



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS
ESCOLA DE FORMAÇÃO COMPLEMENTAR DO EXÉRCITO



DANIEL FONSECA MENDES MIGUEL

**O EMPREGO DO SISTEMA DE SIMULAÇÃO DE APOIO DE FOGO COMO
FERRAMENTA DE ENSINO E ADESTRAMENTO NO EXÉRCITO BRASILEIRO**

Rio de Janeiro
2019



**ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS
ESCOLA DE FORMAÇÃO COMPLEMENTAR DO EXÉRCITO**

DANIEL FONSECA MENDES MIGUEL

**O EMPREGO DO SISTEMA DE SIMULAÇÃO DE APOIO DE FOGO COMO
FERRAMENTA DE ENSINO E ADESTRAMENTO NO EXÉRCITO BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola de Formação
Complementar do Exército / Escola de
Aperfeiçoamento de Oficiais como
requisito parcial para a obtenção do Grau
de Especialização em Ciências
Militares

Orientador: Major QCO Infor Anderson Barros Torres

**Rio de Janeiro
2019**



**MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
DECEX-DESMil
ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS
(EsAO/1919)**

FOLHA DE APROVAÇÃO

DIVISÃO DE ENSINO / SEÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO

Aluno: DANIEL FONSECA MENDES MIGUEL

Título: O EMPREGO DO SISTEMA DE SIMULAÇÃO DE APOIO DE FOGO COMO FERRAMENTA DE ENSINO E ADESTRAMENTO NO EXÉRCITO BRASILEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Formação Complementar do Exército / Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialização em Ciências Militares

Aprovado em: ____ de _____ de 2019.

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO

MEMBROS
ANDERSON BARROS TORRES – Maj QCO Infor – Avaliador 1 Escola de Formação Complementar do Exército
MARCELO ANTONIO DO NASCIMENTO – Maj QCO Infor – Avaliador 2 Escola de Formação Complementar do Exército

O EMPREGO DO SISTEMA DE SIMULAÇÃO DE APOIO DE FOGO COMO FERRAMENTA DE ENSINO E ADESTRAMENTO NO EXÉRCITO BRASILEIRO

Daniel Fonseca Mendes Miguel¹

RESUMO

O ambiente operacional contemporâneo tem sido marcado por operações militares realizadas em áreas densamente povoadas, característica que exige um exército altamente seletivo e efetivo em suas ações, para que se possa minimizar as possibilidades de danos colaterais decorrentes do conflito; o que reflete diretamente no adestramento dos recursos humanos. Contudo, nos últimos anos, a restrição orçamentária imposta pelo governo à área da defesa está impossibilitando a manutenção de um adestramento nos padrões necessários para um emprego efetivo da Força Terrestre, uma vez que o treinamento militar requer uma grande demanda de recursos logísticos, como munições e combustíveis. Para tentar contornar as dificuldades impostas ao processo de ensino e adestramento, o Departamento de Educação e Cultura do Exército e o Estado-Maior do Exército, respectivamente, implantaram o Sistema de Simulação para o Ensino, do qual derivou o Sistema de Simulação de Apoio de Fogo (SIMAF), e o Sistema de Simulação do Exército Brasileiro. Sendo assim, este trabalho busca avaliar se o SIMAF pode ser considerado uma opção adequada ao processo de ensino e adestramento dos militares e, ao mesmo tempo, uma escolha capaz de proporcionar economia de recursos financeiros à instituição.

Palavras-chave: adestramento; ensino; efetividade; economia; exército; simulação virtual; sistema.

ABSTRACT

The contemporary operating environment has been marked by military operations performed in densely populated areas, feature that requires a highly selective and effective army in your actions to minimize the possibility of collateral damage result of the conflict; which reflects directly on the training of human resources. However, in recent years, the government's budgetary constraint on defense is making it impossible to maintain training to the standards necessary for effective use of the Ground Force, since military training requires a high demand for logistic resources, for example ammunition and fuels. To try to circumvent the difficulties posed on the teaching and training process, the Department of Education and Culture and the General Staff of the Army, respectively, implemented the Teaching Simulation System, from which derived the Fire Support Simulation System (Sistema de Simulação de Apoio de Fogo - SIMAF), and the Brazilian Army Simulation System. So, this article search to evaluate whether SIMAF can be considered an appropriate option to the military teaching and training process and also a choice capable of saving the institution financial resources.

Keywords: training; teaching; effectiveness; economy; army; virtual simulation; system.

¹ Capitão QCO de Informática da turma de 2011. Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Minas Gerais, em 2007. Especialista em Aplicações Complementares as Ciências Militares pela Escola de Formação Complementar do Exército em 2011.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	01
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	03
2.1	DEFINIÇÃO E O EMPREGO DIVERSO DA SIMULAÇÃO.....	03
2.2	SIMULAÇÃO MILITAR.....	07
2.3	IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE SIMULAÇÃO NO EXÉRCITO BRASILEIRO.	10
2.4	SISTEMA DE SIMULAÇÃO DE APOIO DE FOGO (SIMAF)	12
3	METODOLOGIA.....	19
4	RESULTADOS OBTIDOS.....	21
5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	28
6	CONCLUSÃO.....	34
	REFERÊNCIAS.....	37
	Apêndice A – Consumo Estimativo de Energia Elétrica do SIMAF/AMAN....	42
	Apêndice B – Entrevistas com Instrutores do SIMAF/AMAN.....	43

1. INTRODUÇÃO

O ambiente operacional contemporâneo tem sido marcado por operações militares realizadas em áreas densamente povoadas. Essa característica exige um exército altamente seletivo e efetivo em suas ações, a fim de diminuir as possibilidades de danos colaterais que podem gerar grande perda em termos de vidas humanas e infraestruturas. Ao mesmo tempo, as sociedades estão menos propensas a tolerar a alternativa bélica para a solução dos conflitos, reforçando ainda mais a necessidade de mudanças na forma de atuação dos elementos da Força Terrestre, o que reflete diretamente no seu adestramento (EB20-MF-10.102, 2014, p. 4-5).

Nos últimos anos, o cenário de restrição orçamentária imposto pelo governo brasileiro, vem impossibilitando a manutenção de um adestramento dentro dos padrões necessários para um emprego efetivo da Força Terrestre (VERDE OLIVA, 2018). O treinamento militar requer uma grande demanda de recursos logísticos, grande parte relacionado ao suprimento de munições e de combustíveis, estes usados para transporte de pessoal e materiais; e à manutenção de materiais e veículos, empregados em apoio à atividade (VERDE OLIVA, 2016).

Como alternativa às restrições orçamentárias, visando atender a necessidade de recursos humanos adestrados e preparados para os novos desafios dos conflitos atuais, o Exército Brasileiro, por meio da Portaria nº 008, do Departamento de Educação e Cultura do Exército (DECEX), de 10 de fevereiro de 2011, que aprova a implantação do Sistema de Simulação para o Ensino (BRASIL, 2011); e da Portaria nº 055, do Estado-Maior do Exército (EME), de 27 de março de 2014, que aprova o funcionamento do Sistema de Simulação do Exército (BRASIL, 2014); estabeleceu uma sistematização dos procedimentos para a obtenção e integração de simuladores, com o objetivo de adequar as estruturas de ensino e adestramento às novas metodologias de transmissão de conhecimento, tendo como base o uso da simulação.

Uma ferramenta derivada dessa necessidade é o Sistema de Simulação de Apoio de Fogo (SIMAF), idealizado para aprimorar o processo de ensino-aprendizagem e de adestramento dos militares responsáveis pela execução das atividades da Função de Combate Fogos. O sistema surgiu para tentar contornar as dificuldades impostas pelo alto custo das munições, das limitações do espaço destinado ao tiro de artilharia, alguns circundados por áreas urbanizadas; e de

restrições relacionadas à preservação ambiental. O contrato para a aquisição do simulador, no valor de 13,98 milhões de euros (37,9 milhões de reais) foi assinado em outubro de 2010, entre o Exército Brasileiro e a empresa espanhola *Tecnobit*, sendo inaugurado em fevereiro de 2016 (AMAN, 2011).

Do disposto, este trabalho busca avaliar se o SIMAF pode ser considerado uma opção adequada ao processo de ensino e adestramento dos recursos humanos e, ao mesmo tempo, uma alternativa capaz de proporcionar economia de recursos financeiros à instituição. Para isto, serão comparados o custo da realização da atividade no simulador, usando o tiro virtual, em relação ao custo se a mesma atividade fosse executada empregando os métodos tradicionais, ou seja, por meio dos exercícios em campanha, usando a munição real. Além disso, serão analisadas as vantagens e desvantagens do uso dessa ferramenta no processo de ensino e adestramento, em relação aos métodos tradicionais.

Para a análise, serão realizadas pesquisas documentais em artigos, informativos e entrevistas publicadas em revistas e jornais na *Internet*, e, também, em documentos arquivados no simulador. Ainda, serão obtidos dados de sistema de controle de materiais do Exército e serão realizadas entrevistas com alguns membros da equipe de instrução do simulador, que expressarão a opinião de instrutor e militar da arma de Artilharia quanto ao emprego do simulador no processo de ensino e adestramento dos militares da instituição

O resultado esperado é a avaliação, tanto em termo de custo, como em termo de metodologia de transmissão de conhecimento e aprimoramento, de que a simulação é uma alternativa econômica e eficaz para o processo de ensino e adestramento, conseqüentemente, para o preparo dos recursos humanos da Força Terrestre; o que justificaria os custos de investimento no simulador SIMAF e a sua adoção para superar as restrições orçamentárias que as diversas áreas do governo, entre elas a defesa, vêm sendo submetidas nos últimos anos.

Antes de apresentar a metodologia usada com o intuito de verificar as hipóteses de efetividade e economicidade do simulador, no próximo tópico será realizada uma revisão bibliográfica, onde se fornecerá uma visão geral e atual sobre a simulação e suas vertentes no ramo militar, realizando, assim, uma exposição dos principais conceitos sobre o tema. Além disso, será apresentado o processo de implantação do sistema de simulação no Exército Brasileiro e, por fim, um tópico sobre as principais características do SIMAF, expondo seus subsistemas e a forma como se integram.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico, serão expostos os principais conceitos envolvendo a simulação virtual e militar, a motivação e as diretrizes de implantação do sistema de simulação no âmbito do Exército e, por fim, as principais características do SIMAF, apresentando o funcionamento de cada um dos seus subsistemas e o modo como se interagem.

2.1. DEFINIÇÃO E O EMPREGO DIVERSO DA SIMULAÇÃO

De acordo com Banks (2010), a simulação pode ser definida como sendo a reprodução de um sistema do mundo real, através de experimentos realizados sobre um modelo representativo do seu comportamento. Esse modelo, quando submetido a um conjunto variado de circunstâncias, produz um conjunto de dados que, após submetidos à análise, permitirão realizar inferências sobre o comportamento do sistema em situações reais.

Na história, o primeiro experimento realizado de forma simulada foi feito por *Georges-Louis Leclerc*, em 1777. Conhecido como Conde de *Buffon*, foi um naturalista, matemático e escritor francês e suas teorias influenciaram duas gerações de naturalistas, entre os quais *Jean-Baptiste de Lamarck* e *Charles Darwin*. *Buffon* propôs um método conhecido como *Agulhas de Buffon* (*Buffon's Needle Problem*), sendo considerado o primeiro exemplo de emprego da simulação. O experimento foi usado para estimar o valor de uma importante constante da física, o número π . Mais tarde, durante a Segunda Guerra Mundial, usando métodos do Método *Monte Carlo*, a mesma técnica seria revivida por *Stanislaw Ulam*, matemático polonês que trabalhou no projeto *Manhattan*, projeto este voltado para o desenvolvimento de armas termonucleares (GOLDSMAN, 2009).

Em meados da década de 1940, dois grandes desenvolvimentos prepararam o terreno para o rápido crescimento do campo da simulação. O primeiro foi a construção dos primeiros computadores eletrônicos de propósito geral e o segundo, foram os trabalhos realizados por *Stanislaw Ulam*, *John von Neumann*, *Nicholas Metropolis* e outros, ao usarem o método *Monte Carlo* nos computadores eletrônicos com o objetivo de resolver certos problemas na difusão de nêutrons surgidos no projeto da bomba de hidrogênio e que, ainda hoje, são considerados analiticamente intratáveis (GOLDSMAN, 2010).

Como pode ser observado acima, o uso da simulação para fins militares não é uma atividade recente. A simulação, operada por computador, teve seu início na Segunda Guerra Mundial, quando a marinha e o exército norte-americanos, por meio dos computadores *Harvard Mark I* e *ENIAC* (Figura 1), respectivamente, a usaram para cálculos balísticos, para estudos de fenômenos físicos e para diversos outros projetos militares.

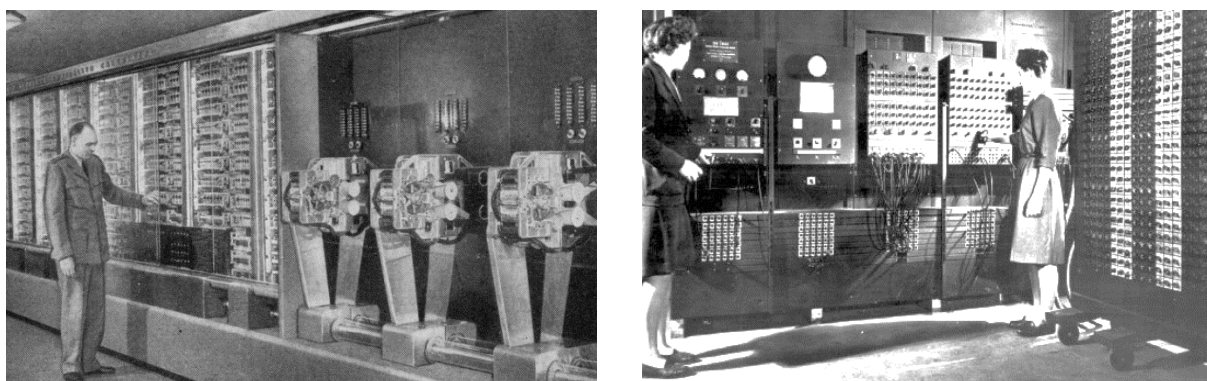


Figura 1 - À esquerda, imagem da revista *Popular Mechanics*, de outubro de 1944, mostrando o *Harvard Mark I*. À Direita, duas mulheres reconfigurando o *ENIAC*. Fonte: HARVARD, 2019; HATFIELD, 2013.

O *Harvard Mark I* foi construído e desenvolvido numa parceria entre a Universidade de *Harvard* e a *IBM*, e consistia em uma calculadora digital automática de larga escala denominada de *ASCC*, acrônimo para *Automatic Sequence Controlled Calculator* (AIKEN, 1946). O computador foi usado para diversos projetos militares, entre eles, torpedos, sistemas de detecção subaquática, lentes de câmeras de vigilância, radares e, como já mencionado acima, no Projeto *Manhattan* (HARVARD, 2019).

O *ENIAC* (*Electronic Numerical Integrator Analyzer and Computer*), desenvolvido na Universidade da Pensilvânia, consistia de um computador digital eletrônico concebido para computar trajetórias táticas para o exército americano (MOYE, 1996) e, também, para calcular tabelas numéricas de tiro de artilharia para o Laboratório de Pesquisa Balística do exército dos Estados Unidos. O primeiro programa do *ENIAC* foi o estudo de viabilidade da arma termonuclear (ENIAC, 2019).

Dessa forma, quando realizada com o auxílio de computadores, a simulação pode ser definida como sendo a reprodução do comportamento de um sistema real, usando um computador para calcular os resultados produzidos por um modelo matemático representativo desse sistema, que pode ser de natureza física, astrofísica,

climatológica, química, biológica e, também, relacionados a economia, engenharia e medicina (COMPUTER SIMULATION, 2019).

Os anos pós-guerra foram marcados pelo desenvolvimento de computadores cada vez mais potentes e compactos, e de linguagens de programação voltadas para sistemas de simulação. Em 1960, *Geoffrey Gordon* juntou-se à Divisão de Desenvolvimento de Sistemas Avançados da *IBM*, onde fez parte da equipe de desenvolvimento do Sistema de Simulação de Propósito Geral (*General Purpose Simulation System - GPSS*). O *GPSS* foi projetado para facilitar a modelagem de sistemas de simulação complexos, como, por exemplo, sistemas de controle de trânsito (GOLDSMAN, 2009).

Ainda segundo *Goldsman* (2009), nesse período surgiram duas outras linguagens para simulação, a *SIMSCRIPT* e a *SIMULA*. A *SIMSCRIPT* teve como principal desenvolvedor *Harry Markowitz*, da corporação *RAND (Reserach AND Development)*, uma entidade que realiza pesquisas e análises para o Departamento de Defesa dos Estados Unidos. A *SIMULA*, baseada na linguagem *ALGOL* e criada por *Kristen Nygaard* e *Ole-Johan Dahl*, no Centro Norueguês de Computação de Oslo, consistia de linguagem de programação de propósito geral, orientada a objetos, e projetada para apoiar o desenvolvimento de sistemas de simulação de eventos discretos.

Atualmente, com o aumento considerável da capacidade de processamento e armazenamento de dados dos computadores e com o surgimento de sistemas e dispositivos com grande poder de processamento gráfico, associado ao baixo custo para a aquisição desses equipamentos de alta tecnologia, a simulação tem sido usada, em diversas áreas de conhecimento, para uma infinidade de atividades, muitas voltadas para o ensino, a pesquisa e o treinamento de recursos humanos.

Como exemplo, pode-se destacar o uso da simulação na medicina para treinamento de procedimentos cirúrgicos; e o uso da simulação para treinamento de pilotos de carros de corrida e aeronaves (Figura 2). Nesses casos, a simulação permite aos profissionais aprimorarem seus reflexos, conseqüentemente, aperfeiçoando suas habilidades, e/ou que tenham um contato inicial com um equipamento ou ambiente ainda desconhecido, permitindo assimilar suas características (SIMULATION, 2019).



