo (PC Altn) da brigada pela Cia Com. Como a brigada não mobiliou PC Altn específico para esse fim, o Cmdo Bda optou por utilizar o PC do seu Grupo de Artilharia de Campanha orgânico (56º GAC 105 AR) para essa finalidade.

Os equipamentos específicos utilizados no estabelecimento dessas ligações podem variar de acordo com a tecnologia disponível (BRASIL, 1997, p. 4-24). Neste trabalho, foi adotado como equipamento padrão o rádio multicanal de emprego militar MH513, fabricado pela empresa europeia *LEONARDO* (antiga *SELEX ES*, antiga *MARCONI*) empregado atualmente nos Nós de Acesso e Centros Nodais (CN) do SCA que equipa o 1º Batalhão de Comunicações em SANTO ÂNGELO-RS. As características técnicas mais importantes do rádio MH513 com efeito direto sobre este trabalho são as seguintes: frequência de operação de 1350 a 2690 MHz, potência de transmissão de 1,58W, sensibilidade mínima no receptor de -63 dBm (correspondendo a um sinal de força S9+30 na escala-S), equipado com mastros hidráulicos telescópicos de altura máxima de 12 (doze) metros (LEONARDO, 2017 e SELEX, 2014).

Dentro do contexto do exercício de simulação, o escalão enquadrante da 56ª Bda Inf Mtz disponibilizou 1 (um) Centro Nodal (CN) para ligação com os nós de acesso da 56ª Bda Inf Mtz¹.

A Figura 3 apresenta a comparação de extrato do desdobramento da 56ª Bda Inf Mtz na carta com a imagem do mesmo terreno produzida pelo programa Radio

¹ É conveniente observar que a disponibilização de apenas 1 (um) Centro Nodal para a ligação de ambos os nós de acesso da brigada fere a doutrina vigente ao não seguir o princípio das Comunicações da confiabilidade, que exige que o sistema apresente “capacidade de resiliência e de manutenção da eficácia quando exposto a eventos desestabilizadores provenientes do ambiente operacional” (BRASIL, 2015, p. 2-4).

Mobile, usando informações sobre o relevo obtidas por mapeamento satelital.

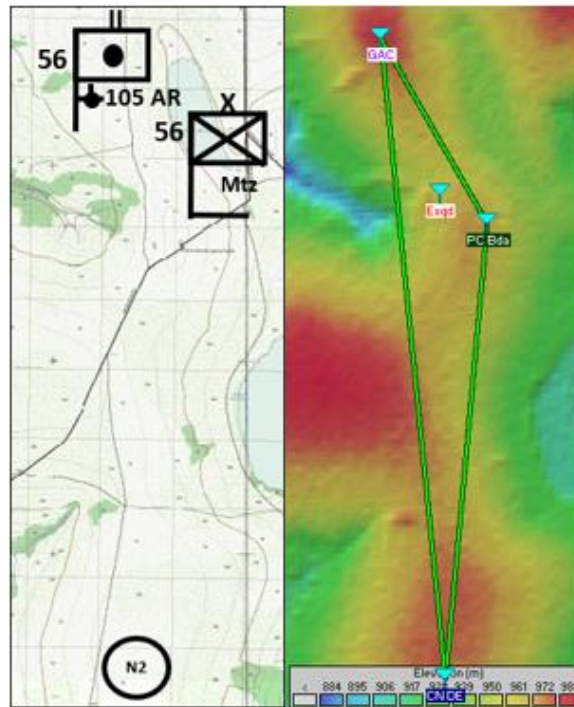


FIGURA 3 – Desdobramento do Posto de Comando Principal da 56ª Bda Inf Mtz, do 56º GAC 105 AR e do Centro Nodal Nr 2 na carta (esq.) e no programa Radio Mobile, com os enlaces com MH513 estabelecidos. Na carta à esquerda, cada quadrícula representa 1km; ambas as imagens estão aproximadamente na mesma escala².

