

Realidade Aumentada Aplicada aos Sistemas de Combate do Soldado

Carlos Gomes^{1,4} Augusto Esteves^{2,4} Tiago Guedes^{3,4}

¹Academia Militar ²Instituto Superior Técnico ³Instituto Universitário Militar ⁴CINAMIL

gomes.cfv@exercito.pt augusto.esteves@tecnico.ulisboa.pt guedes.tfam@ium.pt

Abstract—O presente artigo propõe a aplicação de Realidade Aumentada (RA) no combatente apeado, como uma extensão dos sistemas de Comando e Controlo, habitualmente restritos aos veículos, de modo a aumentar a *situational awareness* do militar fora de viatura. Foi aplicado um questionário, a 86 militares do Exército Português, de modo a adquirir os casos de uso de maior interesse e desenhado um sistema de RA, em *Unity*, aplicado em *Hololens 2*. Este sistema foi comparado com o atual sistema do Exército Português, através de questionários, entrevistas e métricas objetivas, por 13 militares com experiência operacional, do Regimento de Comandos. Num cenário de teste onde o militar resgata um refém, o sistema de (RA) registou usabilidade 25% superior ao sistema atual no *System Usability Scale* (SUS). No *National Aeronautics and Space Administration - Task Load Index* (NASA-TLX), verificou-se a diminuição da Exigência Física auto-reportada em 34%, a Exigência Temporal auto-reportada em 21% e o Esforço auto-reportado em 31%, os três resultados face ao sistema atual. O sistema proposto reduziu a exigência de atenção para manter a *situational awareness*, em 21% avaliado através do *Situation Awareness Rating Technique* (SART) e diminuiu o número de erros do utilizador em 91%. Concluiu-se que o sistema proposto baseado em (RA) apresenta potencial aplicação militar no âmbito do Comando e Controlo e da *situational awareness* em complemento do sistema atual. Não se prevê que a total substituição do sistema atual por um de (RA) seja o mais indicado em todas as situações táticas, uma vez que os militares se sentem mais confortáveis com sistemas rádio, visto que lidam e treinam com estes frequentemente.

Palavras-chave: Realidade Aumentada, Conhecimento Situacional, Comando e Controlo, Exército Português

I. INTRODUÇÃO

Atualmente, os sistemas de Comando, Controlo, Comunicações, Computadores e Informação (C4I) do Exército Português para escalões de companhia e menores, baseiam-se em meios rádio com serviço de fonia [1], que, ao apenas enviar áudio, criam espaço para interpretação errada, dificultando o processo de entrega de informações [2]. Para além da possibilidade de interpretação errada, é necessária uma transmissão contínua da informação para a sua compreensão correta.

Através da aplicação de um questionário, foi constatado que 76% dos militares (Figura 1) concordam total ou parcialmente que o atual sistema Comando e Controlo requer o foco do utilizador e 60% (Figura 1) concorda total ou parcialmente que requer as duas mãos, apresentando duas desvantagens do atual sistema. Na Figura 1 pode ser observado à direita, resultados sobre foco do operador e à esquerda, sobre uso

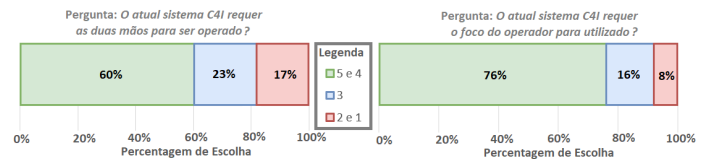


Fig. 1. Resultados do questionário relativamente ao uso das mãos (esquerda) e à redução do foco do utilizador (direita). 5 representa concordância total e 1 representa discordância total, com a pergunta colocada

das mãos, estando a verde graficada a percentagem de utilizadores que responderam com concordância total ou algum tipo de concordância (5 e 4, respetivamente), a azul os que se mantiveram neutros (3) e a vermelho os utilizadores que responderam com algum tipo de discordância ou discordância total (2 e 1, respetivamente).