Figura 2 – À esquerda, uso de simulações interativas de sistemas fisiológicos para o ensino e a pesquisa. À direita, piloto *Lewis Hamilton* testando um simulador de corrida. Fonte: SABBATINI, 2017; MCKENZIE, 2013.

Outro exemplo de emprego da simulação, desta vez para fins científicos e análise de resultados, é seu uso como ferramenta para pesquisa de fenômenos físico-químicos e para a compreensão do universo. Recentemente, no projeto denominado D³M24, pesquisadores da Fundação *Simons* e do Instituto *Flatiron* desenvolveram o primeiro simulador, utilizando Inteligência Artificial (IA), para tentar explicar a origem do universo (PEDROSO, 2019).

Assim, de uma forma geral, a simulação computacional pode ser descrita como sendo o uso de expressões matemáticas com o objetivo de criar modelos computacionais para representar, artificialmente, uma atividade, um evento, uma operação ou um sistema do mundo real que, quando submetido a um conjunto diverso de variáveis, ações ou situações simuladas, produzirão um conjunto de dados, reações ou comportamentos similares aos produzidos quando a mesma atividade, evento, operação ou sistema for submetido às variáveis, ações ou situações reais.

Nos últimos anos, o emprego da simulação com o auxílio de tecnologias para treinamento militar tem se intensificado nos principais exércitos do mundo. Dentre os países que estão utilizando essa metodologia destacam-se potências militares como a Austrália, o Canadá, os Estados Unidos e a Grã-Bretanha (STUART, 2019). No próximo tópico, focando no objetivo desse trabalho, será apresentada a definição de simulação militar e sua classificação quanto a virtualização do ambiente, dos indivíduos, dos equipamentos e objetos de interação.

2.2. SIMULAÇÃO MILITAR

De acordo com a Portaria nº 055 do EME, de 27 de março de 2014, a simulação militar pode ser definida como sendo a reprodução de aspectos de uma atividade militar, empregando um conjunto de equipamentos, *softwares* e infraestrutura; com o objetivo de instruir, adestrar ou, até mesmo, planejar uma operação. A simulação militar pode ser realizada em três modalidades, que são: simulação viva, simulação construtiva e simulação virtual (BRASIL, 2014).

Na simulação viva, o ambiente, os indivíduos, os equipamentos manuseados, e os objetos de interação; são reais. Nessa modalidade de simulação, geralmente os equipamentos militares (alvos, coletes, armas e veículos) são dotados de sensores que permitem, por exemplo, identificar a execução e a direção de um disparo, assim como, verificar se o mesmo atingiu um determinado objetivo (Figura 3). Esse tipo de simulação não requer grandes investimentos em sistemas computacionais e, com a exceção dos sensores, em equipamentos tecnológicos. Em contrapartida, dependendo do tipo de exercício a ser executado e do ambiente a ser simulado, é necessário investimento em sensores e infraestruturas de treinamento (MESQUITA, 2015).



Figura 3 – À Esquerda, soldado brasileiro portando um fuzil com emissor *laser* acoplado ao cano. À direita, soldados americanos realizando um exercício em vilarejo iraquiano simulado, localizado no Centro de Treinamento em Prontidão Conjunta em *Fort Polk, Louisiana*. Fonte: CAIAFA, 2017; WHITE, 2019.

A simulação construtiva é um tipo de simulação onde os indivíduos não participam da operação propriamente dita, mas usam a lógica e modelos matemáticos para representar a dinâmica dos combates (Figura 4). Esse tipo de simulação é empregado com a finalidade de adestrar o processo de planejamento e tomada de decisão de comandantes e de elementos de Estado-Maior de Grandes Unidades e Grandes Comandos, em exercícios denominados Jogos de Guerra (DUTTA, 1999).

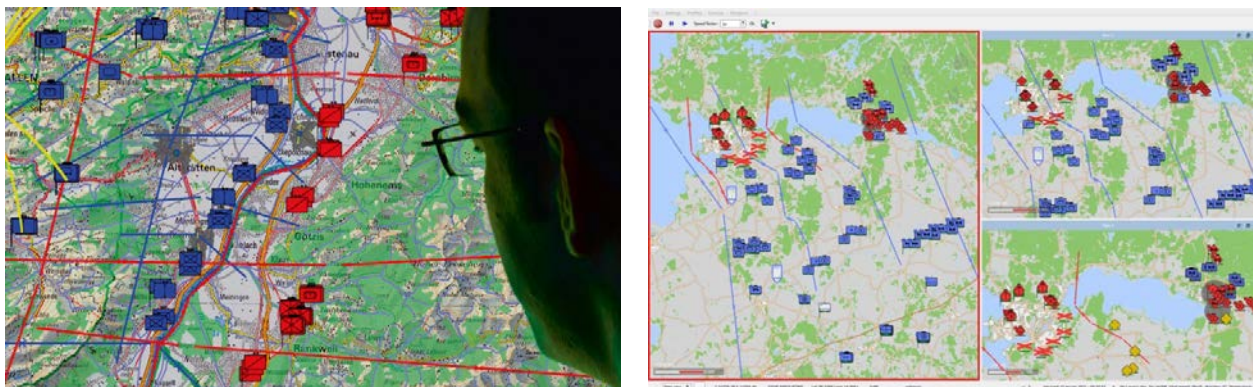


Figura 4 – À esquerda, o uso da ferramenta de simulação construtiva *RUAG*. À direita, janelas da ferramenta de simulação construtiva *SWORD*. Fonte: RUAG, 2019; MASA, 2019.

Na simulação virtual, praticamente todas as ações e interações acontecem em um ambiente virtual (Figura 5). Nesse tipo de simulação, um indivíduo real, controlando um equipamento real, representado por um indivíduo virtual, interage com equipamentos, veículos, objetos e outros indivíduos presentes no ambiente virtual; estes sendo controlados ou não por indivíduos reais (IYENGAR, 1999). Dependendo da tecnologia de visualização empregada nesse tipo de simulação, variando do uso de um simples monitor, passando pelas cabines e salas com ambientes cenográficos e grandes telas de projeção, até o uso de equipamentos de realidade virtual (COUTTS, 2018); é possível obter um menor ou maior nível de imersão no ambiente virtual.

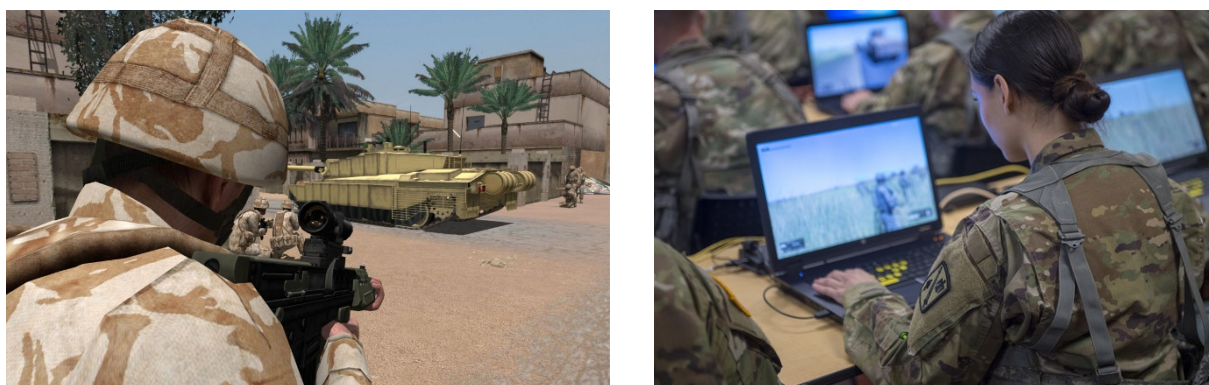


Figura 5 – À esquerda, o simulador *Virtual Battlespace 3 (VBS3)*. À direita, membros da Guarda Nacional dos EUA usando tecnologia virtual para treinamento. Fonte: BOHEMIA, 2019; MASCHINO, 2019.

Dois conceitos de tecnologia que merecem atenção e se integrarão aos sistemas de simulação militar em um futuro próximo, são a realidade virtual e a realidade aumentada (Figura 6). Apesar de atualmente serem usadas em diversos ramos de atividades (FORBES, 2016), inclusive dando os passos iniciais em sistemas de treinamento militar (ANDREW, 2019), pode-se considerar que ambas tecnologias ainda estão em processo de pesquisa e evolução, sendo que, por conta do nível de

complexidade, a realidade virtual está em um estágio mais avançado de desenvolvimento.

A Realidade Virtual pode ser definida com uma tecnologia que realiza a interface entre um usuário e um ambiente virtual e que, por meio do uso de sensores de movimento, permite uma visualização em todas as direções desse ambiente. Tem como objetivo criar a sensação de imersão, de forma que o usuário tenha a percepção de estar fisicamente presente no ambiente virtual. Dessa forma, a realidade virtual consiste do uso de tecnologia para imergir o usuário em outra realidade, fazendo com que interaja com o ambiente virtual (BARDEEN, 2018).

A realidade aumentada consiste de uma tecnologia que permite a visualização de elementos virtuais no ambiente real do usuário, através do uso de câmeras e sensores de movimento. A realidade aumentada permite criar uma experiência interativa com o mundo real, através da superposição de informações e objetos virtuais no ambiente real do usuário. A diferença entre a realidade aumentada e a virtual está no nível de virtualização do ambiente. No primeiro caso, podendo coexistir com elementos reais, alguns elementos virtuais são inseridos em determinadas posições, georreferenciadas, no ambiente real do usuário. No segundo caso, tanto os elementos, quanto o ambiente, são virtuais (MANN, 2018).



Figura 6 – À esquerda, militares britânicos realizando treinamento com equipamento de realidade virtual. À direita, soldado americano usando equipamento de realidade aumentada em treinamento tático. Fonte: PARKIN, 2015; BAKER, 2017.

Assim, terminada a definição e a apresentação das modalidades de simulação militar, o próximo tópico tratará da simulação no âmbito do Exército Brasileiro, apresentando os motivos e as expectativas que desencadearam a implantação dessa metodologia no processo de ensino e adestramento dos recursos humanos da instituição; e que se tornaram as premissas para aquisição do Sistema de Simulação de Apoio de Fogo.

2.3. IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE SIMULAÇÃO NO EXÉRCITO BRASILEIRO

No final dos anos 90, o Exército Brasileiro passava por problemas em seu processo de ensino e adestramento, principalmente das atividades de apoio de fogo da Função de Combate Fogos, devido à falta de recursos financeiros para a aquisição de munições e de outros recursos logísticos usados nos exercícios em campanha. Além da falta de recursos, o exercício de artilharia estava sendo prejudicado por limitações do espaço destinado ao adestramento, alguns próximos a áreas urbanizadas; e, também, por restrições impostas pela legislação ambiental (DEFESANET, 2016a).

Com a intenção de tentar solucionar o problema, no ano 2000, o então comandante do Exército, General Gleuber Vieira, determinou o estudo de modelos de simulação que pudessem ser utilizados no ensino e no adestramento militar (CCOMSEX, 2016). Durante vários anos, diversos simuladores foram estudados e visitados em todo o mundo, mas o preço elevado e as dificuldades para a transferência de tecnologia, não permitiram a concretização da aquisição (DEFESANET, 2016a).

Enquanto a pesquisa de simuladores era uma diretriz do comandante do Exército em função das restrições orçamentárias, em 2007 a necessidade se tornou aparente, pois o Comando de Operações Terrestres (COTER) estabeleceu uma Dotação de Munição Anual Reduzida (DMA-R), diminuindo em quase 75% a quantidade de munições disponíveis para a formação e para a manutenção dos padrões dos combatentes de artilharia. Logo, essa medida trouxe implicações negativas para o processo de adestramento dos elementos de artilharia da Força Terrestre, conseqüentemente, para a manutenção dos padrões de operacionalidade dos Grupos de Artilharia de Campanha (DEFESANET, 2016b). Assim, a aquisição de simuladores, como forma de suprir a carência de munições para o adestramento, tornava-se uma necessidade.

Diante desse cenário, em meados de 2010, o Estado-Maior do Exército aprovou uma diretriz de planejamento para a aquisição de um simulador de tiro real para a Artilharia de Campanha. Como justificativa à aquisição, a diretriz concebia que, naqueles dias, o tiro de artilharia era uma atividade complexa e onerosa; e que a pressão demográfica e as restrições ambientais estavam limitando a utilização de campos de tiro tradicionais do Exército Brasileiro. A diretriz dizia também que as restrições orçamentárias deveriam ser levadas em conta, considerando para isso o

elevado custo da munição, incluindo, neste caso, o transporte e o empaiolamento; as despesas com deslocamentos de pessoal e material; assim como, os gastos eventuais com a manutenção dos meios envolvidos (BRASIL, 2010a). Essa diretriz foi o passo inicial para aquisição do então Simulador de Apoio Fogo (SAFo), que mais tarde receberia a denominação de Sistema de Simulação de Apoio de Fogo (SIMAF).

Dessa forma, a utilização de sistemas para a simulação do tiro real dos diferentes materiais da Artilharia de Campanha surgiu como uma alternativa que poderia reduzir os gastos com o adestramento da tropa e, também, dos Estabelecimentos de Ensino, tanto o de formação, como o de aperfeiçoamento da arma de Artilharia. Era uma alternativa que contemplava o tiro real e que estava se tornando uma tendência já nos exércitos mais modernos do mundo (JASON, 2011). Assim, o Exército Brasileiro dava os primeiros passos para a implantação da simulação no processo de ensino e adestramento dos recursos humanos da instituição.

Para consolidar a implantação dessa metodologia, no início de 2011, o chefe do Departamento de Educação e Cultura do Exército (DECEX) implantou o Sistema de Simulação para o Ensino (SIMENS), adequando a estrutura de ensino e instrução às novas metodologias de transmissão de conhecimentos e técnicas, tendo como base a simulação. Além de proporcionar um novo método de aprendizagem e de aprimoramento profissional, o sistema tinha como um dos objetivos propiciar a economia de recursos financeiros (BRASIL, 2011). Um dos projetos do SIMENS foi o Sistema de Simulação de Apoio de Fogo, que viria a ser implantado no ano seguinte.

Nesse sentido, no final de 2012, por meio da Portaria nº 187, de 28 de dezembro, o DECEX aprovou a diretriz de implantação do projeto do Sistema de Simulação de Apoio de Fogo que, além dos motivos apresentados na diretriz de planejamento para a aquisição do simulador, em sua concepção geral, informava que os recursos empenhados seriam amortizados ao longo do tempo, incógnita que será objeto de pesquisa desse trabalho. Além disso, o documento informava que os recursos investidos foram de 54.315.880,00 reais, valor empregado na construção das instalações e no desenvolvimento do sistema de simulação (BRASIL, 2012).

Ratificando o emprego da simulação em toda a instituição, como parte do processo de transformação do Exército (BRASIL, 2010b; BRASIL, 2013) e impulsionado pelo momento de austeridade econômica do país, que impôs novas restrições orçamentárias; em março de 2014, o Estado-Maior do Exército estabeleceu o Sistema de Simulação do Exército (SSEB). O sistema definia como um dos objetivos

a obtenção, a integração e a modernização de simuladores e, também, a adequação das estruturas de ensino, instrução, treinamento e adestramento da instituição às novas metodologias de transmissão de conhecimentos e técnicas, numa tentativa de ajustar o treinamento com tiro real, e de outras atividades de custo elevado, aos limites estabelecidos pelo orçamento (BRASIL, 2014).

Apresentado o processo de implantação do sistema de simulação no Exército Brasileiro, a seguir, serão apresentadas as principais características do Sistema de Simulação de Apoio de Fogo, ferramenta desenvolvida, entre outros motivos, como tentativa de contornar as restrições geradas pelos cortes no orçamento da instituição. Além disso, serão apresentados os subsistemas do simulador e a forma como se interagem para simular as atividades desenvolvidas em um exercício de artilharia.

2.4. SISTEMA DE SIMULAÇÃO DE APOIO DE FOGO (SIMAF)

O Sistema de Simulação de Apoio de Fogo (SIMAF) foi idealizado com o objetivo de tentar superar as deficiências no ensino e no adestramento das atividades de apoio de fogo da Função de Combate Fogos, provocado pela situação de contingenciamento orçamentário que as diversas áreas do governo, entre elas a defesa, estão sendo submetidas nos últimos anos. Além desse viés, o sistema foi desenvolvido como alternativa para superar as limitações quanto ao espaço reduzido dos campos de tiro da Artilharia, cada vez mais circundados por áreas urbanizadas, e como solução às restrições impostas pelas condicionantes ambientais. Tendo como base essas premissas, em meados de 2010, o Exército Brasileiro iniciou o processo para a aquisição de dois simuladores para a Artilharia de Campanha, que seriam instalados na Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN), em Resende (RJ), e no então Centro de Adestramento e Avaliação Sul (CAA/Sul), atualmente denominado de Centro de Adestramento Sul (CA/Sul), em Santa Maria (RS) (BRASIL, 2010).

A aquisição dos simuladores efetivou-se por meio de processo licitatório do qual resultou o Contrato Nº 1082/2010, firmado entre a Comissão do Exército Brasileiro em *Washington* (CEBW), Estados Unidos, e a empresa espanhola *Tecnobit*. O contrato previa a transferência de tecnologia, a integração com outros sistemas de simulação, o desenvolvimento de cenários virtuais que reproduziriam os campos de instrução do Exército Brasileiro, principalmente os campos usados pela Artilharia de Campanha; e a propriedade comercial e intelectual do produto desenvolvido (BRASIL, 2012).