Fonte: o autor

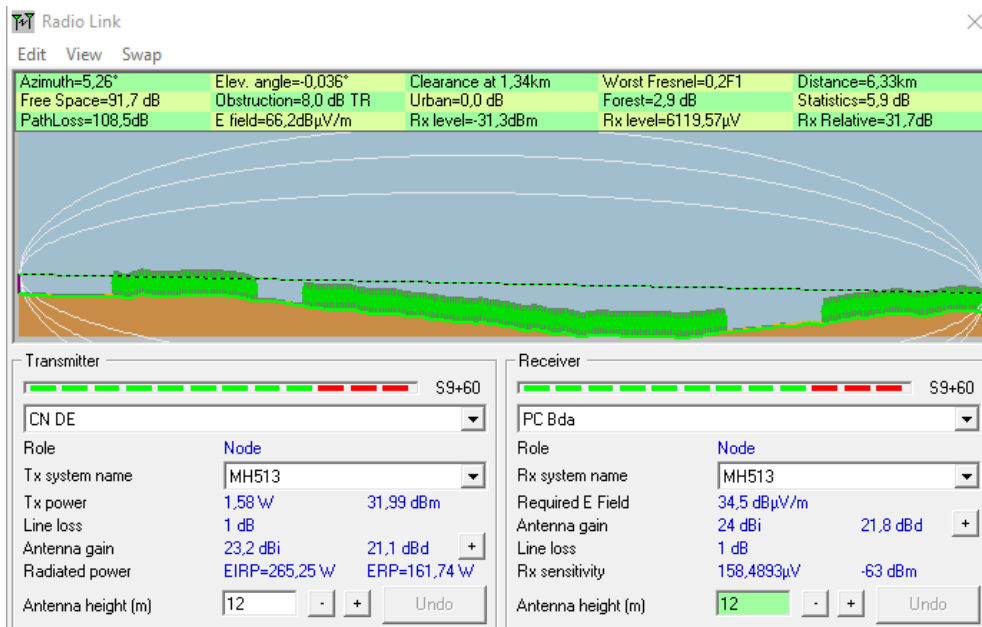


FIGURA 4 – Análise do enlace entre o centro nodal e o nó de acesso do PCP 56ª Bda Inf Mtz.

Fonte: o autor.

A Figura 4 mostra análise pormenorizada do enlace estabelecido entre o

² Na imagem gerada no programa Radio Mobile, as posições marcadas correspondem aos sítios de antenas do PCP 56ª Bda Inf Mtz e do 56º GAC 105 AR, e não à base dos calungas.

centro nodal disponibilizado e o PCP 56^a Bda Inf Mtz, fornecendo detalhes como a configuração do terreno, a existência de obstáculos e a potência do sinal na chegada no receptor. Esse último em especial, é fundamental para a determinação do sucesso do enlace. No exemplo acima, o enlace estabelecido possui uma potência de chegada prevista de S9+60 na escala-S, equivalente a um sinal de chegada no receptor de -13 dBm, bem superior ao índice mínimo de sensibilidade do rádio MH513.

3.4.2 Módulo de telemática operacional

Os módulos de telemática operacionais (MTO) são sistemas embarcados voltados para a ligação, em dados, entre o Comando das brigadas e os seus elementos subordinados. Os MTO possuem vários equipamentos voltados para o estabelecimento desse enlace, com capacidades progressivamente reduzidas, a serem empregados em caso de falha dos sistemas principais.

Os MTO não estão contidos no Quadro de Distribuição de Material das Companhias de Comunicações do Exército Brasileiro. No exercício de simulação usado como teste neste trabalho, a Cia Com contou originalmente com 4 (quatro) MTO, em conformidade com a dotação média das Cia Com do Exército Brasileiro. Entretanto, ainda durante a fase do planejamento, observou-se a necessidade de um módulo a mais para ligar o PCP 56^a Bda Inf Mtz a todos os seus elementos valor unidade em 1^o escalão e à sua base logística. A fim de atender a essa demanda, o escalão superior, representado pela Direção de Exercício, disponibilizou 1 (um) MTO adicional à 56^a Cia Com. A ligação com o 56^o GAC 105 AR, já tendo sido estabelecida por meio dos nós de acesso no PCP 56^a Bda Inf Mtz e naquele Grupo.