A. Objetivos

Com vista à definição de produtos concretos pretendidos alcançar, os objetivos deste artigo são:

- **Levantamento de casos de uso**, através de um questionário;
- **Desenvolvimento de uma Gateway**, implementando o *Standardization Agreement* (STANAG) 4677, capaz de receber informação do *Dismounted Soldier System*(DSS) e as enviar para o *Heads-Up Display* (HUD);
- **HUD em RA**, capaz de receber as informações enviadas pela *Gateway*, demonstrando-as ao utilizador do (DSS);
- **Avaliação e comparação** do sistema proposto com o atual sistema usado pelo Exército Português.

Assim, será aferido se é possível aumentar a capacidade de Comando e Controlo e *situational awareness* dos combatentes que usam o sistema (DSS), através de um sistema de RA. Este será o primeiro sistema de RA aplicado a um sistema de Comando e Controlo no Exército Português e será interoperável com forças de outros países da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) através da aplicação do STANAG.

II. ENQUADRAMENTO E ESTADO DA ARTE

Seguidamente à introdução ao artigo, onde é exposta a motivação e os objetivos da mesma, é o momento mais indicado para expor os conceitos militares e técnicos necessários à compreensão das decisões tomadas. Uma vez que o principal

objetivo deste artigo é o desenvolvimento de um sistema de RA que potencie a *situational awareness* do combatente apeado, este capítulo iniciar-se-á com a apresentação de sistemas militares e civis no mesmo âmbito, seguindo com *hardware* e *software* de RA. De seguida, é procurado enquadrar o leitor com o atual sistema do Exército Português, sendo explicada, sucintamente a organização dos Sistemas de Informação e Comunicações (SIC) do Exército Português, abordando os escalões que os usam e quais os objetivos a alcançar através do seu uso. Finalizando o enquadramento militar, são explicadas as normas técnicas do STANAG, que definem os protocolos de partilha de informação dos sistemas supra referidos. O capítulo é terminado com a definição de *situational awareness*.

A. Realidade Aumentada

A RA é um tipo de realidade virtual em que estímulos sintéticos são sobrepostos no mundo real [3], maioritariamente demonstrados através de aparelhos semelhantes a óculos, com ecrãs *see-through* em que é possível ver informação e o mundo real simultaneamente.

B. Sistemas incremento da Situational Awareness em Realidade Aumentada em ambiente militar

Desde os anos 90, vários países iniciaram o desenvolvimento de sistemas militares de RA. Os esforços destas três décadas resultaram em diversos sistemas baseados em equipamentos de RA com ecrãs *see-through* aliados a sistemas de informações militares, demonstrando informações através de HUDs. Os sistemas são apresentados por ordem cronológica, sendo o primeiro o mais moderno.

O *Integrated Visual Augmentation System (IVAS)*, do Exército dos Estados Unidos da América, está a ser desenvolvido através duma parceria com a *Microsoft*, desde 2019 [4]. Este, implementa sensores e câmaras térmicas e de infravermelhos (visíveis na Figura 2(b)), permitindo o seu uso em ambiente noturno e/ou com fumos, agregando diferentes tecnologias num único sistema, permitindo ao militar combater, treinar e preparar operações numa única plataforma. Através de um HUD num dispositivo *Hololens 2*, da *Microsoft*, são demonstradas informações sobre o ambiente circundante do operador, incrementado por *machine learning* para situações de simulação de forças inimigas [4].

A empresa ARA divulgou o sistema *Augmented Reality Command Control Communicate Coordinate (ARC4)* em maio de 2014, visível na Figura 2(c). Este sistema fornece aos comandantes informações sobre o campo de batalha, como a *Common Operational Picture (COP)* [5]. O sistema implementa funções como geo-localização, navegação e marcação de características no ambiente. O sistema também é usado no treino militar, em que o ambiente virtual de campo de batalha é sobreposto no ambiente real [5], [6], permitindo ao militar um treino mais imersivo.