O Projeto SIMAF teve início em 22 de outubro de 2010, com a assinatura do contrato no Quartel General do Exército, em Brasília. Estiveram presentes na cerimônia de lançamento o então Comandante da Força, general Enzo, oficiais generais do Alto Comando, autoridades diplomáticas e empresários espanhóis; ocasião em que também foi assinado o Termo de Abertura para o desenvolvimento do primeiro módulo do sistema. Em novembro do mesmo ano, uma equipe do Exército Brasileiro, composta por cinco oficiais de artilharia e sete oficiais engenheiros militares, deslocou-se para *Madrid*, na Espanha, para iniciar o processo de especificação dos requisitos do simulador (DEFESANET, 2016a).

Após quatro anos de desenvolvimento, no segundo semestre de 2015, todos os equipamentos e o sistema de simulação foram instalados e integrados aos prédios do SIMAF/AMAN e SIMAF/Santa Maria; este último, hoje, denominado de SIMAF/Sul. Em 19 de fevereiro e 30 de junho de 2016, respectivamente, ambos simuladores foram inaugurados e passaram a servir de ferramenta para o ensino e o adestramento dos militares da instituição. Dentro desse escopo, além de apoiar outras unidades, o SIMAF da AMAN tem como missão básica apoiar o adestramento de nove Grupos de Artilharia de Campanha (GAC) e a instrução de sete Estabelecimentos de Ensino (Estb Ens), abrangendo, assim, todos os GAC e Estb Ens sediados na área do Comando Militar do Leste (CML) e na área do Comando Militar do Sudeste (CMSE). Ao SIMAF/Sul coube a responsabilidade pelo adestramento e instrução dos GAC e Estb Ens sediados na área do Comando Militar do Sul (CCOMSEX, 2016).

O SIMAF é um sistema que se enquadra na modalidade de simulação virtual, apesar de um dos subsistemas abranger parte da modalidade de simulação viva, como será visto adiante. O desenvolvimento do SIMAF teve como base o *SIMACA* (*Simulador de Artillería de Campaña*), simulador criado pela empresa *Tecnobit* para o Exército Espanhol. O sistema foi escrito usando a linguagem de programação C++ e implementado com o uso de ferramentas de código aberto, como é o caso do motor gráfico *Delta 3D* e da ferramenta de programação *QT Creator*. Para a criação dos terrenos virtuais, foram empregados arquivos vetoriais fornecidos pela Diretoria de Serviços Geográficos (DSG) e para a execução, é usado o sistema operacional *Linux Debian*. O SIMAF é capaz de simular todas as atividades desenvolvidas em cada um dos subsistemas da Artilharia de Campanha (DEFESANET, 2016a). A figura a seguir, mostra a correspondência entre os subsistemas existentes na estrutura do simulador e os subsistemas da Artilharia em campanha.



Figura 7 – Correlação entre os subsistemas existentes na estrutura do simulador e os subsistemas da Artilharia em campanha. Fonte: Autor (SIMAF/AMAN).

De forma resumida, a dinâmica de um pedido de tiro de artilharia em uma operação, se inicia com a observação do alvo. O alvo consiste de um objetivo a ser batido, podendo se apresentar sob diversas formas. Pode ser, entre outros exemplos, um veículo, uma tropa, uma ponte, uma instalação ou até mesmo uma fortificação. O militar observador, localizado em um posto avançado da zona de combate, usando meios de observação, como binóculos, optrônicos e telêmetro *laser*, é o responsável pela identificação e pela condução dos fogos sobre o alvo. Uma vez identificado o alvo, o observador, usando os meios de comunicação, transmite as informações aos elementos da central de tiro, órgão de direção e coordenação do apoio de fogo, para o cálculo dos dados de lançamento do tiro em direção ao alvo. Os dados de lançamento são calculados com base na Tabela Numérica de Tiro (TNT) existente para cada tipo de meio de lançamento e de acordo com variáveis ambientais, como

por exemplo, as condições meteorológicas, a velocidade do vento, a umidade do ar, a temperatura ambiente, dentre outras. Efetuados os cálculos, a central de tiro, usando os meios de comunicação, transmite os dados de lançamento aos elementos da linha de fogo, esta composta de meios de lançamento como canhões, obuseiros ou morteiros. Assim, dependendo do meio de lançamento usado e o tipo de munição empregada, informações como a deriva (variação horizontal), a elevação (variação vertical) e a carga (quantidade de explosivos) são ajustadas no armamento, preparando-o para a realização do disparo. Quando pronto, após acionamento do gatilho, o tiro é, então, lançado em direção ao alvo (BRASIL, 1997).

Como pode ser verificado na figura 7, a estrutura do SIMAF é composta basicamente pelos seguintes subsistemas: Posto do Instrutor; Busca de Alvos; Postos de Observação; Direção e Coordenação de Tiro, que inclui as Centrais de Tiro de Bateria e Grupo; e Linha de Fogo. No Posto do Instrutor (Figura 8) estão presentes os computadores responsáveis pelo controle e coordenação da simulação. Nesse subsistema, o instrutor é capaz de criar o cenário de um determinado campo de instrução, incluindo nele vários objetos, como por exemplo, veículos, tropas e instalações; e também é capaz de modificar diversas variáveis do ambiente simulado, como é o caso das condições meteorológicas, da velocidade do vento, das condições de visibilidade, dentre outras. Além dos computadores, o Posto do Instrutor possui rádios comunicadores e *joysticks* que permitem a navegação por todo ambiente virtual (SAFO, 2013). Dessa forma, seja por meio dos monitores, seja por meio dos rádios de comunicação, o subsistema permite que o instrutor acompanhe todas as ações realizadas durante o exercício, desde a busca e identificação do alvo até a execução do tiro de artilharia, possibilitando analisar se o instruendo está executando todos os procedimentos da forma correta.

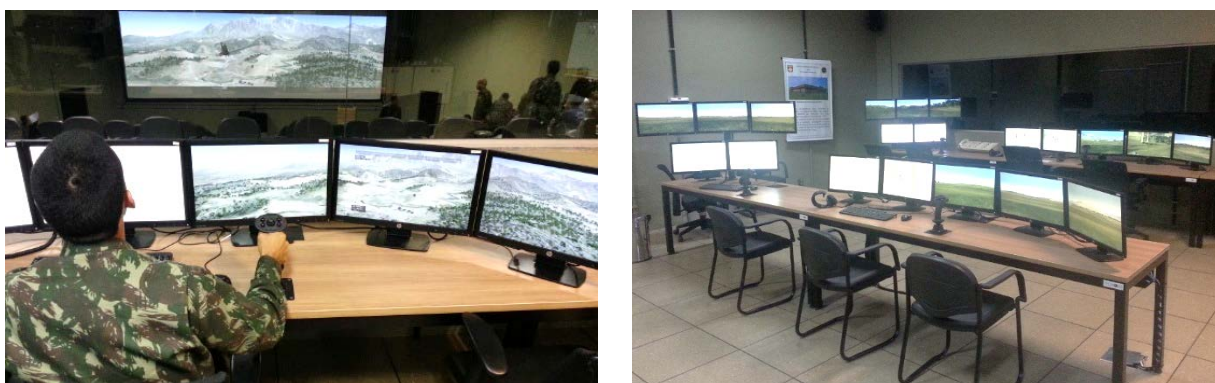


Figura 8 – O subsistema Posto do Instrutor. Fonte: Autor (SIMAF/AMAN).

O subsistema Busca de Alvos é constituído por equipamentos usados pelas equipes de inteligência (S2 da Artilharia de Campanha) para tarefas de detecção, identificação e localização de alvos (BRASIL, 1978). Estão presentes nesse subsistema computadores com formulários, rádios comunicadores e equipamentos que simulam um Radar de Contrabateria e um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT).

Os Postos de Observação (Figura 9) consistem de ambientes cenográficos com cenários inspirados em regiões de caatinga, mata atlântica e urbano. Para a projeção do ambiente virtual, cada um dos três Postos de Observação é dotado de três projetores de alta resolução e uma tela de anteparo em formato cilíndrico, permitindo ao instruído ter a sensação de imersão no ambiente (SAFO, 2013). Nesse subsistema, o militar observador ainda possui um computador para preenchimento de formulários, uma plataforma goniométrica, equipamentos optrônicos com visão noturna e telemetria *laser*, rádios comunicadores, bússola e *GPS*, além de um *joystick* que possibilita a movimentação no ambiente virtual.



Figura 9 – O subsistema Posto de Observação. Fonte: Autor (SIMAF/AMAN).

O subsistema de Direção e Coordenação de Tiro (Figura 10) abrange uma Central de Tiro de Grupo (C Tir Gp), três Centrais de Tiro de Bateria (C Tir Bia), três Centrais de Coordenação de Apoio de Fogo de nível Unidade (CCAF/U) e uma sala de Estado-Maior de nível Unidade ou Grande Unidade (EM GAC/Bda). Esse subsistema, dentre outras funções, é responsável pelo cálculo dos dados para ajustes dos meios de lançamento presentes na Linha de Fogo (SAFO, 2013). Essas instalações são dotadas basicamente com computadores para preenchimento de formulários e rádios que permitem a comunicação com militar observador e com os elementos da Linha de Fogo.

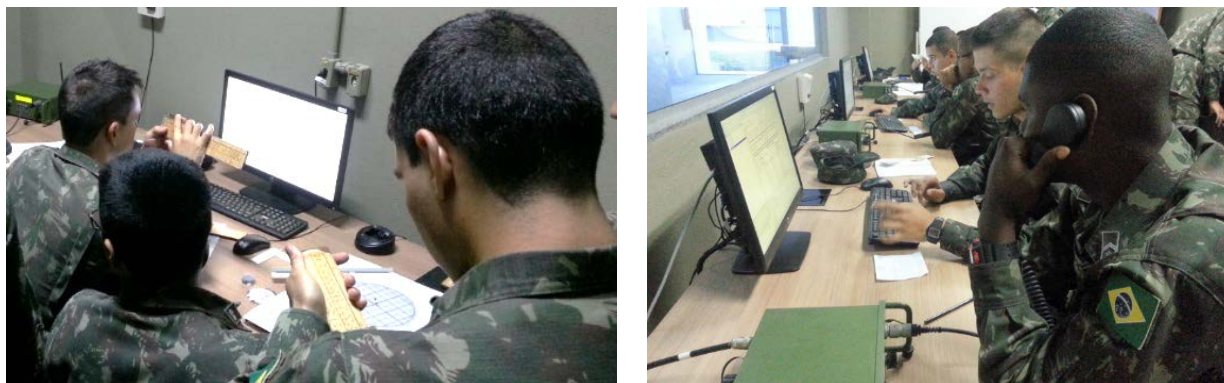


Figura 10 – O subsistema de Direção e Coordenação de Tiro. Fonte: Autor (SIMAF/AMAN).

A Linha de Fogo é o subsistema onde estão localizados os meios de lançamento para a execução do tiro (Figura 11). Os meios de lançamentos auto rebocados (AR), com os respectivos calibres e que podem ser empregados na Linha de Fogo, são: M56 Oto Melara (105mm), M101 (105mm), L118 *LightGun* (105mm) e M114 (155mm). Os meios autopropulsados (AP) são: M108 (105mm) e M109 A3 (155mm). O M109 A5+ BR (155mm), obuseiro adquirido recentemente pelo Exército Brasileiro (DEFESANET, 2017), está em processo de implantação no sistema. Além desses meios, também pode ser empregado o morteiro pesado M2 (120mm), material orgânico das armas de Infantaria e Cavalaria (SAFO, 2013). Uma vez posicionados/apontados, os meios de lançamento são sensorizados, calibrados, conectados ao sistema do simulador e associados aos meios de lançamento existentes no ambiente virtual. Ao receberem os dados de lançamento da Central de Tiro, os elementos da Linha de Fogo ajustam o armamento com as informações passadas. Instantaneamente, os sensores fazem a leitura das novas informações de pontaria e as enviam para os meios existentes no ambiente simulado. Ao ser realizado o disparo no armamento real, o sensor de disparo captura a ação, a envia para os servidores da simulação, que a executa no armamento presente no ambiente virtual.



Figura 11 – O subsistema de Linha de Fogo. Fonte: Autor (SIMAF/AMAN).

Além de permitir o uso de vários tipos de armamentos, o SIMAF é capaz de simular o disparo de todos os tipos de munições (granadas) existentes para os meios de lançamento da Artilharia, sejam elas classificadas como convencionais ou inteligentes. Variando de acordo com o calibre do armamento, os três principais tipos de munições empregadas em exercícios no simulador são: Alto Explosiva (AE), Iluminativa (Ilm) e Fumígena (Fum). A munição do tipo Auto Explosiva é caracterizada pela liberação de energia, sob a forma de explosão, provocando ondas de pressão ao redor do local onde ocorre o impacto com o terreno. A munição Iluminativa é usada para iluminar o campo de instrução durante uma operação noturna. Já a munição do tipo Fumígena é usada para lançar uma cortina de fumaça sobre a área de operações, geralmente com a finalidade de desorientar as tropas inimigas (SAFO, 2013).

Dessa forma, o SIMAF permite o trabalho, de maneira modular ou integrada, dos oito subsistemas existentes na doutrina da Artilharia de Campanha, que são: observação, linha de fogo, topografia, direção e coordenação de tiro, busca de alvos, logística, comunicações e meteorologia (DEFESANET, 2016a). Assim, como pode ser observado acima, o simulador oferece os meios necessários para simular todas as atividades executadas no ciclo do processo de um pedido de tiro de artilharia, se tornando uma ferramenta de ensino e adestramento dos militares da arma, processo antes prejudicado por conta da necessidade da economia de recursos na compra de munição.

Desse modo, realizada a exposição dos principais conceitos envolvendo a simulação e seus ramos na vertente militar, e a apresentação do processo de implantação do sistema de simulação no âmbito do Exército e as principais características do SIMAF; no próximo tópico será especificada a metodologia a ser empregada no processo de avaliação das hipóteses de eficiência metodológica e economicidade da ferramenta SIMAF, bem como, a classificação da pesquisa quanto à natureza das fontes, o seu alcance e suas limitações.

3. METODOLOGIA

A pesquisa tem como objetivo avaliar se o Sistema de Simulação de Apoio de Fogo pode ser considerado uma alternativa eficiente e uma opção que proporcione economia ao processo de ensino e adestramento dos militares da instituição. Para a análise da economicidade, será necessário comparar o custo da realização da atividade no sistema empregando o tiro virtual, em relação ao custo caso a mesma atividade fosse executada empregando os métodos tradicionais, ou seja, através de exercícios em campanha. Para a comparação, será realizada uma análise considerando variáveis como o custo dos diversos tipos de munição de artilharia e custos de aquisição e manutenção do sistema de simulação. Ainda, com objetivo de verificar a sua efetividade para o ensino e adestramento, serão analisadas as principais características do sistema de simulação, a fim de levantar as possibilidades e deficiências da sua aplicação no processo de transmissão de conhecimento e no aprimoramento profissional.

Para o desenvolvimento da pesquisa, a metodologia empregada será a pesquisa participante, uma vez que os resultados serão obtidos a partir da coleta de dados e observações realizadas no próprio ambiente de trabalho do observador. Nesse caso, além do levantamento de dados, será realizada uma descrição das situações vivenciadas no ambiente de trabalho, baseando-se, também, em informações obtidas por meio de entrevista e artigos sobre o assunto, a fim de inferir sobre a eficiência do uso da simulação no processo de ensino e adestramento.

A metodologia empregada também pode ser considerada um estudo de caso do tipo comprobatório, já que a análise da ferramenta de simulação SIMAF pode ser considerada como sendo representativa no universo de outras ferramentas de simulação virtual empregadas no ensino e adestramento militar. Desse modo, uma vez analisadas as hipóteses de eficiência e economia para esse caso particular, espera-se ser possível induzir que outras ferramentas de simulação virtual também possam ser consideradas alternativas econômicas e eficientes de ensino e adestramento de recursos humanos, inserindo, assim, a pesquisa no paradigma do método indutivo.

Quanto a natureza das fontes, a pesquisa será do tipo documental, já que se desenvolverá a partir do levantamento de registros de dados relativos aos tiros virtuais realizados no sistema de simulação e de dados de custos da munição real, obtidos a

partir de sistema de controle de materiais do Exército. Insere-se nesse conjunto, documentos contendo informações sobre o processo de aquisição e de manutenção do sistema de simulação. Para a verificação das possibilidades e deficiências do sistema serão analisados dados obtidos por meio de artigos, informativos e entrevistas publicadas em revistas e jornais na *Internet*, e de outros documentos arquivados no centro de simulação. Para atingir esse objetivo, também será empregada a técnica de entrevista, do tipo estruturada, a ser realizada com instrutores da equipe de instrução do simulador. Logo, a pesquisa será fundamentada por meio de estudo documental que, para sua consecução, terá por método a leitura exploratória e seletiva do material contendo informações que servirão de base para análises e reflexões aprofundadas.

Ainda, a pesquisa também pode ser classificada como sendo pesquisa de campo do tipo observacional, já que o pesquisador também coletará informações, para a construção dos argumentos, provenientes do seu ambiente de trabalho.

Por se tratar de uma pesquisa de natureza documental e do tipo observacional, o delineamento da pesquisa contemplará as fases de levantamento e seleção de documentos contendo informações de aquisição e manutenção do simulador, documentos contendo os registros dos tiros realizados em exercícios usando a ferramenta, e documentos contendo dados de custos das munições em sistema de controle de materiais do Exército. Prosseguirá a essa fase, a leitura analítica das informações coletadas; a apresentação e comparação dos dados levantados; a realização de entrevistas com membros da equipe de instrução, a fim de levantar as possibilidades e deficiências do simulador na visão dos militares da arma de Artilharia; e, por fim, a argumentação, a reflexão e a conclusão quanto às hipóteses sob análise.

Para o caso do SIMAF, não serão considerados os custos com o transporte de pessoal e custos com a manutenção e transporte de materiais, pois tanto para o exercício realizado em campanha, quanto para o caso do exercício realizado no ambiente simulado, os custos logísticos para realização dessas atividades são aproximados. Por determinação do Comando de Operações Terrestres (COTer), similar ao exercício em campanha, as atividades logísticas devem ser realizadas nas imediações e instalações do simulador.