Para fins deste trabalho, foi analisado o estabelecimento de enlaces entre os MTO usando seu equipamento principal, que é o rádio RF7800W, fabricado pela empresa estadunidense HARRIS. O rádio RF7800W opera na faixa de frequência de de operação de 4400 MHz a 5800 MHz, potência de transmissão de 5W com amplificador externo PA50x, polarização vertical, ganho no lóbulo primário de 24 dBi e sensibilidade mínima no receptor de -67 dBm (correspondente de forma aproximada à S9+30 na escala-S) (HARRIS, 2018). Cada MTO possui mastro telescópico de 10 (dez) metros de altura.

No contexto do exercício de simulação construtiva usado como teste, 1 (um) MTO foi desdobrado junto ao PCP 56^a Bda Inf Mtz. Os demais foram desdobrados em apoio ao 561^o BI Mtz, 562^o BI Mtz, 563^o BI Mec e à Base Logística de Brigada

(BLB) da 56ª Bda Inf Mtz. O MTO é empregado usando ligações tipo “mestre-escravo”, onde todas os elementos “escravos” devem estabelecer um enlace com o elemento “mestre” (no caso, o PCP 56ª Bda Inf Mtz).

A Figura 5 mostra o desdobramento da 56ª Bda Inf Mtz na carta e no programa Radio Mobile, incluindo os enlaces feitos com rádio MH513 dos nós de acesso e centro nodal e os enlaces feitos com rádio RF7800W. Dois elementos valor subunidade da 56ª Bda Inf Mtz (56º Esqd C Mec e 56º Cia E Cmb) não receberam MTO e portanto não estão realizando enlace na situação apresentada.

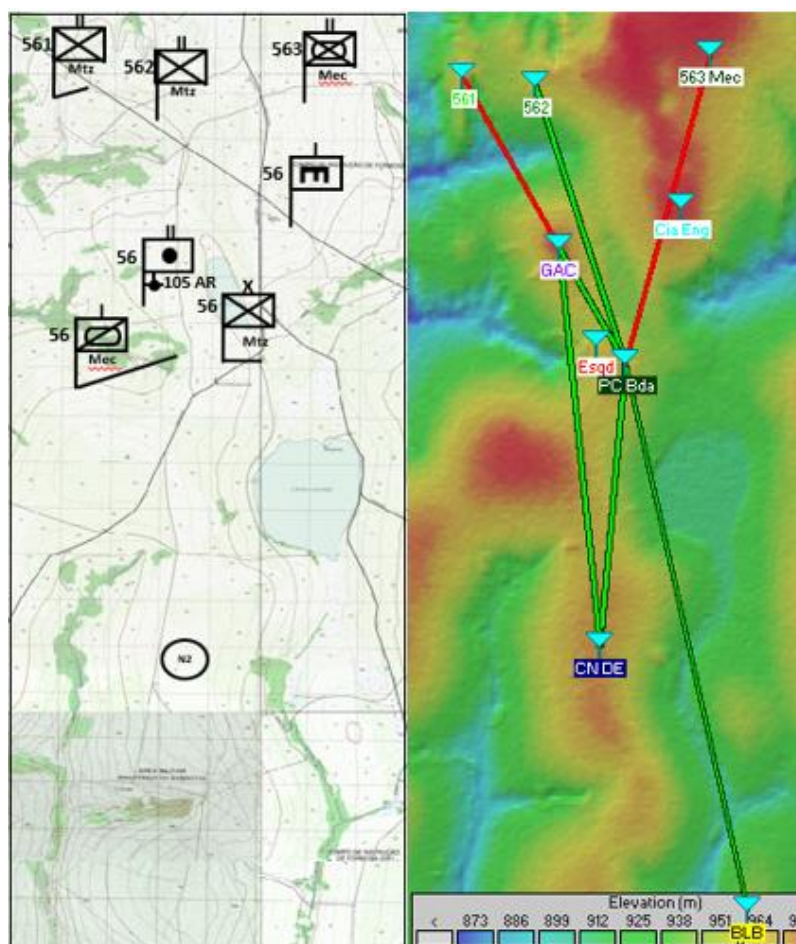


FIGURA 5 – Desdobramento da 56ª Bda Inf Mtz na carta (esq.) e enlaces com MH513 e RF7800W no programa Radio Mobile (dir.). Na carta à esquerda, cada quadrícula representa 1km; ambas as imagens estão aproximadamente na mesma escala³.