Além disso, conforme Portaria nº 055 do EME, de 27 de março de 2014, a simulação militar pode ser dividida em três modalidades, que são: viva, construtiva e virtual (BRASIL, 2014). Logo, quanto ao alcance, a pesquisa se restringirá às ferramentas de simulação da modalidade virtual, já que o estudo de caso será

realizado usando a ferramenta de simulação do Sistema de Simulação de Apoio de Fogo (SIMAF), que se enquadra nessa categoria. Entretanto, quanto às limitações, a pesquisa se restringirá ao levantamento de dados para os tipos de munições e armamentos simulados pelo sistema, orgânicos da arma de Artilharia e, quando do emprego do morteiro pesado 120mm, das armas de Infantaria e Cavalaria. Ainda, por se tratar de uma pesquisa realizada no ambiente de trabalho do pesquisador, a avaliação se limitará às atividades executadas no SIMAF/AMAN, desconsiderando do levantamento e análise de dados, informações relativas ao SIMAF/Sul.

Então, realizada a definição da metodologia a ser empregada para a verificação das hipóteses, no próximo tópico serão apresentados os dados obtidos após o levantamento e análise das documentações e, também, a transcrição das informações obtidas após a entrevista com os membros da equipe de instrução do SIMAF, que expressarão o ponto de vista de instrutor e militar da arma de Artilharia quanto às possibilidades e deficiências do emprego do simulador no processo de ensino e adestramento dos militares do Exército Brasileiro.

4. RESULTADOS OBTIDOS

O primeiro passo para o levantamento dos dados será a verificação do custo de aquisição do SIMAF/AMAN. Para isso, além de outros documentos referente às obras complementares e termos aditivos, serão analisados o contrato de construção das instalações e o contrato de desenvolvimentos do sistema de simulação.

De acordo com a Portaria Nº 187, de 28 de dezembro de 2012, que aprova a diretriz de implantação do projeto do Sistema de Simulação de Apoio de Fogo, os recursos investidos para a aquisição de dois simuladores para a Artilharia de Campanha foram de 54.315.880,00 reais, valor empregado na construção de duas instalações, uma em Resende (RJ) e outra em Santa Maria (RS); e no processo de desenvolvimento do sistema de simulação (BRASIL, 2012).

Para a construção das instalações do SIMAF/AMAN, após o processo licitatório e a determinação da empresa vencedora, foi assinado o Contrato N.º 050/2011, de 20 de abril de 2011, entre a Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN) e a empresa local Cegil Construtora Ltda. Os preços unitários dos serviços foram os constantes da Proposta de Preços apresentada pela contratada, sendo que o valor do contrato foi de 5.882.846,40 reais para a construção de edificação de um pavimento em Resende.

Ao longo do período de construção das instalações do SIMAF/AMAN, foram assinados seis termos aditivos, sendo que os Termos Aditivos N° 2 e N° 6 adicionaram outros valores ao custo da obra. Assim, considerando os custos do Contrato N° 050/2011 e os custos com os termos aditivos; e, também, os custos com obras complementares, conforme a Tabela 1, foi gasto, aproximadamente, um total de 8.480.141,61 reais. Enquadram-se como obras complementares, os serviços extras executados após a construção do prédio, para adequar as instalações às condições de funcionamento, como é o caso do fornecimento de energia elétrica, da instalação de cercas de proteção, da construção da guarita de segurança, da instalação de gerador de eletricidade, da passagem de cabo de fibra ótica até o *gateway* da AMAN, da aquisição de mobiliários, entre outros. O custo total aproximado para a construção das instalações do SIMAF/AMAN pode ser visto na tabela a seguir.

Tabela 1 – Custos para a construção das instalações do SIMAF/AMAN.

Obra	Documentos	Data	Despesa (R\$)
Construção do Prédio	Contrato N° 050/2011	20 abr 2011	5.882.846,40
Construção do Prédio	Termo Aditivo N° 2 ao Contrato N° 050	09 dez 2011	60.614,10
Construção do Prédio	Termo Aditivo N° 6 ao Contrato N° 050	31 ago 2012	322.786,50
Obras Complementares	Pregões e Tomadas de Preço	-	2.213.894,61
Total:			8.480.141,61

Fonte: Arquivos do SIMAF/AMAN.

Para o sistema de simulação, conforme a cláusula sete, Valor do Contrato, do Contrato N° 1082/2010, de 22 de outubro de 2010, o preço total pago à empresa *Tecnobit* para o desenvolvimento de dois simuladores de Artilharia de Campanha foi de 13.980.000,00 euros. O projeto foi dividido em quatro fases e pela cláusula quatorze, Pagamento, o valor seria pago em quatro parcelas, sendo cada parcela paga após o certificado de confirmação da finalização de cada fase. A tabela abaixo apresenta as porcentagens pagas por fase e a conversão do valor para reais considerando o preço do euro na data de finalização de cada fase.

Tabela 2 – Custo para a aquisição do sistema de simulação SIMAF.

Fase	%	Data de Encerramento	Taxa de Câmbio	Despesa	
				Euros	Reais
1.0	15	22 out 2010	2,3667	2,097,000.00	4.962.969,9
2.1	35	01 dez 2011	2,4162	4,893,000.00	11.822.466,60
2.2	40	01 abr 2015	3,3969	5,592,000.00	18.995.464,80
3.0	10	19 fev 2016	4,4939	1,398,000.00	6.282.472,20
Total:				13,980,000.00	42.063.373,50

Fonte: Contrato N° 1082/2010, de 22 de outubro de 2010. A cotação do Euro, nas datas acima, foi obtida por meio do *site* do Banco Central do Brasil (BCB).

Do valor total do contrato, metade, ou seja, 6.990.000,00 euros, foi gasto para desenvolver o simulador do SIMAF/AMAN que, convertido para reais, conforme data de amortização de cada parcela, corresponde a um valor de 21.031.686,75 reais. Assim, considerando as despesas para a construção das instalações do SIMAF/AMAN, incluindo a realização de obras complementares, e as despesas do desenvolvimento do sistema de simulação, pode-se concluir que a despesa total de aquisição do simulador SIMAF/AMAN foi de aproximadamente 29.511.828,36 reais.

O segundo passo no processo de levantamento de dados será verificar o custo anual para a manutenção do simulador. Para isso serão consideradas as despesas com a manutenção preventiva de equipamentos considerados essenciais ao funcionamento do simulador; as despesas referentes ao consumo de energia elétrica; e as despesas com pagamento de pessoal. Cabe observar que, para o levantamento desses e de outros dados de custos apresentados neste trabalho, em decorrência do SIMAF/AMAN ter sido inaugurado em 19 de fevereiro de 2016, serão considerados valores referentes ao período de janeiro de 2016 a junho de 2019.

Os equipamentos considerados importantes para o funcionamento do simulador e que demandam grandes recursos financeiros para submetê-los à manutenção preventiva anual, somando-se assim às despesas totais de manutenção do SIMAF/AMAN, são os aparelhos de ar-condicionado, os projetores, os *nobreaks* e o gerador. Além de atender às exigências dos fabricantes, inclusive da empresa *Tecnobit*, os aparelhos de ar-condicionado são usados para o resfriamento de ambientes que devem ser climatizados, por possuírem equipamentos de alto valor agregado, como é o caso dos servidores de simulação da Sala de Computadores, dos projetores do Auditório e dos Postos de Observação, e dos *nobreaks* da Sala de Eletricidade. Com relação aos *nobreaks*, além do custo de manutenção preventiva, soma-se o custo de substituição, a cada 4 anos, de dois bancos de baterias, cada um contendo 28 baterias de 12v-100Ah (na tabela 3, o valor está incluso no ano de 2019). A tabela abaixo apresenta as especificações e os custos de manutenção preventiva de cada um desses equipamentos, após consulta aos documentos arquivados e de acordo com pesquisa recente realizada às empresas de assistência técnica autorizadas pelos fabricantes e, para o caso dos aparelhos de ar-condicionado, a empresas locais de manutenção.

Tabela 3 – Custo para a manutenção preventiva de equipamentos importantes do simulador.

Equipamento	Especificação		QTDE	Custo da Manutenção Preventiva (por unidade)				Subtotal
	Marca	Modelo		2016	2017	2018	2019	
Ar-condicionado	Springer Carrier	42RWCA009515LS	6	113,33	134,17	155,00	300,00	4.215,00
Ar-condicionado	Springer Carrier	42RWCA012515LS	1	130,00	137,75	145,50	320,00	733,25
Ar-condicionado	Springer Carrier	42RWCA018515LS	2	146,67	159,67	172,67	360,00	1.678,02
Ar-condicionado	Springer Carrier	42RWCA022515LS	3	186,67	182,63	178,60	385,00	2.798,70
Ar-condicionado	Springer Carrier	42XQC036515LC	1	216,67	215,14	215,00	430,00	1.076,81
Ar-condicionado	Springer Carrier	42XQC048515LC	1	246,67	239,17	231,67	450,00	1.167,51
Ar-condicionado	Springer Carrier	42XQC060515LS	9	303,33	276,30	249,27	490,00	11.870,10
Ar-condicionado	Elgin	PHFI-60000-3	3	303,33	276,30	249,27	490,00	3.956,70
Gerador	Stemac	TAD1344GE	1	6.099,95	5.665,87	5.232,69	4.799,51	21.798,02
Nobreak	Schneider Electric	TOP-DSP 650	2	2.263,66	2.415,60	2.489,03	34.506,11	83.348,80
Projektor	Barco	F32/FL32	12	1.242,91	1.280,69	1.330,59	1.366,67	62.650,32
							Total:	195.293,23

Fonte: Empresas de assistência técnica autorizadas e empresas locais de manutenção.

Para o cálculo da despesa referente ao consumo anual de energia elétrica será usada uma planilha (Apêndice A) capaz de estimar o consumo em quilowatts dos equipamentos presentes em cada uma das instalações do SIMAF, já que o prédio não possui medidor dedicado para essa finalidade. A planilha considera que na estrutura do prédio existem instalações voltadas para uso administrativo e instalações voltadas para uso do simulador. Logo, em dias sem exercício no simulador, a planilha considera que as atividades no SIMAF, conseqüentemente o consumo de energia elétrica, iniciam às 9h30min e terminam às 17h. Em dias com instrução, além do consumo nas instalações de uso administrativo no período mencionado anteriormente, a planilha calcula o consumo energético dos equipamentos das instalações de uso do simulador no período compreendido entre 6h30min e 19h. Ainda, o cálculo leva em consideração um tempo médio de uso para todos os equipamentos em todas as instalações durante um intervalo de tempo definido. Fora do horário de expediente, para as instalações de uso administrativo, em que o fornecimento de energia elétrica não é interrompido por chave-geral, também é considerado o consumo dos equipamentos em modo *stand by*. Além disso, para a estimativa final foi considerada a quantidade de dias úteis em um ano, que correspondem aos dias com expediente no Exército Brasileiro, e a quantidade de dias com instrução, segundo o calendário de atividades do simulador (Plano de Instrução do Simulador). A tabela, a seguir, apresenta o resultado estimativo do consumo de energia elétrica do SIMAF/AMAN, considerando uma situação intermediária de vigência da bandeira amarela.

Tabela 4 – Custo estimativo do consumo de energia elétrica do SIMAF/AMAN.

Ano:		2016	2017	2018	2019*
Dias	Úteis:	253	251	252	125
	Com Instrução:	84	80,5	77	38,5
Preço do kWh (R\$/kWh)	Fora do Horário de Pico:	0,50082	0,54562	0,70402	0,77432
	No Horário de Pico:	0,91533	0,96013	1,11853	1,18883
Consumo Diário (KWh)	Fora do Horário de Pico:	1.708,194	1.708,194	1.708,194	1.708,194
	No Horário de Pico:	126,891	126,891	126,891	126,891
Custo Diário (R\$)	Uso Administrativo:	235,74	256,20	328,54	360,65
	Uso em Instrução:	735,95	797,71	1016,06	1.112,97
Custo Anual (R\$)	Uso Administrativo:	59.642,62	64.306,60	82.792,71	45.081,04
	Uso em Instrução:	61.820,04	64.215,58	78.236,72	42.849,30
Total Anual (R\$):		121.462,65	128.522,18	161.029,43	87.930,34

Fonte: ENEL (2019). Preço do kWh obtido com base da Resolução Homologatória Nº 2.568 da ANEEL e nos percentuais de reajustes realizados pela empresa nos últimos 5 anos.

Outra despesa relacionada ao custo de manutenção do SIMAF/AMAN é a despesa com pagamento de pessoal. O valor estimativo dessa despesa será calculada com base no Quadro de Cargos Previstos (QCP) do SIMAF/AMAN e no salário bruto médio pago, do período de janeiro de 2016 a junho de 2019, conforme o posto/graduação e habilitações, para cada militar previsto no QCP. Para o cálculo do salário bruto médio mensal foram considerados o soldo, obtido de acordo com a Lei Nº 13.321, de 27 de julho de 2016; mais os percentuais relativos aos adicionais militar e habilitação, obtidos de acordo com a Lei Nº 2.188-7, de 28 de junho de 2001. Ainda, não foram considerados no cálculo os descontos referentes ao Fusex, Pensão Militar e Imposto de Renda. A tabela abaixo apresenta essas informações.

Tabela 5 – Salário bruto médio mensal, entre o ano de 2016 e 2019, para cada um dos postos/graduações previsto com no QCP do SIMAF/AMAN.

P/G	Habilitação	Salário Bruto Médio Mensal				
		2016 (até 31 jul)	2016 (após 1 ago)	2017	2018	2019
Maj	ECEME	13.216,50	13.944,00	14.790,00	15.708,00	17.186,40
Cap	EsAO	9.861,90	10.404,34	11.162,62	12.094,14	12.971,70
1º Ten	-	8.614,56	9.088,78	9.628,50	10.212,76	10.800,95
2º Sgt	-	4.573,44	4.825,60	5.196,80	5.689,60	6.105,60
3º Sgt	-	3.774,72	3.982,08	4.256,00	4.587,52	4.896,00
Cb	-	2.467,50	2.603,75	2.803,75	3.061,25	3.283,75
Sd	-	1.567,50	1.653,75	1.747,50	1.847,50	1.950,00

Fonte: Lei Nº 13.321, de 27 de julho de 2016, e Lei Nº 2.188-7, de 28 de junho de 2001.

Para o cálculo do salário bruto médio anual recebido por um militar em cada um dos postos/graduações, foi considerada a soma dos salários brutos médios mensais (Tabela 5) em 12 meses, mais os valores referentes aos adicionais natalino e férias, calculados de acordo com a Lei Nº 8.237, de 30 de setembro de 1991. Para o ano de 2019, foram calculados, somente, os valores pagos até o primeiro semestre,

ou seja, até 30 de junho. A tabela abaixo apresenta o salário bruto médio anual pago a cada militar conforme o posto/graduação.

Tabela 6 – Salário médio bruto anual, entre o ano de 2016 e 2019, para cada um dos postos/graduações previsto com no QCP do SIMAF/AMAN

P/G	Hab.	Salário Bruto Médio Anual e Adicionais (Natalino e Férias)				Total
		2016	2017	2018	2019 (1º Semestre)	
Maj	ECEME	179.276,49	195.967,50	208.131,00	124.887,84	708.262,83
Cap	EsAO	133.770,37	147.904,72	160.247,36	94.261,02	536.183,46
1º Ten	-	116.853,22	127.577,63	135.319,07	78.486,90	458.236,82
2º Sgt	-	62.039,24	68.857,60	75.387,20	44.367,36	250.651,40
3º Sgt	-	51.200,16	56.392,00	60.784,64	35.577,60	203.954,40
Cb	-	33.473,08	37.149,69	40.561,56	23.861,92	135.046,25
Sd	-	21.262,32	23.154,38	24.479,38	14.170,00	83.066,07

Fonte: Tabela 5 e Lei Nº 8.237 de 30 de setembro de 1991.

Assim, com base na quantidade de militares previstos para cada posto/graduação no QCP do SIMAF/AMAN e nos valores obtidos na tabela anterior, considerando a situação de ocupação de todos dos cargos no período compreendido entre janeiro de 2016 e junho de 2019, pode-se concluir que a despesa com pagamento de pessoal possui um custo estimativo total de 11.163.566,87 reais. Os valores calculados são apresentados na tabela seguinte.

Tabela 7 – Despesa com pagamento de pessoal entre janeiro de 2016 e junho de 2019.

Posto/Graduação	Habilitação	Quantidade	Salário Bruto Médio (JAN. 16 a JUN. 19)	Subtotal (Reais)
Major	ECEME	1	708.262,83	708.262,83
Capitão	EsAO	8	536.183,46	4.289.467,68
1º Tenente	-	4	458.236,82	1.832.947,27
2º Sargento	-	7	250.651,40	1.754.559,83
3º Sargento	-	2	203.954,40	407.908,80
Cabo	-	5	135.046,25	675.231,24
Soldado	-	18	83.066,07	1.495.189,22
Total:				11.163.566,87

Fonte: Quadro de Cargos Previstos (QCP) do SIMAF/AMAN e Tabela 6.

Após o levantamento dos dados referentes ao custo anual de manutenção do SIMAF/AMAN, o próximo passo no processo de levantamento dos dados será verificar o custo para cada tipo de munição empregada pela Artilharia de Campanha e as quantidades de tiros, para cada tipo de munição, executadas nos exercícios realizados no simulador, a partir de 2016, durante cada ano de instrução. Para obter os dados relativos ao custo da munição, foi acessado o Sistema de Controle Físico (SISCOFIS) do Exército Brasileiro. De acordo com o sistema, o custo para a aquisição de cada tipo de munição corresponde aos valores apresentados na tabela abaixo.

Tabela 8 – Preço unitário para cada tipo de munição empregada pela Artilharia de Campanha.

Ano	Munição						
	105mm			120mm	155mm		
	AE	Ilm	Fum	AE	AE	Ilm	Fum
2016	3.600,73	1.001,45	1.001,44	3.799,00	4.125,93	1.001,45	1.001,44
2017	4.011,54	1.001,45	1.001,44	4.707,18	4.125,93	1.001,45	1.001,44
2018	4.680,00	1.001,44	1.001,45	4.707,18	4.125,93	1.001,44	1.001,45
2019	4.680,00	1.001,44	1.001,45	4.707,18	4.125,93	1.001,44	1.001,45

Fonte: Sistema de Controle Físico (SISCOFIS).

Já os dados para a contabilização dos tiros simulados realizados em exercícios no simulador foram obtidos a partir de documentos, com registros dos tiros, mantidos pela Seção de Instrução do SIMAF/AMAN. Os dados se referem aos exercícios realizados durante os anos de instrução de 2016, 2017, 2018 e 2019 (1º semestre); e são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 9 – Quantidade de tiros simulados realizados entre janeiro de 2016 e junho de 2019.

Ano	Quantidade de Exercícios	Munição						
		105mm			120mm	155mm		
		AE	Ilm	Fum	AE	AE	Ilm	Fum
2016	24	7.293	343	57	262	503	65	66
2017	23	7.418	242	38	372	1.132	50	49
2018	22	5.841	230	26	1.171	2.083	309	212
2019	11	3.560	242	186	489	0	175	0
Total:		24.112	1.057	307	2.294	3.718	599	327

Fonte: Arquivos do SIMAF/AMAN.

Por fim, o último passo no processo de levantamento de dados será apresentar as informações obtidas após a entrevista com instrutores do SIMAF e antigos instrutores do Curso de Artilharia da AMAN. Na entrevista, foram solicitadas algumas informações pessoais e funcionais, e realizada uma contextualização, de forma a apresentar as premissas que desencadearam a pesquisa desenvolvida neste trabalho. Depois, questionados, os instrutores expressaram a sua avaliação, como militar da arma de Artilharia, quanto ao emprego do simulador no processo de ensino e adestramento de militares; e expuseram os aspectos positivos e negativos do uso da ferramenta, bem como da simulação virtual de maneira geral, quando comparada com métodos tradicionais de transmissão de conhecimento e de aprimoramento profissional. As perguntas e respostas das entrevistas, realizadas de forma estruturada, podem ser lidas no Apêndice B deste trabalho.

Ante o exposto, realizado o levantamento dos dados, a seguir será avaliado, tanto em termo de custo, como em termo de metodologia de transmissão de conhecimento e aprimoramento, se o simulador SIMAF é uma alternativa econômica e eficaz para o processo de ensino e adestramento dos militares da Artilharia de Campanha e, conseqüentemente, para o preparo dos recursos humanos da Força Terrestre. Além disso, serão analisadas as vantagens e desvantagens no uso do SIMAF no processo de ensino e adestramento, quando comparado aos métodos tradicionais.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A pesquisa tem como objetivo avaliar se o Sistema de Simulação de Apoio de Fogo pode ser considerado uma alternativa eficiente e, ao mesmo tempo, uma opção que proporcione economia de recursos ao processo de ensino e adestramento dos militares da instituição. Para avaliar o aspecto da economicidade proporcionada pela ferramenta será necessário comparar as despesas de aquisição e manutenção do sistema de simulação, em relação à economia gerada com a realização de exercícios empregando o tiro virtual. Para verificar a sua efetividade para o ensino e o adestramento, conseqüentemente para a manutenção dos padrões e emprego efetivo da Força Terrestre, com base em observações do pesquisador e nas entrevistas realizadas, será necessário analisar as principais características do sistema de simulação e levantar as possibilidades e deficiências da sua aplicação no processo de transmissão de conhecimento e no aprimoramento profissional. Também será analisada uma pesquisa realizada por um ex-integrante do SIMAF/AMAN, em 2018, que compara o rendimento escolar de turmas de cadetes antes e após o emprego do simulador no processo de ensino.

Como definido na metodologia deste trabalho, cabe salientar que, as atividades de ensino e adestramento realizadas no exercício simulado, para se atingir os padrões exigidos nos Programas-Padrão de Adestramento de Artilharia (PPA-ART), são as mesmas atividades realizadas em exercícios convencionais, ou seja, no ambiente de campanha. A principal diferença entre os dois modos de exercícios está no uso da munição virtual em substituição ao uso da munição real. Dessa forma, com a exceção do custo para aquisição da munição real e dos custos de aquisição e manutenção da ferramenta de simulação, pode-se inferir que o custo das demais necessidades

logísticas para a realização de um exercício, seja no modo convencional, seja no modo simulado, são aproximados.

Assim, com base nos dados informados no tópico anterior, para obter as despesas de aquisição e manutenção do sistema de simulação deve-se considerar os custos de construção e adequação das instalações, os custos para o desenvolvimento do sistema de simulação e, por fim, os custos de manutenção do simulador, neste caso, abrangendo os custos de manutenção preventiva de equipamentos, os custos relativos ao consumo de energia elétrica e os custos com o pagamento de pessoal; esses gerados após a inauguração e início de operação do simulador. Sintetizando, a tabela abaixo apresenta o valor aproximado das principais despesas geradas pelo simulador, desde a aquisição até o primeiro semestre do corrente ano.

Tabela 10 – Principais despesas do simulador entre outubro de 2010 e junho de 2019.

Despesa	Subtotal (Reais)
Construção do Prédio e Obras Complementares	8.480.141,61
Aquisição do Sistema de Simulação	21.031.686,75
Manutenção Preventiva de Equipamentos Fundamentais	195.293,23
Consumo de Energia Elétrica	498.944,60
Pagamento de Pessoal	11.163.566,87
Total:	41.369.633,06

Fonte: Tabelas 1, 2, 3, 4 e 7 do tópico anterior.

Para obter a economia adquirida com o uso do simulador para realização de exercícios por meio do emprego do tiro virtual, será necessário analisar a quantidade de tiros virtuais executados em cada ano de instrução, para cada tipo de munição; e o custo de cada tipo de munição real, no respectivo ano. Com base nos dados constantes nas tabelas 8 e 9 do tópico anterior, a tabela a seguir mostra a economia proporcionada pelo simulador, desde o início da sua operação em fevereiro de 2016.

Tabela 11 – Economia proporcionada pelo simulador com a realização de exercícios empregando o tiro virtual, entre janeiro de 2016 e junho de 2019.

Ano	Munição							Total
	105mm			120mm	155mm			
	AE	Ilm	Fum	AE	AE	Ilm	Fum	
2016	26.260.123,89	343.497,35	57.082,08	995.338	2.075.342,79	65.094,25	66.095,04	29.862.573,40
2017	29.757.603,72	242.350,90	38.054,72	1.751.070,96	4.670.552,76	50.072,50	49.070,56	36.558.776,12
2018	27.335.880,00	230.331,20	26.037,70	5.512.107,78	8.594.312,19	309.444,96	212.307,40	42.220.421,23
2019	16.660.800,00	242.348,48	186.269,70	2.301.811,02	0	175.252,00	0	19.566.481,20
Total:	100.014.407,61	1.058.527,93	307.444,20	10.560.327,76	15.340.207,74	599.863,71	327.473,00	128.208.251,95

Fonte: Tabelas 8 e 9 do tópico anterior.

Logo, como pode ser verificado na tabela acima, em três anos e meio de operação, o SIMAF gerou uma economia de aproximadamente 128 milhões de reais, ou, em média, cerca de 36,5 milhões anuais com a execução do tiro virtual em substituição à munição real. Como consequência, já no segundo ano de operação do simulador, a economia com a realização do tiro virtual no processo de ensino e adestramento dos recursos humanos da instituição, sobretudo dos militares da arma de Artilharia, superou as despesas decorrentes do processo de aquisição e dos custos de manutenção operacional demandadas pelo simulador. Dessa forma, pode-se concluir que a hipótese de economicidade do emprego da simulação virtual, para esse caso em particular e outros similares, principalmente nos casos em que os custos com munição ou outro recurso logístico, como combustíveis, são elevados, é válida. Como exemplo, enquadram-se nessa categoria, além dos meios de lançamento da Artilharia, os veículos blindados da Infantaria e Cavalaria e os meios aeromóveis e aeroterrestres da Aviação do Exército. Assim, é possível concluir que o emprego da simulação virtual no processo de ensino e adestramento das atividades que fazem uso de recursos logísticos de alto custo, como é caso desses meios, poderá gerar uma economia de recursos financeiros similar à economia proporcionada pelo SIMAF.

Isto posto, comprovada a hipótese da economicidade, o próximo passo será analisar a efetividade do sistema de simulação para o processo de ensino e adestramento. Com base em observações do pesquisador e nas entrevistas com os membros da equipe de instrução do SIMAF/AMAN, é necessário verificar as características do sistema de simulação e compará-las com as características dos métodos tradicionais de ensino e adestramento, de forma a levantar as possibilidades e deficiências da sua aplicação no processo de transmissão de conhecimento e no aprimoramento profissional.

Assim, de acordo com as observações realizadas no ambiente de trabalho do pesquisador e com as informações obtidas por meio das entrevistas, que expuseram a experiência de instrutores que atualmente aplicam a metodologia da simulação na instrução; e, também, a experiência de antigos instrutores do Curso de Artilharia, ou seja, que aplicaram os métodos tradicionais na instrução; é possível inferir que o uso do SIMAF e, em alguns aspectos, da simulação virtual de forma geral, no processo de ensino e adestramentos dos militares da instituição, apresenta os seguintes pontos positivos:

- a) Possibilidade de reproduzir cenários virtuais de qualquer ambiente operacional;
- b) Possibilidade de condução de exercícios militares em ambientes humanizados sem se preocupar com danos colaterais (exceto para o SIMAF, como será visto mais adiante);
- c) Dependendo do meios tecnológicos usados, permite um nível de imersão do usuário no ambiente operacional;
- d) Possibilidade de se reproduzir uma ampla variedade de alvos, com diferentes características e comportamentos;
- e) Possibilidade de colocar o instruendo em situação tática, permitindo simular a atuação do inimigo de forma próxima à realidade. No método tradicional, em alguns casos, o inimigo ou é imaginário (não existe), ou fictício, ou não pode ser atingido; e não reage a uma determinada ação;
- f) Permite aumentar ou atenuar o grau de dificuldade da instrução por meio do controle de variáveis como a meteorologia, o terreno e o inimigo;
- g) Otimização do uso da munição real, uma vez que a simulação permite o ensino e assimilação das técnicas em ambiente simulado, antes da realização do tiro real, complementando a instrução teórica e precedendo a prática no terreno;
- h) Possibilidade da “Pedagogia do Erro”, permitindo não ter que interferir na instrução para que não se atente contra a segurança e, ainda, abrindo espaço para uma retificação da aprendizagem mais realista;
- i) Economia de gastos com suprimentos das classes III e V (armamentos, munições e combustíveis). Para o caso do SIMAF, somente economia de munições;
- j) Redução de efeitos danosos ao meio ambiente;
- k) Revisão de aspectos doutrinários que dificilmente são visualizados sem a realização de tiro real, atividade prejudicada pela redução de recursos, e;
- l) Permite a realização de Análises Pós Ação (APA) parciais e gerais.

Além dos pontos positivos mencionados acima, o SIMAF permite instruir e adestrar as atividades da função de combate Fogos aos militares das armas de Artilharia, Infantaria e Cavalaria; inclusive a condução do tiro de artilharia por observador de qualquer arma; e, também, o ensino e o adestramento das comunicações. Com relação a possibilidade de condução do tiro em ambientes

humanizados, o SIMAF contempla essa característica de forma limitada, uma vez que os cenários desenvolvidos para o simulador retratam somente os campos de instrução usados pela Artilharia de Campanha, apesar da possibilidade de se criar pequenos vilarejos. Entretanto, o simulador admite a inclusão de novos cenários, que reproduziriam, também de forma limitada, os ambientes humanizados. A limitação deve-se às características do motor gráfico usado pela ferramenta.

Ainda, de acordo com as observações do pesquisador e com as informações obtidas por meio das entrevistas, o uso do SIMAF e, em alguns aspectos, da simulação virtual de forma geral, no processo de ensino e adestramentos dos militares da instituição, possui os seguintes pontos negativos:

- a) O instruendo, fisicamente, não é submetido a determinadas dificuldades existentes nos exercícios reais, como por exemplo, condições climáticas adversas, obstáculos no terreno, ações do inimigo; que poderiam influenciar diretamente na sua capacidade de tomada de decisão;
- b) Existem atributos que são trabalhados somente com o exercício real, sobretudo na área atitudinal, como é o caso da rusticidade e da coragem;
- c) Dependendo da forma de condução da instrução, a simulação pode gerar acomodações do instruendo, por não “vivenciar a situação do exercício”;
- d) Possibilidade de uso de “atalhos”, ou seja, o instruendo faz o que ele não faria em uma situação real, o que acarreta em treinamentos negativos;
- e) Para se conseguir uma maior capacidade de imersão no ambiente virtual é necessário um investimento alto em tecnologias, tanto em sistemas, como em dispositivos, e;
- f) Consumo elevado de energia elétrica.

Cabe mencionar que a efetividade do sistema de simulação no processo de ensino do Curso de Artilharia foi analisada, em 2018, por um dos instrutores do SIMAF/AMAN e também antigo instrutor do Curso. Em seu artigo, o instrutor realizou uma pesquisa comparando o rendimento escolar de turmas de cadetes antes e após o emprego do simulador no processo de ensino. De acordo ele, durante o ano letivo, os cadetes são submetidos a dois tipos de exercícios em campanha, sendo o primeiro, denominado de Escola de Fogo de Instrução (EsFI), com um enfoque técnico, no qual são ensinadas as técnicas de tiro de artilharia; e o segundo, denominado de Serviço em Campanha (SC), com um enfoque tático, no qual são ministradas instruções de

manobras ofensivas e defensivas (BRIDI, 2018). O SIMAF é usado pelo Curso de Artilharia, predominantemente, para o ensino das técnicas de tiro.

O instrutor avaliou o rendimento escolar dos cadetes de duas formas, sendo uma sob aspecto qualitativo e outra sob aspecto quantitativo. De forma qualitativa, baseando-se em relatos dos instrutores do Curso de Artilharia, o instrutor verificou que o uso do simulador possibilitou uma assimilação maior do conteúdo das instruções pelos cadetes, inclusive nos exercícios do tipo Serviço em Campanha, cujo enfoque foge do caráter técnico do simulador (BRIDI, 2018).

Para análise quantitativa, foram verificadas as notas obtidas pelos cadetes nos anos anteriores e posteriores ao emprego do simulador. O instrutor ressaltou que essa forma de avaliação sofre influência dos fatores humano e metodológico, cuja interferência pode gerar notas variadas, por motivos diversos, de uma turma para outra. Um dos motivos seria, por exemplo, uma turma de cadetes apresentar maior dificuldade de aprendizagem das técnicas tiro de artilharia quando comparada com outras turmas. Outros motivos seriam a qualidade da instrução ministrada pelo instrutor que, por conta da alta rotatividade funcional da instituição, pode variar de um ano para o outro; assim como a metodologia de ensino e o nível de dificuldade das avaliações de verificação da aprendizagem, que também variam um ano para outro. Apesar desses fatores, foi verificado pelo instrutor que, para a disciplina de técnica de tiro, com a introdução da simulação, houve quedas expressivas do número de recuperações, um aumento substancial da média das notas e um aumento da concentração de cadetes com notas elevadas. Logo, apesar da existência de variáveis entre as turmas, os resultados mostraram que o emprego do SIMAF na instrução dos cadetes trouxe reflexos positivos no rendimento escolar, o que demonstra a eficiência do emprego da simulação no processo ensino e aprendizagem (BRIDI, 2018).

Assim, da análise da efetividade do sistema de simulação, pode-se concluir que o SIMAF permite realizar o ensino e o adestramento dos recursos humanos de forma satisfatória, pois oferece os meios necessários para simular todas as atividades executadas no ciclo do processo de um pedido de tiro de artilharia. Contudo, analisando os pontos negativos, tanto para o processo de ensino, como para o processo de adestramento, a ferramenta ou a simulação virtual de forma geral, não deve ser considerada uma alternativa ao exercício real, mas sim como um meio auxiliar ou complementar. A simulação virtual não submete o instruendo a determinadas dificuldades existentes em situações reais e que influenciariam

diretamente no desenvolvimento psicomotor, no comportamento e na capacidade de tomada de decisão; como é o caso das condições climáticas adversas, dos obstáculos no terreno e das ações e reações do inimigo. Além disso, existem outros aspectos que são trabalhados somente com a realização do exercício real, sobretudo na área atitudinal, como é o caso da liderança e de alguns atributos da área afetiva, entre eles a coragem e a rusticidade.

Logo, no processo ensino, a simulação virtual deve ser tratada como meio auxiliar, intermediário ou complementar às instruções teóricas ministradas em sala, permitindo que o instruendo tenha o primeiro contato com um equipamento ou um ambiente ainda desconhecido, assimilando técnicas e características, antes de realizar a prática em campanha. Dessa forma, a simulação se torna uma ferramenta de multiplicação da capacidade de aquisição e fixação das competências previstas nos planos de ensino. No adestramento, a simulação virtual também deve ser vista como meio auxiliar ou complementar ao exercício real, permitindo o planejamento, a repetição de procedimentos e a manutenção ou revisão das técnicas. Em substituição ao exercício real, o adestramento se traduziria em treinamento negativo; e recursos humanos adestrados virtualmente, não submetidos, o mais próximo possível, às dificuldades reais vivenciadas no ambiente operacional, não podem ser considerados capacitados e prontos para uma atuação real.