Fonte: o autor.

Observa-se que dois enlaces com RF7800W (entre o PCP 56ª Bda Inf Mtz e o 561º BI Mtz e entre o PCP 56ª Bda Inf Mtz e o 563º BI Mec) não estão atendendo à demanda de intensidade mínima no receptor, estando marcados em vermelho. A

³ Na imagem gerada no programa Radio Mobile, as posições marcadas correspondem aos sítios de dos elementos apoiados, e não à base dos calungas. A BLB não foi representada na carta, pois apenas o seu sítio de antenas localiza-se no interior da área seleccionada.

Figura 6 apresenta a análise detalhada de um dos enlaces não-estabelecidos (entre o PCP 56ª Bda Inf Mtz e 563º BI Mec. Observa-se que o enlace não foi bem-sucedido em virtude da obstrução parcial causada pelo terreno e pela vegetação (marcada em verde sobre a projeção do perfil do terreno). Essas obstruções diminuíram a potência do sinal de chegada no receptor para o nível S9+10, correspondente a -83 dBm e portanto inferior à sensibilidade mínima no rádio RF7800W receptor.

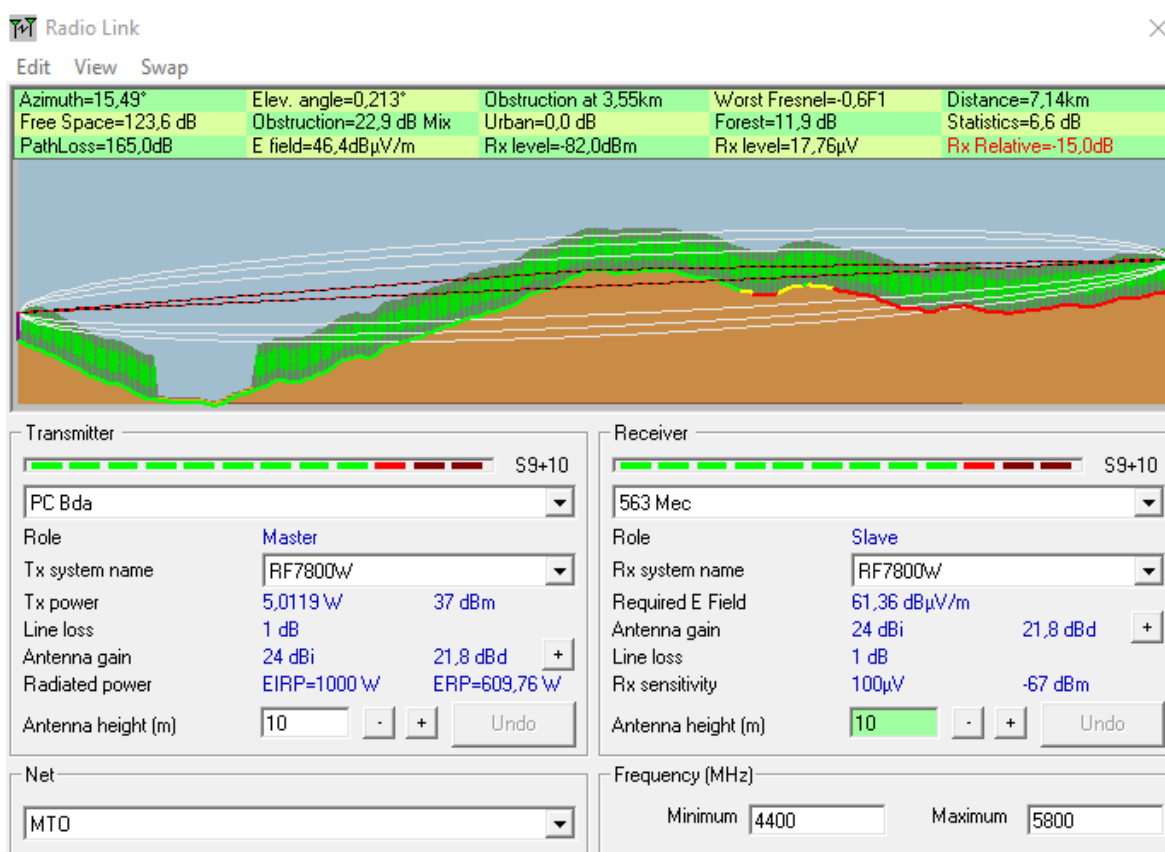


FIGURA 6 – Análise do enlace entre o PCP 56ª Bda Inf Mtz e o 563º BI Mec.

Fonte: o autor.

3.4.3 Enlace *point-to-point* (PTP)