Sintetizando, quanto a economicidade, o SIMAF ou a simulação virtual de forma geral, pode ser considerada uma opção que proporciona economia de recursos financeiros, principalmente para o ensino e adestramento de atividades que demandam recursos logísticos de custo elevado, como é o caso de munições de alto calibre e de combustíveis. Quanto à efetividade, como metodologia de transmissão de conhecimento e aprimoramento profissional, como mencionado acima, o SIMAF ou simulação virtual de forma geral, deve ser avaliado como um método parcialmente efetivo, pois não pode ser considerado substituto dos métodos tradicionais, mas sim um meio auxiliar, intermediário ou complementar. No processo ensino, a simulação deve intermediar a instrução teórica, ministrada em sala, com o exercício realizado no terreno. No adestramento, o exercício simulado deve ser intercalado com os exercícios convencionais, permitindo a repetição de procedimentos e a manutenção ou revisão das técnicas. Pensada dessa forma, o emprego da simulação se torna efetivo no processo de ensino e adestramento; e, ao mesmo tempo, propicia economia de recursos financeiros à instituição, uma vez que otimiza o uso de recursos logísticos.

6. CONCLUSÃO

Como apresentado na parte introdutória, o ambiente operacional contemporâneo tem sido marcado por operações militares realizadas em áreas povoadas, característica que exige um exército seletivo e efetivo em suas ações, de forma a diminuir as possibilidades de danos colaterais, e que reflete diretamente no seu adestramento. Mas, nos últimos anos, a restrição orçamentária imposta pelo governo brasileiro à área da defesa, vem impossibilitando a manutenção de um adestramento dentro dos padrões necessários para um emprego efetivo da Força Terrestre, pois o treinamento militar requer uma grande demanda de recursos logísticos, como é caso de munições e combustíveis. Como alternativa, o Departamento de Educação e Cultura e o Estado-Maior do Exército, respectivamente, implantaram o Sistema de Simulação para o Ensino (SIMENS), do qual derivou o Sistema de Simulação de Apoio de Fogo (SIMAF), e o Sistema de Simulação do Exército Brasileiro (SSEB). O SIMAF surgiu para tentar contornar as dificuldades impostas, ao processo de ensino e adestramento, pela falta de recursos para aquisição de munições de custo elevado, pelas limitações do espaço destinado à instrução e pelas restrições relacionadas à preservação ambiental.

Assim, este trabalho buscou avaliar se o SIMAF pode ser considerado uma opção adequada ao processo de ensino e adestramento dos recursos humanos e, ao mesmo tempo, uma alternativa capaz de proporcionar economia de recursos financeiros à instituição. Como verificado no tópico anterior, por meio da análise das despesas de aquisição e manutenção do simulador, em relação à economia proporcionada pela execução do tiro de artilharia no ambiente simulado; a hipótese de economicidade do emprego da simulação virtual no processo de ensino e adestramento dos recursos humanos, para esse em particular, foi considerada válida. Com isso, é possível induzir que o emprego da simulação virtual no processo de ensino e adestramento, principalmente para atividades que demandam recursos logísticos de custo elevado, como é caso de munições de alto calibre e combustíveis, situação em que se enquadram os meios de lançamento da Artilharia de Campanha, pode gerar economia de recursos financeiros similar à economia proporcionada pelo SIMAF. Como exemplo de meios que se enquadram nessa categoria, pode-se citar os veículos blindados das armas de Infantaria e Cavalaria, e os meios aeromóveis e aeroterrestres da Aviação do Exército.

Entretanto, com relação a hipótese de efetividade, foi possível verificar que a simulação virtual não pode ser considerada uma metodologia alternativa ao processo de ensino e adestramento, mas sim um meio auxiliar, intermediário e complementar de transmissão de conhecimento e aprimoramento profissional, já que a simulação virtual não submete o instruído a certas dificuldades que somente seriam vivenciadas em situações reais e que influenciariam diretamente no seu desenvolvimento psicomotor, no seu comportamento e na sua capacidade de tomada de decisão. Além das dificuldades derivadas de uma situação real, outros aspectos, sobretudo na área atitudinal, como é o caso da liderança e de alguns atributos da área afetiva, também só podem ser trabalhados por meio dos métodos tradicionais. No ensino, o uso da simulação virtual sob esse enfoque, permite ao instruído o contato inicial com um equipamento ou ambiente ainda desconhecido, assimilando as técnicas ou características, antes da passagem para a etapa de realização do exercício convencional. No adestramento, intercalada com os métodos tradicionais, a simulação virtual permite a repetição de procedimentos e manutenção ou revisão de técnicas, tornando-a um método complementar à manutenção dos padrões dos recursos humanos da instituição.

Como consequência do seu emprego no processo de ensino e adestramento, pode-se concluir que a simulação virtual permite otimizar o uso de recursos logísticos, o que proporciona economia de recursos financeiros. Logo, para o caso do SIMAF, a adoção da simulação virtual, como forma de superar o cenário de restrições orçamentárias e como metodologia auxiliar, intermediária e complementar de transmissão de conhecimento e aprimoramento profissional; e, também, como forma de manter o adestramento dos combatentes de artilharia dentro dos padrões necessários; justifica a sua aquisição e os custos de investimento na ferramenta e, ao mesmo tempo, resolve os déficits da adoção de uma dotação reduzida de munições para a execução do tiro real, das limitações do espaço destinado ao tiro de artilharia e das restrições impostas pela legislação ambiental.

Como exposto no tópico anterior, o SIMAF contempla, de forma limitada, a condução do tiro de artilharia em ambientes humanizados, pois os cenários desenvolvidos para o simulador reproduzem somente os campos de instrução usados pela Artilharia de Campanha. Essa característica deve-se, também, às limitações do motor gráfico *Delta 3D*. Contudo, o Comando de Operações Terrestre (COTer) está planejando a mudança do motor gráfico *Delta 3D* para o motor gráfico *VBS3 (Virtual*

BattleSpace 3), desenvolvido pela empresa *Bohemia Interactive*. Adotado pelo Exército Americano como sistema de treinamento, o *VBS3* é um sistema de simulação militar que permite treinamentos imersivos de alta fidelidade e a interoperabilidade entre simuladores, característica obtida através do uso dos protocolos para simulação distribuída *HLA/DIS*. Ainda, o sistema possui vários modelos prontos de personagens e veículos civis e militares, e de armamentos; além de possuir ferramentas para a criação e edição de cenários, para planejamento de missões e para análise pós-ação (BOHEMIA, 2017). Dessa forma, a substituição do motor gráfico possibilitaria a realização de exercícios de condução do tiro de artilharia em ambientes humanizados com maior nível de realismo, aperfeiçoando essa característica no SIMAF e, conseqüentemente, viabilizando, para esse tipo de ambiente, um ensino e adestramento mais efetivo dos recursos humanos. Além disso, a mudança aumentaria a qualidade gráfica da simulação e permitiria a conectividade e a integração com outros simuladores da instituição.

Portanto, o emprego da simulação virtual na área militar é promissora. A cada ano, os avanços tecnológicos em diversas áreas vêm propiciando o desenvolvimento de computadores e sistemas capazes de reproduzirem ambientes virtuais com níveis de detalhes cada vez mais realistas; o que contribui significativamente para aumentar a sensação de imersão no ambiente simulado. Quanto maior a sensação de realidade, maior será a eficiência da simulação como metodologia complementar ao processo de ensino e adestramento. Soma-se a isso, os avanços no desenvolvimento de sensores e dispositivos que permitem a interface do usuário com o ambiente virtual, como é caso de dispositivos sonoros de ondas tridimensionais e dos óculos de realidade virtual e aumentada, que poderiam tornar a realização do combate virtual ainda mais imersiva. Associada com os métodos tradicionais, a facilidade de acesso às novas tecnologias faz da simulação virtual um caminho sem volta para emprego militar, uma vez que possibilita a otimização do uso de recursos logísticos no processo de ensino e de adestramento e, como consequência, a economia de recursos financeiros.

REFERÊNCIAS

AIKEN, Howard H. **A Manual of Operation for the Automatic Sequence Controlled Calculator**. Massachusetts: The Annals of the Computation Laboratory of Harvard University, 1946.

ANDREW, Stuart; Ministry of Defence. **British Army tests innovative virtual reality training**. 2019. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/news/british-army-tests-innovative-virtual-reality-training>. Acesso em: 07 jul. 2019.

BAKER, Neal. **US Soldiers are Training for War Using Video Game-Style Virtual Reality Headsets. 'Tactical Augmented Reality' Tech Spells Dawn of New Era of Cyber-Soldier**. The Sun, 02 jun. 2017. Disponível em: <https://www.thesun.co.uk/news/3711046/virtual-reality-call-of-duty-us-army-headset-tactical-augmented-reality/>. Acesso em: 17 ago. 2019.

BANKS, Jerry; CARSON II, John S; NELSON, Barry L; NICOL, David M. **Discrete-Event System Simulation**. 5. ed. São Paulo: Pearson Education, 2010.

BARDEEN, Lorraine. **Mixed Reality: A New Dimension of Work**. Harvard Business Review, Boston, jul. 2018. Disponível em: <https://arinsider.co/wp-content/uploads/2018/07/MixedRealityNewDimensionOfWork.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2019.

BRIDI, André L. S. **O Rendimento Escolar dos Cadetes do Curso de Artilharia da AMAN e o Emprego do Simulador de Apoio de Fogo na Instrução**. Resende: Projeto Mário Travassos da Academia Militar das Agulhas Negras, 2018.

BOHEMIA Interactive. **VIRTUAL BATTLESPACE: Versatile Desktop Training & Simulation**. Bohemia Interactive Simulations, Florida (EUA), 2019. Disponível em: <https://bisimulations.com/products/virtual-battlespace>. Acesso em: 27 ago. 2019.

BRASIL. Exército. Estado-Maior do Exército. **C 6-121. Manual de Campanha – Busca de Alvos na Artilharia de Campanha**. 1ª Edição. Brasília, DF, 1978.

BRASIL. Exército. Estado-Maior do Exército. **C 6-1. Manual de Campanha – Emprego da Artilharia de Campanha**. 3ª Edição. Brasília, DF, 1997.

BRASIL. Exército. Estado-Maior do Exército. **C 6-20. Manual de Campanha – Grupo de Artilharia de Campanha**. 4ª Edição. Brasília, DF, 1998.

BRASIL. Exército. Departamento de Educação e Cultura do Exército. **As Razões do Projeto SAFO**. Informativo Nº 02, Resende, RJ, abr. 2011.

BRASIL. Exército. Portaria nº 040, de 08 de junho de 2010. **Aprova a Diretriz de Planejamento para Aquisição de Simulador de Tiro Real para Artilharia de Campanha**.

BRASIL. Exército. Portaria nº 075, de 10 de junho de 2010. **Aprova a Diretriz para a Implantação do Processo de Transformação do Exército Brasileiro**. Boletim do

Exército, Brasília, DF, n. 24, p. 50, 18 jun. 2010.

BRASIL. Exército. Departamento de Educação e Cultura do Exército. Portaria nº 008, de 10 de fevereiro de 2011. **Aprova a Diretriz para a Implantação do Sistema de Simulação do DECEX – (SIMENS)**. Boletim do Exército, Brasília, DF, n. 11, p. 44, 18 mar. 2011.

BRASIL. Exército. Portaria nº 187, de 28 de dezembro de 2012. **Aprova a Diretriz de Implantação do Projeto do Sistema de Simulação de Apoio de Fogo**. Boletim do Exército, Brasília, DF, n. 01, p. 30, 04 jan. 2013.

BRASIL. Exército. Portaria nº 1253, de 5 de dezembro de 2013. **Aprova a Concepção de Transformação do Exército Brasileiro**. Boletim do Exército, Brasília, DF, n. 51, p. 8, 20 dez. 2013.

BRASIL. Exército. Estado-Maior do Exército. Portaria nº 055, de 27 de março de 2014. **EB20-D-10.016. Aprova a Diretriz Para Funcionamento do Sistema de Simulação do Exército – SSEB**. Boletim do Exército, Brasília, DF, n. 14, p. 36, 04 abr. 2014.

BRASIL. Exército. Estado-Maior do Exército. **EB20-MF-10.102. Manual de Fundamentos Doutrina Militar Terrestre**. 1ª Edição. Brasília, DF, 2014.

CAIAFA, Roberto. **Exército Brasileiro Inaugura Centro de Simulação**. Dialogo Americas, 11 abr. 2017. Disponível em: <https://dialogo-americas.com/pt/articles/brazilian-army-opens-simulation-center>. Acesso em: 17 ago. 2019.

CCOMSEX, Centro de Comunicação Social do Exército. Simulador de Apoio de Fogo – Projeto SIMAF. Revista Verde Oliva, Brasília, DF, Ano XLIII, n.232, jun. 2016.

COMPUTER SIMULATION. In: Wikipédia: a enciclopédia livre. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_simulation Acesso em: 27 jul. 2019.

COUTTS, Ian. Canadian Army. **Vehicle crew training: Welcome to a new (virtual) reality**. 2018. Disponível em: <https://canadianarmytoday.com/vehicle-crew-training-welcome-to-a-new-virtual-reality/>. Acessado em: 07 jul. 2019.

DEFESANET. **Projeto SIMAF - Simulador de Apoio de Fogo**. DefesaNet, Brasília, 05 set. 2016. Disponível em: <http://www.defesanet.com.br/doutrina/noticia/23451/Projeto-SIMAF---Simulador-de-Apoio-de-Fogo/>. Acesso em: 28 jul. 2019.

DEFESANET. **Modernização da Artilharia com novo obuseiro M109 A5+ BR**. DefesaNet, Brasília, 08 jun. 2017. Disponível em: <http://www.defesanet.com.br/terrestre/noticia/25965/Modernizacao-da-Artilharia-com-novo-obuseiro-M109-A5%2B-BR/>. Acesso em: 27 ago. 2019.

DEFESANET. **Projeto SIMAF - Melhoria do Processo Ensino-Aprendizagem**. DefesaNet, Brasília, 12 set. 2016. Disponível em: <http://www.defesanet.com.br/doutrina/noticia/23509/Projeto-SIMAF---Melhoria-do-Processo-Ensino-Aprendizagem/>. Acesso em: 28 jul. 2019.

DUTTA, Debasis. **Simulation in Military Training: Recent Developments**. Institute for Systems Studies & Analyses, 1999. Defence Science Journal, Delhi (Índia), v. 49, No. 3, p. 275-285, jul. 1999.

ENEL: **Tarifas para o Fornecimento de Energia Elétrica Resolução Homologatória Nº 2.568 da Aneel - Válidas a partir de 04/07/2019**. Enel Distribuição, 2019. Disponível em: <https://www.eneldistribuicaoosp.com.br/para-sua-casa/tarifa-de-energia-eletrica>. Acesso em: 28 ago. 2019.

ENEL: **Tarifas Enel**. Enel Distribuição, 2019. Disponível em: <https://www.enel.com.br/content/dam/enel-br/one-hub-brasil---2018/tarifas-taxas-impuestos/rio/Tarifas-enel-rio-JULHO.png>. Acesso em: 28 ago. 2019.

ENIAC. In: Wikipédia: a enciclopédia livre. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/ENIAC>. Acesso em: 27 jul. 2019.

EXÉRCITO. **Exército Brasileiro Inaugura Sistema de Simulação de Apoio de Fogo na Aman**. Noticiário do Exército, Brasília, 26 fev. 2016. Disponível em: http://www.eb.mil.br/web/midia-imprensa/noticiario-do-exercito/-/asset_publisher/IZ4bX6gegOtX/content/exercito-brasileiro-inaugura-sistema-de-simulacao-de-ap. Acesso em: 28 jul. 2019.

FORBES, Technology Council. **Seven Non-Gaming Applications For Virtual Reality**. Forbes, Nova Iorque, set. 2016. Seção de Negócios e Tecnologias. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2016/09/28/seven-non-gaming-applications-for-virtual-reality/#738a1d32c967>. Acesso em: 29 jul. 2019.

GOLDSMAN, David; NANCE, Richard E; WILSON, James R. **A Brief History of Simulation from 1777 to 1981**. [Raleigh, NC]: NC State University, 15 dez. 2009. Disponível em: <https://people.engr.ncsu.edu/jwilson/files/wsc09simhist.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2019.

GOLDSMAN, David; NANCE, Richard E; WILSON, James R. **A Brief History of Simulation Revisited**. In: Conferência de Simulação de Inverno, 2010, Baltimore. Anais da Conferência de Simulação de Inverno. Catonsville: WSC, 2010. P. 567-574.

HARVARD University (EUA). **The Mark I at Harvard: First Programmable Computer in the United States**. [Cambridge, MA]: Harvard – School of Engineering and Applied Sciences. Disponível em: <http://sites.harvard.edu/~chsi/markone/index.html>. Acesso em: 27 jul. 2019.

HATFIELD, Egon. **Women's History Month: ENIAC, first computer programmers**. [Aberdeen, MD]: U.S. Army - RDECOM History Office, 18 mar. 2013. Disponível em: https://www.army.mil/article/98817/womens_history_month_eniac_first_computer_programmers. Acesso em: 26 ago. 2019.

IYENGAR, Jagannathan V. **Military Development and Applications of Simulation Systems**. University of Wisconsin. Journal of International Information Management, Madison, Vol. 8, 2ª Edição, Artigo 5, 1999.

JASON, Stephen. **Simulator Gives Field Artillery Hands on Experience**. U.S. Army. 14th Field Artillery Regiment: Fort Sill (Oklahoma), 9 ago. 2011. Disponível em: https://www.army.mil/article/63231/simulator_gives_field_artillery_hands_on_experience. Acesso em: 28 jul. 2019.

Live, virtual, and constructive. In: Wikipédia: a enciclopédia livre. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Live,_virtual,_and_constructive> Acesso em: 28 jul. 2019.