No contexto do exercício de simulação construtiva usado como teste, dois elementos valor subunidade da 56ª Bda Inf Mtz (56º Esqd C Mec e 56ª Cia E Cmb) não receberam MTO para o estabelecimento de enlace com o PCP 56ª Bda Inf Mtz, uma vez que todos os módulos disponíveis já haviam sido desdobrados em apoio aos demais elementos da brigada.

A solução encontrada durante o planejamento de Comunicações foi desdobrar dois equipamentos rádio tipo *bridge* para enlace de micro-ondas PTP (*point-to-point*).

O equipamento rádio MOTOROLA PTP 49600 opera em frequências de 4940 MHz a 4990 MHz, potência de transmissão de 0,2 W (23 dBm), ganho no lóbulo primário de 22 dBi e sensibilidade mínima no receptor de -59 dBm, equivalente de forma aproximada a S9+40 na escala-S) (MOTOROLA, 2008). Para fins de exercício, o equipamento foi considerado com desdobrado no topo de mastro telescópico de 10 (dez) metros de altura.

A Figura 7 apresenta o desdobramento da 56ª Bda Inf Mtz, já atualizado com os enlaces realizados com PTP 49600 entre o PCP 56ª Bda Inf Mtz, o 56º Esqd C Mec e a 56 Cia E Cmb.

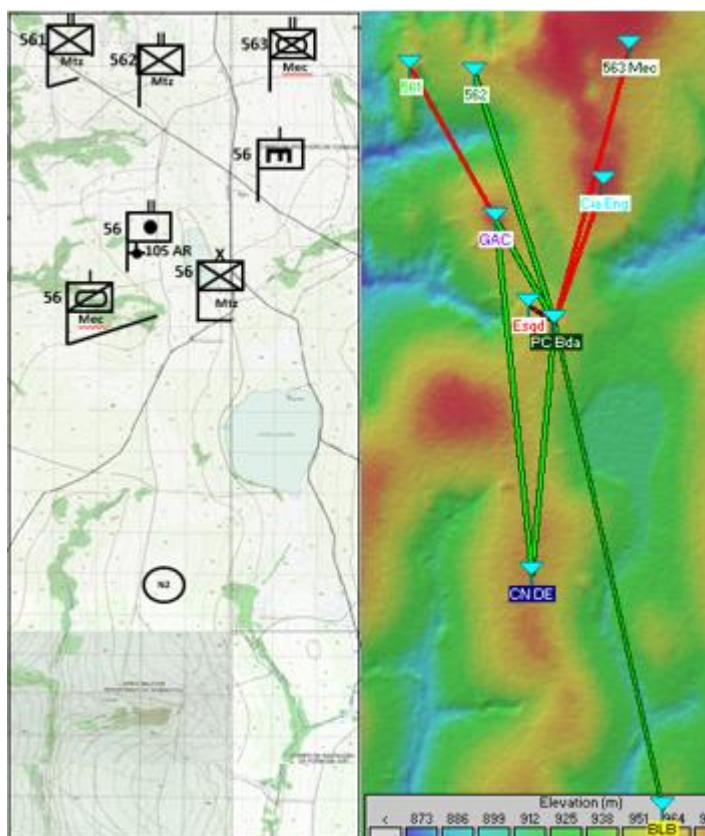


FIGURA 7 – Desdobramento da 56ª Bda Inf Mtz na carta (esq.) e enlaces com MH513, RF7800W e PTP 49600 no programa Radio Mobile (dir.). Na carta à esquerda, cada quadrícula representa 1km; ambas as imagens estão aproximadamente na mesma escala⁴.

Fonte: o autor.

Observa-se que ambos os enlaces com PTP 49600 não foram estabelecidos com sucesso, apesar da relativa curta distância entre os terminais. A análise detalhada do enlace entre o PCP 56ª Bda Inf Mtz e o 56º Esqd C Mec, a título de exemplo, revela que o principal obstáculo no estabelecimento desse enlace é a

⁴ Na imagem gerada no programa Radio Mobile, as posições marcadas correspondem aos sítios de dos elementos apoiados, e não à base dos calungas. A BLB não foi representada na carta, pois apenas o seu sítio de antenas localiza-se no interior da área seleccionada.

vegetação local, conforme apresenta a Figura 8.

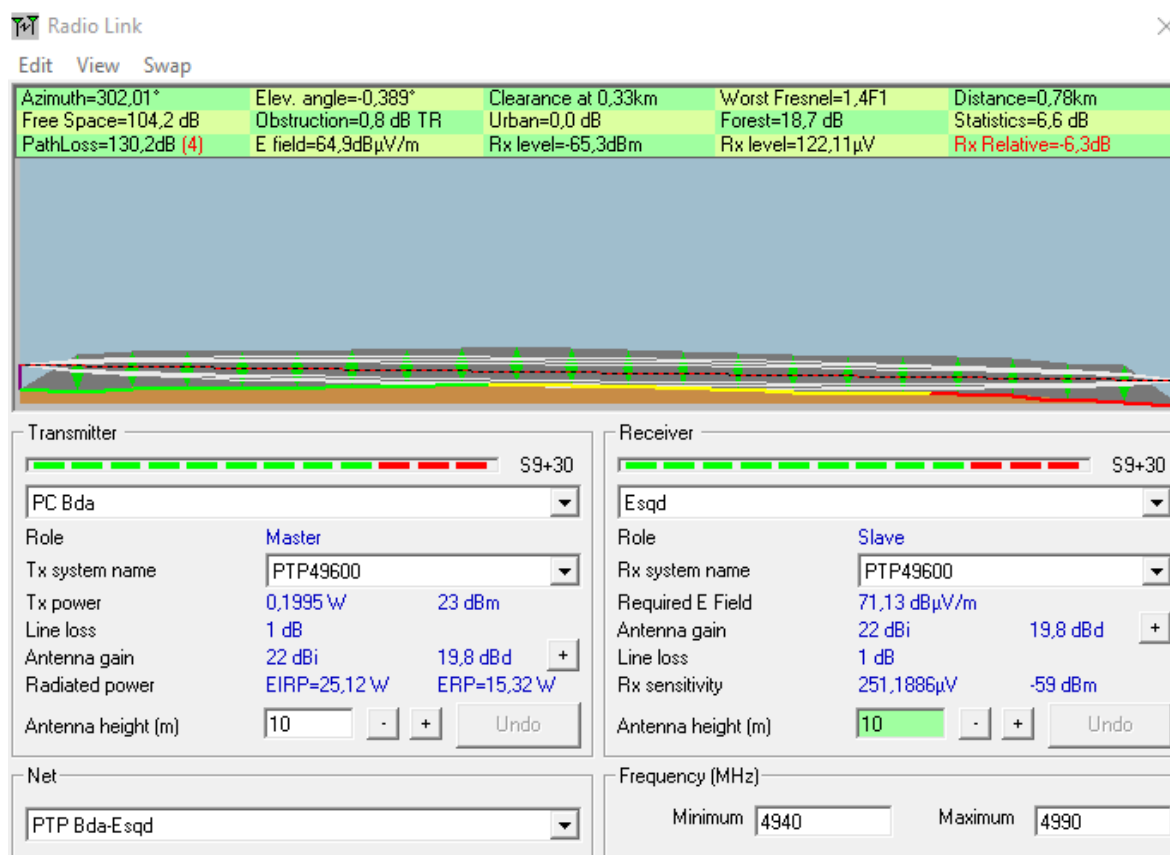


FIGURA 8 – Análise do enlace entre o PCP 56ª Bda Inf Mtz e o 563º BI Mec.