MASCHINO, Leanna. **Oklahoma Guard members use virtual technology in training**. National Guard, Oklahoma, 12 abr. 2019. Disponível em: <https://www.nationalguard.mil/News/Article/1812797/oklahoma-guard-members-use-virtual-technology-in-training/>. Acesso em: 27 ago. 2019.

MCKENZIE, Bob. **Rivals scorn is a major driving force for Lewis Hamilton**. Express, 26 jun. 2013. Disponível em: <https://www.express.co.uk/sport/f1-autosport/410308/Rivals-scorn-is-a-major-driving-force-for-Lewis-Hamilton>. Acesso em: 27 ago. 2019.

MANN, Steve; FURNESS, Tom; YUAN, Yu; IORIO, Jay; WANG, Zixin. **All Reality: Virtual, Augmented, Mixed (X), Mediated (X,Y), and Multimeditated Reality**. University of Cornell. arXiv.org, 8 abr. 2018. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1804.08386.pdf>. Acesso: 29 jul. 2019.

MASA: **SWORD 6.1.1 Preview**. MASA Group, Paris (França), 2019. Disponível em: <https://masasim.com/2015/04/08/sword-6-1-1-preview/>. Acesso em: 27 ago. 2019.

MESQUITA, Alex Alexandre de. **A Simulação Viva para Blindados e a Contribuição para o Adestramento**. DefesaNet, Brasília, 02 jun. 2015. Disponível em: <http://www.defesanet.com.br/doutrina/noticia/19274/A-simulacao-viva-para-blindados-e-a-contribuicao-para-o-adestramento/>. Acesso em: 27 jul. 2019.

MOYE, William T. **ENIAC: The Army-Sponsored Revolution**. US Army Research Laboratory. ARL Historian, jan. 1996.

PARKIN, Simon. **How VR is training the perfect soldier. From sniper to tank drivers, virtual reality is changing the way we prepare for war**. Wareable, Londres (Inglaterra), 31 dez. 2015. Disponível em: <https://www.wareable.com/vr/how-vr-is-training-the-perfect-soldier-1757>. Acesso em: 17 ago. 2019.

PEDROSO, Ana Luiza. **Primeiro Simulador de Universo Utilizando IA Pode Explicar a Origem do Universo**. Mundo Conectado, Florianópolis, 02 jul. 2019. Disponível em: <https://mundoconectado.com.br/noticias/v/9624/primeiro-simulador-de-universo-utilizando-ia-pode-explicar-a-origem-do-universo>. Acesso em: 27 jul. 2019.

RUAG: **Constructive Simulation**. RUAG Group, Stauffacherstrasse (Suíça), 2019. Disponível em: <https://www.ruag.com/en/products-services/land/simulation-training/constructive-simulation>. Acesso em: 27 ago. 2019.

SABBATINI, Renato M.E. SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2017. Campinas, SP. Palestra: **Educação Médica e a Biomatemática: Simulações Interativas de Sistemas Fisiológicos para o Ensino e a Pesquisa**. Campinas, SP: Centro de Tecnologia de Informática Renato Archer, 25 out. 2017. Disponível em: https://www.sabbatini.com/renato/Palestra-Educacao_Medica_e_a_Biomatematica-SNCT2017.html. Acesso em: 17 ago. 2019.

SAFO. **Documento de Visão de Negócio e Especificação de Requisitos de Sistema do Simulador de Apoio de Fogo**. 2ª ed. Madrid: TecnoBit, set, 2013.

SIMULATION. In: Wikipédia: a enciclopédia livre. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Simulation>. Acesso em: 27 jul. 2019.

STUART, S. C. **How Simulation Games Prepare the Military for More Than Just Combat**. PCMag, Nova Iorque, 11 mai. 2019. Disponível em: <https://www.pcmag.com/news/368276/how-simulation-games-prepare-the-military-for-more-than-just>. Acesso em: 27 ago. 2019.

WHITE, Conan. **Train Hard and Fight Easy: The Cost of Military Perfection**. War History Online, 22 mar. 2019. Disponível em: <https://www.warhistoryonline.com/instant-articles/life-death-of-irene-nemirovsky.html>. Acesso em: 17 ago. 2019.



VERDE OLIVA, Revista. Brasília: **Entrevista com General Mourão - O Gerente do Projeto SIMAF**. jul. 2016. Disponível em: <http://www.defesanet.com.br/terrestre/noticia/23017/Entrevista-com-General-Mourao---O-Gerente-do-Projeto-SIMAF/>. Acesso em: 07 jul. 2019.

VERDE OLIVA, Revista. Brasília: **Cenário Defesa 2020-2039 - Orçamento limitado por teto pode deixar Forças Armadas mais obsoletas e preocupa militares**. jan. 2018. Disponível em: <http://www.defesanet.com.br/bid/noticia/28224/Cenario-Defesa-2020-2039---Orcamento-limitado-por-teto-pode-deixar-Forcas-Armadas-mais-obsoletas-e-preocupa-militares-/>. Acesso em: 07 jul. 2019.

Apêndice A – Consumo Estimativo de Energia Elétrica do SIMAF/AMAN

CONSUMO DE ENERGIA																		
#	INSTALAÇÃO	ESTADO (CHAVE-GERAL)	INTERVALOS DE TEMPO DE USO										TEMPO DE USO (FHP)	TEMPO DE USO (HP)	CONSUMO (kWh) (FHP)	CONSUMO (kWh) (HP)	CUSTO (R\$)	
			INTERVALO 1		INTERVALO 2		INTERVALO 3		INTERVALO 4		INTERVALO 5							
			INÍCIO	TÉRMINO	INÍCIO	TÉRMINO	INÍCIO	TÉRMINO	INÍCIO	TÉRMINO	INÍCIO	TÉRMINO						
1	Administração	LIGADO	0:00:00	23:59:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	20:59:59	3:00:00	50,706	0,521	39,88
2	Administrador	LIGADO	0:00:00	23:59:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	20:59:59	3:00:00	97,051	8,325	85,05
3	Antessala da Administração	LIGADO	0:00:00	23:59:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	20:59:59	3:00:00	33,434	0,002	25,89
4	Antessala da Sala dos Instrutores	LIGADO	0:00:00	23:59:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	20:59:59	3:00:00	28,583	0,000	22,13
5	Artilharia Divisionária	LIGADO	6:30:00	19:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	11:30:00	1:00:00	40,388	3,512	35,45
6	Auditório	LIGADO	6:30:00	19:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	11:30:00	1:00:00	122,611	1,606	96,85
7	C Tir Bia 1	LIGADO	6:30:00	19:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	11:30:00	1:00:00	15,134	1,316	13,28
8	C Tir Bia 2	LIGADO	6:30:00	19:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	11:30:00	1:00:00	15,134	1,316	13,28
9	C Tir Bia 3	LIGADO	6:30:00	19:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	11:30:00	1:00:00	15,134	1,316	13,28
10	C Tir Gp	LIGADO	6:30:00	19:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	11:30:00	1:00:00	38,847	3,378	34,10
11	CCAF / U1	LIGADO	6:30:00	19:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	11:30:00	1:00:00	16,468	1,432	14,45
12	CCAF / U2	LIGADO	6:30:00	19:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	11:30:00	1:00:00	16,468	1,432	14,45
13	CCAF / U3	LIGADO	6:30:00	19:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	11:30:00	1:00:00	16,468	1,432	14,45
14	Comandante	LIGADO	0:00:00	23:59:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	20:59:59	3:00:00	18,456	0,011	14,30
15	Corredor dos Postos de Observação	LIGADO	0:00:00	23:59:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	20:59:59	3:00:00	10,080	1,440	9,52
16	Corredor Entrada-Linha de Fogo	LIGADO	0:00:00	23:59:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	20:59:59	3:00:00	10,080	1,440	9,52
17	Corredor Leste	LIGADO	0:00:00	23:59:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	20:59:59	3:00:00	5,040	0,720	4,76
18	Corredor Oeste	LIGADO	0:00:00	23:59:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	20:59:59	3:00:00	5,040	0,720	4,76
19	EM Bda & GAC	LIGADO	6:30:00	19:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	11:30:00	1:00:00	38,893	3,382	34,14
20	Escada	LIGADO	0:00:00	23:59:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	20:59:59	3:00:00	0,525	0,075	0,50
21	Hall da Escada	LIGADO	0:00:00	23:59:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	20:59:59	3:00:00	6,932	0,990	6,54
22	Hall de Entrada	LIGADO	0:00:00	23:59:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	20:59:59	3:00:00	6,720	0,960	6,34
23	Linha de Fogo	LIGADO	0:00:00	23:59:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	20:59:59	3:00:00	90,403	9,805	81,66
24	Palamenta	LIGADO	0:00:00	23:59:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	20:59:59	3:00:00	0,480	0,000	0,37
25	PO 1	LIGADO	6:30:00	19:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	11:30:00	1:00:00	99,079	8,616	86,96
26	PO 2	LIGADO	6:30:00	19:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	11:30:00	1:00:00	99,079	8,616	86,96
27	PO 3	LIGADO	6:30:00	19:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	11:30:00	1:00:00	99,079	8,616	86,96
28	PO 4	LIGADO	0:00:00	23:59:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	20:59:59	3:00:00	1,530	0,000	1,18
29	Posto do Instrutor	LIGADO	6:30:00	19:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	11:30:00	1:00:00	75,196	6,539	66,00
30	Recepção	LIGADO	0:00:00	23:59:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	20:59:59	3:00:00	23,878	0,422	18,99
31	Sala de Computadores	LIGADO	0:00:00	23:59:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	20:59:59	3:00:00	400,233	35,794	352,46
32	Sala de Eletricidade	LIGADO	0:00:00	23:59:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	20:59:59	3:00:00	91,429	13,050	86,31
33	Sala de Limpeza	LIGADO	0:00:00	23:59:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	20:59:59	3:00:00	0,600	0,000	0,46
34	Sala de Reunião	LIGADO	0:00:00	23:59:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	20:59:59	3:00:00	1,550	0,000	1,20
35	Sala dos Instrutores	LIGADO	0:00:00	23:59:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	20:59:59	3:00:00	69,666	0,108	54,07
36	WC Feminino	LIGADO	0:00:00	23:59:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	20:59:59	3:00:00	2,175	0,000	1,68
37	WC Instrutores/Monitores	LIGADO	0:00:00	23:59:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	20:59:59	3:00:00	7,675	0,000	5,94
38	WC Masculino	LIGADO	0:00:00	23:59:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	20:59:59	3:00:00	2,175	0,000	1,68
39	WC Recepção	LIGADO	0:00:00	23:59:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	20:59:59	3:00:00	0,100	0,000	0,08
40	WC Soldados	LIGADO	0:00:00	23:59:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	20:59:59	3:00:00	35,775	0,000	27,70
TOTAL:															1708,294	126,891	1.473,62	

Apêndice B – Entrevistas com Instrutores do SIMAF/AMAN

	ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS ESCOLA DE FORMAÇÃO COMPLEMENTAR DO EXÉRCITO	
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC) O EMPREGO DO SISTEMA DE SIMULAÇÃO DE APOIO DE FOGO COMO FERRAMENTA DE ENSINO E ADESTRAMENTO NO EXÉRCITO BRASILEIRO ENTREVISTA		
Data: 26 de agosto de 2019.		
DADOS DO ENTREVISTADO		
Posto:	Major	
A/Q/Sv:	Artilharia	
Nome:	Frederico Emanuel Sousa Nunes	
Função:	Chefe da Seção de Instrução	
Setor/OM:	SIMAF/AMAN	
CONTEXTUALIZAÇÃO		
<p>No final dos anos 90, o Exército Brasileiro estava passando por problemas em seu processo de ensino e adestramento, principalmente das atividades de apoio de fogo da Função de Combate Fogos, devido à falta de recursos financeiros para a aquisição de munições e de outros recursos logísticos utilizados nos exercícios em campanha. Além da falta de recursos, o exercício de artilharia estava sendo prejudicado por limitações do espaço destinado ao adestramento, alguns próximos a áreas urbanizadas; e, também, por restrições impostas pela legislação ambiental (DEFESANET, 2016a).</p> <p>A fim de solucionar esse problema, no ano 2000, o então comandante do Exército, General Gleuber Vieira, determinou que fossem estudados modelos de simulação que pudessem ser utilizados no ensino e no adestramento militar (CCOMSEX, 2016). Durante vários anos, diversos simuladores foram visitados e estudados em todo o mundo, mas o preço elevado e as dificuldades para a transferência de tecnologia, não permitiram a concretização de uma aquisição (DEFESANET, 2016a).</p> <p>Em 2007, outro fator agravou ainda mais a situação do processo de manutenção dos padrões de adestramento dos elementos de artilharia da Força Terrestre. O Comando de Operações Terrestres (COTER) estabeleceu uma Dotação de Munição Anual Reduzida (DMA-R), diminuindo em quase 75% a quantidade de munição disponível para a formação e para a manutenção dos padrões dos combatentes de artilharia, o que trouxe consequências negativas para a operacionalidade dos Grupos de Artilharia de Campanha (DEFESANET, 2016b).</p> <p>Em meados de 2010, o Estado-Maior do Exército aprovou uma diretriz de</p>		

planejamento para a aquisição de um simulador de tiro real para a Artilharia de Campanha. Como justificativa à aquisição, a diretriz concebia que, naqueles dias, o tiro de artilharia era uma atividade complexa e onerosa; e que a pressão demográfica e as restrições ambientais estavam limitando a utilização de campos de tiro tradicionais do Exército Brasileiro. A diretriz dizia também que as restrições orçamentárias deveriam ser levadas em conta, considerando para isso o elevado custo da munição, incluindo, neste caso, o transporte e empaiolamento; as despesas com deslocamentos de pessoal e material; assim como, os gastos eventuais com a manutenção dos meios envolvidos (BRASIL, 2010a). Essa diretriz foi o passo inicial para aquisição do então Simulador de Apoio Fogo (SAFo), que mais tarde receberia a denominação de Sistema de Simulação de Apoio de Fogo (SIMAF).

Dessa forma, a utilização de sistemas para a simulação do tiro real dos diferentes materiais da Artilharia de Campanha surgiu como uma alternativa que poderia reduzir os gastos com o adestramento da tropa e, também, nos Estabelecimentos de Ensino, tanto o de Formação, como o de Aperfeiçoamento da Arma de Artilharia. Era uma alternativa que contemplava o tiro real e que estava se tornando uma tendência já nos exércitos mais modernos do mundo (JASON, 2011).

No início de 2011, o chefe do Departamento de Educação e Cultura do Exército (DECEX) implantou o Sistema de Simulação para o Ensino (SIMENS), adequando a estrutura de ensino e instrução às novas metodologias de transmissão de conhecimentos e técnicas, tendo como base a simulação. Além de proporcionar um novo método de aprendizagem e de aprimoramento profissional, o sistema tinha como um dos objetivos propiciar a economia de recursos financeiros (BRASIL, 2011).

No final de 2012, por meio da Portaria nº 187, de 28 de dezembro, o DECEX aprovou a diretriz de implantação do projeto do sistema de simulação de apoio de fogo que, além dos motivos apresentados na diretriz de planejamento para a aquisição do simulador, em sua concepção geral, informava que os recursos empenhados seriam amortizados ao longo do tempo. Além disso, o documento informou que os recursos investidos foram de 54.315.880,00 reais, valor empregado na construção das instalações e no desenvolvimento do sistema de simulação (BRASIL, 2012).

Como parte do processo de transformação do Exército (BRASIL, 2010b; BRASIL, 2013) e impulsionado pelo momento de austeridade econômica do país, que impôs novas restrições orçamentárias, em março de 2014, o Estado-Maior do Exército estabeleceu o Sistema de Simulação do Exército, definindo como um dos objetivos a obtenção, a integração e a modernização de simuladores e, também, a adequação das estruturas de ensino, instrução, treinamento e adestramento da instituição às novas metodologias de transmissão de conhecimentos e técnicas, numa tentativa de ajustar o treinamento com tiro real, e de outras atividades de custo elevado, aos limites estabelecidos pelo orçamento (BRASIL, 2014).

REFERÊNCIAS

BRASIL. Exército. Departamento de Educação e Cultura do Exército. **As Razões do Projeto SAFO**. Informativo Nº 02, Resende, RJ, abr. 2011.

BRASIL. Exército. Portaria nº 040, de 08 de junho de 2010. **Aprova a Diretriz de Planejamento para Aquisição de Simulador de Tiro Real para Artilharia de Campanha**.

BRASIL. Exército. Portaria nº 075, de 10 de junho de 2010. **Aprova a Diretriz para a Implantação do Processo de Transformação do Exército Brasileiro**. Boletim do Exército, Brasília, DF, n. 24, p. 50, 18 jun. 2010.

BRASIL. Exército. Departamento de Educação e Cultura do Exército. Portaria nº 008, de 10 de fevereiro de 2011. **Aprova a Diretriz para a Implantação do Sistema de Simulação do DECEX – (SIMENS)**. Boletim do Exército, Brasília, DF, n. 11, p. 44, 18 mar. 2011.

BRASIL. Exército. Portaria nº 187, de 28 de dezembro de 2012. **Aprova a Diretriz de Implantação do Projeto do Sistema de Simulação de Apoio de Fogo**. Boletim do Exército, Brasília, DF, n. 01, p. 30, 04 jan. 2013.

BRASIL. Exército. Portaria nº 1253, de 5 de dezembro de 2013. **Aprova a Concepção de Transformação do Exército Brasileiro**. Boletim do Exército, Brasília, DF, n. 51, p. 8, 20 dez. 2013.

BRASIL. Exército. Estado-Maior do Exército. Portaria nº 055, de 27 de março de 2014. **EB20-D-10.016. Aprova a Diretriz Para Funcionamento do Sistema de Simulação do Exército – SSEB**. Boletim do Exército, Brasília, DF, n. 14, p. 36, 04 abr. 2014.