Fonte: o autor.

A existência da vegetação faz com que o sinal transmitido atinja o receptor em nível S9+30 (aproximadamente -63 dBm), inferior à sensibilidade mínima necessária no PTP 49600 receptor. Percebe-se, portanto, que o PTP 49600 e equipamentos similares não são substitutos adequados para rádios especializados como o RF7800W que, nas mesmas condições, teria realizado o enlace entre o PCP 56ª Bda Inf Mtz e o 56º Esqd C Mec.

3.4.4 Aplicações dos parâmetros de rendimento

A medição do desempenho dos sistemas de Comunicações empregados tem aplicações imediatas no contexto de um exercício de simulação construtiva apoiada em carta. Além do impacto que a falha em um dos enlaces componentes do sistema de Comunicações pode causar à manobra da brigada como um todo, cuja forma de condução pela Direção do Exercício será discutida de forma breve na conclusão deste trabalho, a identificação dessas falhas no planejamento permite às Comunicações retomar sua importância junto às demais Funções de Combate durante o exame de situação e o planejamento da manobra da brigada pelo Estado-

4 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho realizado atingiu o objetivo a que se propôs, apresentando a possibilidade da incorporação de parâmetros de avaliação dos Sistemas de Comunicações aos exercícios de simulação construtiva apoiada em carta das brigadas do Exército Brasileiro. Devido à limitação do espaço e escopo deste trabalho, somente a avaliação de um grupo específico de meios de Comunicações – aqueles que realizam enlaces por micro-ondas por visada direta – foi demonstrada; entretanto, essa limitação não afetou o rendimento do trabalho, que pode apresentar o ganho obtido na aproximação da simulação à realidade quando os sistemas de Comunicações passam a ser avaliados.

Embora os demais meios descritos na Tabela 2 deste trabalho não tenham tido seus parâmetros de rendimento estabelecidos, as sugestões apresentadas na própria tabela podem servir de base para o aprofundamento desse estudo, tendo como objetivo final a capacidade de avaliação de todos os sistemas de Comunicações desdobrados.

A revisão da literatura foi importante por destacar a importância da incorporação do desempenho dos Sistemas de Comunicações nas simulações construtivas apoiadas em carta. Notou-se que essa preocupação não é recente, e que a ausência das Comunicações nos exercícios de simulação construtiva tem como principal consequência a geração de expectativas e de possibilidades no planejamento do Estado-Maior que não correspondem à realidade da manobra conduzida no terreno. Observou-se também como fator crítico a desatualização dos manuais doutrinários de Comunicações, que já não apresentam dados relevantes no que tange aos sistemas de Comunicações atuais, suas formas de emprego ou mesmo à dotação desejada das Organizações Militares de Comunicações.

É importante notar que o emprego de *software* especializado na avaliação dos sistemas de Comunicações, como o programa Radio Mobile apresentado neste trabalho, permite que o trabalho de avaliação seja feito de forma rápida e oportuna pela Direção do Exercício. Ao mesmo tempo, a utilização desses programas em paralelo à simulação permite a sua utilização de forma independente, sem que o próprio programa de avaliação e seu código-fonte seja incorporado ao código do próprio programa de simulação.

A condução deste trabalho revelou diversas linhas que podem ser adotadas para o aprofundamento do trabalho aqui iniciado. Essas oportunidades de

aprofundamento incluem o já mencionado estabelecimento dos parâmetros de rendimento dos demais meios de Comunicações descritos na Tabela 2 deste trabalho; estabelecimento dos parâmetros de avaliação dos efeitos da Guerra Eletrônica que, apesar de não ser orgânica às brigadas do Exército Brasileiro, pode ser recebida em reforço; e estudo sobre a aplicação do rendimento do Sistema de Comunicações desdobrado ao próprio exercício de Comunicações.