DEFESANET. **Projeto SIMAF - Simulador de Apoio de Fogo**. DefesaNet, Brasília, 05 set. 2016. Disponível em: <http://www.defesanet.com.br/doutrina/noticia/23451/Projeto-SIMAF---Simulador-de-Apoio-de-Fogo/>. Acesso em: 28 jul. 2019.

DEFESANET. **Projeto SIMAF - Melhoria do Processo Ensino-Aprendizagem**. DefesaNet, Brasília, 12 set. 2016. Disponível em: <http://www.defesanet.com.br/doutrina/noticia/23509/Projeto-SIMAF---Melhoria-do-Processo-Ensino-Aprendizagem/>. Acesso em: 28 jul. 2019.

JASON, Stephen. **Simulator Gives Field Artillery Hands on Experience. U.S. Army**. 14th Field Artillery Regiment: Fort Sill (Oklahoma), 9 ago. 2011. Disponível em: https://www.army.mil/article/63231/simulator_gives_field_artillery_hands_on_experience. Acesso em: 28 jul. 2019.

PERGUNTAS

1. O ambiente operacional contemporâneo tem sido marcado por operações militares realizadas em áreas densamente povoadas. Essa característica exige um exército altamente seletivo e efetivo em suas ações, a fim de diminuir as possibilidades de danos colaterais que podem gerar grande perda em termos de vidas humanas e infraestruturas. Mas, o cenário de restrição orçamentária imposto pelo governo brasileiro nos últimos anos, vem impossibilitando a manutenção de um adestramento dentro dos padrões necessários para um emprego efetivo da Força Terrestre.

Com base na contextualização e na informação acima, do ponto de vista de um instrutor e militar da arma de Artilharia, o SIMAF permite realizar um adestramento da tropa de forma a atingir os padrões necessários para um emprego efetivo da Força Terrestre ou, mais especificamente, dos Grupos de Artilharia de Campanha? Justifique.

Resposta: *O SIMAF permite de forma satisfatória o adestramento do tiro real de artilharia de campanha no meio RURAL. Quanto às áreas densamente povoadas, nas quais entende-se meio URBANO a atual modelagem dos cenários ainda deixa a desejar, embora softwares congêneres como o VBS3 sejam mais aptos a tal emprego.*

2. Do ponto de vista de um antigo instrutor do Curso de Artilharia da AMAN e atual instrutor do SIMAF/AMAN, o emprego da simulação como método de transmissão de conhecimento é suficiente para o ensino dos militares da instituição, quando comparado com os métodos

tradicionais, ou seja, com as instruções realizadas em campanha? Justifique apontando as eficiências e deficiências de ambas as metodologias.

Resposta: O SIMAF é adequado como método de instrução para os militares da instituição, ressalvando-se apenas que a aquisição plena dos objetivos propostos nos Planos de Disciplina (Pladis), os quais também abarcam atributos da área afetiva e suas competências, só podem ser atingidos no terreno, com o tiro real. Dessa, forma o SIMAF é um excelente meio auxiliar, mas não um fim em si mesmo. Ele complementa a instrução teórica e precede a prática no terreno. A deficiência do simulador, nesse quesito, é a ausência das condições meteorológicas (sol forte, ventos, frio, chuva, etc) e suas principais vantagens são possibilitar que o instruendo aprenda com o erro (sem risco à segurança) e não envidar esforços com economia de munição e combustível.

3. Do ponto de vista de um instrutor e militar da arma de Artilharia, quais os pontos positivos do uso do SIMAF, ou da simulação de forma geral, no processo de ensino e adestramentos dos militares da instituição?

Resposta: Possibilitar a “Pedagogia do Erro” (não ter que interferir no erro para que não se atente contra a segurança) que abre espaço para a retificação da aprendizagem mais realista; despreocupação com o gasto de suprimentos das classes III, V e VIII; possibilidade de adestramento das comunicações; facilidade de colocar os instruendos em situação tática; e possibilidade de realização de Análises Pós Ação (APA) parciais e gerais.

4. Do ponto de vista de um instrutor e militar da arma de Artilharia, quais os pontos negativos do uso do SIMAF, ou da simulação de forma geral, no processo de ensino e adestramentos dos militares da instituição?

Resposta: se mal conduzida, pode gerar acomodação nos instruendos, por não “viver a situação do exercício” e as diferenciações (naturais) entre um cenário virtual e o real, como o fato dos instruendos não serem expostos às condições climáticas.

5. Do ponto de vista de um militar do Exército Brasileiro, a simulação virtual, de uma forma geral, inclusive com a possibilidade de emprego de tecnologias como a realidade virtual e aumentada, pode ser considerada um método alternativo eficiente aos métodos tradicionais (exercícios em campanha) - inclusive em relação à simulação viva - de transmissão de conhecimento e de aprimoramento profissional? Justifique expondo sua opinião.

Resposta: discordo do uso dessa modalidade de simulação (virtual) como método alternativo, mesmo em caso de restrição de munição (DMAR). A simulação só será efetiva em auxiliar o aprendizado se usada como uma alternativa “complementar”, entre a instrução teórica e a prática real no terreno. Com esta metodologia a simulação se torna uma ferramenta de multiplicação da capacidade de aquisição e fixação das competências previstas nos Pladis. Em substituição à prática real traduz-se em treinamento negativo, a ser usado apenas como última possibilidade. Uma tropa que só treina virtualmente não deve ser considerada “certificada” para a atuação real.



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS
ESCOLA DE FORMAÇÃO COMPLEMENTAR DO EXÉRCITO



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)

O EMPREGO DO SISTEMA DE SIMULAÇÃO DE APOIO DE FOGO COMO FERRAMENTA DE ENSINO E ADESTRAMENTO NO EXÉRCITO BRASILEIRO

ENTREVISTA

Data: 28 de agosto de 2019.

DADOS DO ENTREVISTADO

Posto: Major
A/Q/Sv: Artilharia
Nome: Victor Almeida Pereira
Função: Instrutor
Setor/OM: SIMAF/AMAN

CONTEXTUALIZAÇÃO

No final dos anos 90, o Exército Brasileiro estava passando por problemas em seu processo de ensino e adestramento, principalmente das atividades de apoio de fogo da Função de Combate Fogos, devido à falta de recursos financeiros para a aquisição de munições e de outros recursos logísticos utilizados nos exercícios em campanha. Além da falta de recursos, o exercício de artilharia estava sendo prejudicado por limitações do espaço destinado ao adestramento, alguns próximos a áreas urbanizadas; e, também, por restrições impostas pela legislação ambiental (DEFESANET, 2016a).

A fim de solucionar esse problema, no ano 2000, o então comandante do Exército, General Gleuber Vieira, determinou que fossem estudados modelos de simulação que pudessem ser utilizados no ensino e no adestramento militar (CCOMSEX, 2016). Durante vários anos, diversos simuladores foram visitados e estudados em todo o mundo, mas o preço elevado e as dificuldades para a transferência de tecnologia, não permitiram a concretização de uma aquisição (DEFESANET, 2016a).

Em 2007, outro fator agravou ainda mais a situação do processo de manutenção dos padrões de adestramento dos elementos de artilharia da Força Terrestre. O Comando de Operações Terrestres (COTER) estabeleceu uma Dotação de Munição Anual Reduzida (DMA-R), diminuindo em quase 75% a quantidade de munição disponível para a formação e para a manutenção dos padrões dos combatentes de artilharia, o que trouxe consequências negativas para a operacionalidade dos Grupos de Artilharia de Campanha (DEFESANET, 2016b).

Em meados de 2010, o Estado-Maior do Exército aprovou uma diretriz de planejamento para a aquisição de um simulador de tiro real para a Artilharia de Campanha. Como justificativa à aquisição, a diretriz concebia que, naqueles dias, o tiro de artilharia era uma atividade complexa e onerosa; e que a pressão demográfica e as restrições ambientais

estavam limitando a utilização de campos de tiro tradicionais do Exército Brasileiro. A diretriz dizia também que as restrições orçamentárias deveriam ser levadas em conta, considerando para isso o elevado custo da munição, incluindo, neste caso, o transporte e empaiolamento; as despesas com deslocamentos de pessoal e material; assim como, os gastos eventuais com a manutenção dos meios envolvidos (BRASIL, 2010a). Essa diretriz foi o passo inicial para aquisição do então Simulador de Apoio Fogo (SAFo), que mais tarde receberia a denominação de Sistema de Simulação de Apoio de Fogo (SIMAF).

Dessa forma, a utilização de sistemas para a simulação do tiro real dos diferentes materiais da Artilharia de Campanha surgiu como uma alternativa que poderia reduzir os gastos com o adestramento da tropa e, também, nos Estabelecimentos de Ensino, tanto o de Formação, como o de Aperfeiçoamento da Arma de Artilharia. Era uma alternativa que contemplava o tiro real e que estava se tornando uma tendência já nos exércitos mais modernos do mundo (JASON, 2011).

No início de 2011, o chefe do Departamento de Educação e Cultura do Exército (DECEX) implantou o Sistema de Simulação para o Ensino (SIMENS), adequando a estrutura de ensino e instrução às novas metodologias de transmissão de conhecimentos e técnicas, tendo como base a simulação. Além de proporcionar um novo método de aprendizagem e de aprimoramento profissional, o sistema tinha como um dos objetivos propiciar a economia de recursos financeiros (BRASIL, 2011).

No final de 2012, por meio da Portaria nº 187, de 28 de dezembro, o DECEX aprovou a diretriz de implantação do projeto do sistema de simulação de apoio de fogo que, além dos motivos apresentados na diretriz de planejamento para a aquisição do simulador, em sua concepção geral, informava que os recursos empenhados seriam amortizados ao longo do tempo. Além disso, o documento informou que os recursos investidos foram de 54.315.880,00 reais, valor empregado na construção das instalações e no desenvolvimento do sistema de simulação (BRASIL, 2012).

Como parte do processo de transformação do Exército (BRASIL, 2010b; BRASIL, 2013) e impulsionado pelo momento de austeridade econômica do país, que impôs novas restrições orçamentárias, em março de 2014, o Estado-Maior do Exército estabeleceu o Sistema de Simulação do Exército, definindo como um dos objetivos a obtenção, a integração e a modernização de simuladores e, também, a adequação das estruturas de ensino, instrução, treinamento e adestramento da instituição às novas metodologias de transmissão de conhecimentos e técnicas, numa tentativa de ajustar o treinamento com tiro real, e de outras atividades de custo elevado, aos limites estabelecidos pelo orçamento (BRASIL, 2014).

REFERÊNCIAS

BRASIL. Exército. Departamento de Educação e Cultura do Exército. **As Razões do Projeto SAFO**. Informativo N° 02, Resende, RJ, abr. 2011.

BRASIL. Exército. Portaria nº 040, de 08 de junho de 2010. **Aprova a Diretriz de Planejamento para Aquisição de Simulador de Tiro Real para Artilharia de Campanha**.

BRASIL. Exército. Portaria nº 075, de 10 de junho de 2010. **Aprova a Diretriz para a Implantação do Processo de Transformação do Exército Brasileiro**. Boletim do Exército, Brasília, DF, n. 24, p. 50, 18 jun. 2010.

BRASIL. Exército. Departamento de Educação e Cultura do Exército. Portaria nº 008, de 10 de fevereiro de 2011. **Aprova a Diretriz para a Implantação do Sistema de Simulação do DECEX – (SIMENS)**. Boletim do Exército, Brasília, DF, n. 11, p. 44, 18 mar. 2011.

BRASIL. Exército. Portaria nº 187, de 28 de dezembro de 2012. **Aprova a Diretriz de Implantação do Projeto do Sistema de Simulação de Apoio de Fogo.** Boletim do Exército, Brasília, DF, n. 01, p. 30, 04 jan. 2013.

BRASIL. Exército. Portaria nº 1253, de 5 de dezembro de 2013. **Aprova a Concepção de Transformação do Exército Brasileiro.** Boletim do Exército, Brasília, DF, n. 51, p. 8, 20 dez. 2013.

BRASIL. Exército. Estado-Maior do Exército. Portaria nº 055, de 27 de março de 2014. **EB20-D-10.016. Aprova a Diretriz Para Funcionamento do Sistema de Simulação do Exército – SSEB.** Boletim do Exército, Brasília, DF, n. 14, p. 36, 04 abr. 2014.

DEFESANET. **Projeto SIMAF - Simulador de Apoio de Fogo.** DefesaNet, Brasília, 05 set. 2016. Disponível em: <http://www.defesanet.com.br/doutrina/noticia/23451/Projeto-SIMAF---Simulador-de-Apoio-de-Fogo/>. Acesso em: 28 jul. 2019.

DEFESANET. **Projeto SIMAF - Melhoria do Processo Ensino-Aprendizagem.** DefesaNet, Brasília, 12 set. 2016. Disponível em: <http://www.defesanet.com.br/doutrina/noticia/23509/Projeto-SIMAF---Melhoria-do-Processo-Ensino-Aprendizagem/>. Acesso em: 28 jul. 2019.

JASON, Stephen. **Simulator Gives Field Artillery Hands on Experience. U.S. Army.** 14th Field Artillery Regiment: Fort Sill (Oklahoma), 9 ago. 2011. Disponível em: https://www.army.mil/article/63231/simulator_gives_field_artillery_hands_on_experience. Acesso em: 28 jul. 2019.

PERGUNTAS

1. O ambiente operacional contemporâneo tem sido marcado por operações militares realizadas em áreas densamente povoadas. Essa característica exige um exército altamente seletivo e efetivo em suas ações, a fim de diminuir as possibilidades de danos colaterais que podem gerar grande perda em termos de vidas humanas e infraestruturas. Mas, o cenário de restrição orçamentária imposto pelo governo brasileiro nos últimos anos, vem impossibilitando a manutenção de um adestramento dentro dos padrões necessários para um emprego efetivo da Força Terrestre.

Com base na contextualização e na informação acima, do ponto de vista de um instrutor e militar da arma de Artilharia, o SIMAF permite realizar um adestramento da tropa de forma a atingir os padrões necessários para um emprego efetivo da Força Terrestre ou, mais especificamente, dos Grupos de Artilharia de Campanha? Justifique.

Resposta: Sim, o SIMAF permite a realização de adestramentos conforme os padrões exigidos nos Programas-Padrão de Adestramento de Artilharia (PPA-ART). Evidentemente que o emprego da simulação não substitui a realização do tiro real, mas determinados objetivos de adestramento que exigem largo emprego de munição (como, por exemplo, tiros previstos) são muito bem aproveitados no adestramento com o simulador. No caso do SIMAF, todas as condições necessárias para a consecução dos padrões mínimos dos objetivos de adestramento são atendidas pelo simulador.

2. Do ponto de vista de um antigo instrutor do Curso de Artilharia da AMAN e atual instrutor do SIMAF/AMAN, o emprego da simulação como método de transmissão de conhecimento é suficiente para o ensino dos militares da instituição, quando comparado com os métodos tradicionais, ou seja, com as instruções realizadas em campanha? Justifique apontando as eficiências e deficiências de ambas as metodologias.

Resposta: *Em verdade, tanto a simulação como o método tradicional de instrução são complementares entre si. Nenhum deles substitui um ao outro. O método tradicional transmite os fundamentos técnicos para o instruendo, ao passo que o simulador reproduz as condições que seriam encontradas num tiro real, trazendo o máximo de realismo possível à instrução. Poderíamos comparar com o aprendizado da matemática básica: antes de usar uma calculadora, o aluno deve ter memorizado e entendido a tabuada, os conceitos das operações básicas etc. Em outras palavras, pode-se dizer que a simulação tão somente amplifica o nível de aprendizado, porém não substitui as metodologias tradicionais ou convencionais. A simulação é apenas um meio auxiliar de instrução. A base é construída sobre os fundamentos básicos ensinados por métodos convencionais.*

3. Do ponto de vista de um instrutor e militar da arma de Artilharia, quais os pontos positivos do uso do SIMAF, ou da simulação de forma geral, no processo de ensino e adestramentos dos militares da instituição?

Resposta: *Possibilidade de se repetir procedimentos tantas vezes quantas forem necessárias; reprodução de cenários virtuais que permitem a imersão do usuário (sobretudo nos postos de observação); possibilidade de se reproduzir uma ampla gama de alvos de diferentes características; otimização da instrução; revisão de diversos aspectos doutrinários que dificilmente são visualizados sem a realização de tiro real.*

4. Do ponto de vista de um instrutor e militar da arma de Artilharia, quais os pontos negativos do uso do SIMAF, ou da simulação de forma geral, no processo de ensino e adestramento dos militares da instituição?

Resposta: *Alto custo da hora de uso da simulação; possibilidade de utilização de “atalhos” pelos usuários, acarretando em treinamentos negativos, ou seja, o usuário faz o que ele não faria na realização de um tiro real.*

5. Do ponto de vista de um militar do Exército Brasileiro, a simulação virtual, de uma forma geral, inclusive com a possibilidade de emprego de tecnologias como a realidade virtual e aumentada, pode ser considerada um método alternativo eficiente aos métodos tradicionais (exercícios em campanha) - inclusive em relação à simulação viva - de transmissão de conhecimento e de aprimoramento profissional? Justifique expondo sua opinião.

Resposta: *Entendo que a simulação não substitui o exercício em campanha, mas eleva o seu rendimento. Ainda que a simulação viva se aproxime ao máximo da realidade, ela não tem condições de substituí-la por completo. Inclusive, os exércitos de outros países que empregam simuladores não abandonaram por completo o emprego real em campanha, por entenderem que um não substitui o outro. Existem aspectos que se trabalham somente em campanha, sobretudo na área atitudinal (atributos da área afetiva como rusticidade, coragem e outros). Sendo assim, sou de opinião que o simulador, por mais realista que seja, jamais substituirá o exercício no terreno. Ele tem um papel de meio auxiliar de instrução, facilitador da transmissão de conhecimentos e de aprimoramento profissional. Mas a validação do que foi treinado no simulador só ocorrerá com a prática no terreno.*