Essa última oportunidade de aprofundamento merece um detalhamento maior, em virtude das possibilidades que pode gerar. Ao incorporar o rendimento dos Sistemas de Comunicações desdobrados naquele momento ao funcionamento dos sistemas de Comunicações do próprio exercício de simulação, a Direção do Exercício poderia apresentar ao Estado-Maior da brigada as dificuldades inerentes aos trabalhos da Função de Combate Comando e Controle em campanha. Por exemplo, ao observar que os enlaces com um dos elementos de manobra não estão atendendo aos parâmetros de desempenho estabelecidos, a Direção de Exercício poderia interromper a comunicação entre o Comando da brigada e aquele elemento, dificultando a coordenação das ações na simulação. Esse tipo de ação, porém, deve ser planejado com cuidado, de forma a não interromper de sobremaneira o andamento do exercício de simulação.

Como sugestões finais, este trabalho identificou a necessidade da criação de uma célula, dentro da Direção do Exercício de simulação, para avaliação e acompanhamento do planejamento e atividades de Comunicações no contexto da simulação. O trabalho dessa célula teria início antes mesmo da simulação, ao estabelecer, por exemplo, a dotação de meios de Comunicações disponíveis para a Companhia de Comunicações avaliada.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Exército. **C 11-30: as Comunicações na brigada**. 2. ed. Brasília: 1998.
- _____. Exército. **C 101-5: Estado-Maior e ordens – 1ª parte**. 2. Ed. Brasília: 2003.
- _____. Exército. **C 105-1: simulação de combate**. 1. ed. Brasília: 2006.
- _____. Exército. **EB20-MC-10.205: comando e controle**. 1. ed. Brasília: 2015.
- _____. Exército. **EB60-ME-11.401: dados médios de planejamento escolar**. 1. ed. Brasília: 2017.
- _____. Exército. **EB70-CI-11-410: exercícios de simulação construtiva**. 1. ed. Brasília: 2017.
- _____. Exército. Portaria nº 049-EME, de 16 de setembro de 2014. Aprova o Quadro de Organização (QO) da Companhia de Comunicações de GU. **Boletim de Acesso Restrito**. Brasília: n. 2, 30 set. 2014.
- CONGRESSIONAL BUDGET OFFICE. **The Army's bandwidth bottleneck.**, The Congress of the United States, [Washington, DC]: 2003.
- CAYIRCI, Erdal; ERSOY, Cem. **Simulation of tactical communications systems by inferring detailed data from the Joint Theater level computer aided exercises**. [S. l.], 2001.
- CLARK, Lloyd Neil; PLESS, Larry Douglas; RAPP, Robert Lee. **Communications processor for C³ analysis and wargaming**. Monterey: Ed. United States Naval Postgraduate School, 1982.
- HARRIS. **Harris Falcon III RF-7800W high capacity line-of-sight radio**. 2018. Disponível em: < <https://www.harris.com/solution/harris-falcon-iii-rf-7800w-multimission-hclos-radio>>. Acesso em 10 de julho de 2018.
- JOE, Leland; PORCHE III, Isaac. **Future Army Bandwidth Needs and Capabilities**. RAND Corporation, Santa Monica: 2004.
- KLAMPFER, Sasa; et al. Location and visualization of the communication problems in a simulated Slovenian Armed Forces tactical radio network. **Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology**, USA, p. 413-430, sep.-dez. 2014.
- LEONARDO. **MH500 series military radio relay**. Pomezia, 2017. Disponível em: < <http://www.leonardocompany.com/-/mh500-1>>. Acesso em 12 de julho de 2018.
- MOTOROLA. **Motorola 4.9 GHz Point-to-Point Bridges**. Schaumburg, 2008. Disponível em: <http://www.winncom.com/pdf/Motorola_Wi4_PtP_4900_BridgesDS.pdf>. Acesso em 11 de julho de 2018.