Concluindo a secção sobre RA, é possível averiguar a existência de diversos sistemas com capacidade de aumento da *situational awareness*, quer em ambiente civil, quer em ambiente militar, sendo que, atualmente, o Exército Português,



Fig. 2. Sistemas de RA aplicados a ambiente militar

não dispõe de nenhum, perdendo acesso às eventuais vantagens desta tecnologia. Com os estudos abordados, é possível constatar que o desenvolvimento e desenho de aplicações em RA deve ter em conta a necessidade do militar manter a visão desobstruída, seja esta a central ou a periférica. Assim, a informação deve ser reduzida ao mínimo indispensável, traduzindo texto em linhas e símbolos [7] e demonstrada na zona central e inferior do HUD [8]. Devem ser minimizados os alertas visuais simultâneos, de forma a minorar a existência de efeito de túnel [9].

C. Sistema de Comando e Controlo - Dismounted Soldier System

O sistema de Comando e Controlo para combatentes apeados do Exército Português é o DSS. Este sistema é uma extensão do *Battlefield Management System (BMS)* para os comandantes de Pelotão e comandantes de Secção quando fora dos veículos, permitindo-lhes aceder à COP sem estarem fisicamente nos veículos táticos, conferindo-lhes uma grande vantagem a nível de Comando e Controlo e *situational awareness* [10], [11]. O sistema pode ser acedido através de um terminal de dados com o sistema operativo *Android* (testado até *Android 11*). Este sistema, tal como o BMS, aumentará a comunicação horizontal (entre comandantes apeados) e vertical (entre escalões), sendo uma mais valia para a OTAN, pois tem implementado o STANAG 4677, tendo sido testado no *Coalition Warrior Interoperability eXploration, eXperimentation, eXamination, eXercise (CWIX) 2020* [10]. Os sistemas C4I para o combatente apeado, têm duas configurações, a de comandante, destinada aos comandantes de Pelotão e Secção, equipados com um rádio tático de Secção e um terminal de dados robustecido, programado com o DSS, capaz de exibir a COP, e a versão para os restantes membros do Pelotão, que não têm acesso ao DSS, como é possível observar na Figura 3.

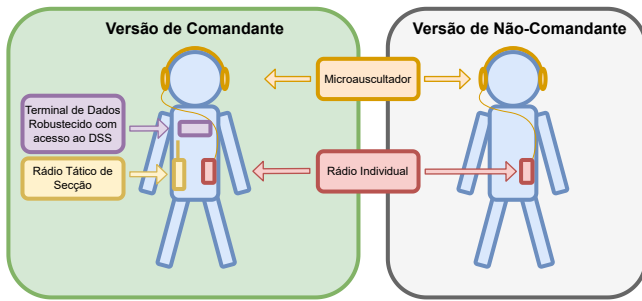


Fig. 3. Versões de equipamento do sistema C4I para combatentes apeados [11]

III. CASOS DE USO

Após a observação na Tabela I, é possível concluir quais os casos de uso de maior pertinência: um sistema que demonstre a localização de forças amigas e inimigas, medidas de controlo da missão, mapa e bússola de modo a minimizar o desconhecimento da posição das unidades no terreno, as falhas de identificação e a má transmissão/receção de ordens através de imagem 3D. É também possível colmatar a lacuna relativamente ao Exército Português, podendo observar a preferência pelo sistema de imagem 3D e a necessidade de um sistema que reduza o uso das duas mãos e da necessidade do foco do utilizador.

IV. SISTEMA

Após a aquisição dos casos de uso, foi iniciado o desenvolvimento do sistema. Neste capítulo será explicado o processo de desenvolvimento do sistema, desde a arquitetura

| Tema | Pergunta | Média | Desvio-padrão |
|---|--|-------|---------------|
| (i) Contacto com Sistemas | Comunicações Militares | 4.3 | 1.2 |
| | C2 | 3.3 | 1.4 |
| | RA | 1.2 | 0.6 |
| (ii) Atual sistema C2 requer | Uso das duas mãos | 3.6 | 1.3 |
| | Foco do operador | 4.2 | 1.1 |
| | Desconhecer posição das Forças Amigas | 4.2 | 1.2 |
| (iii) Redução da SA | Desconhecer posição das Forças Inimigas | 4.0 | 1.1 |
| | Falhas de identificação | 4.2 | 1.2 |
| | Má Transmissão/Receção de Ordens | 4.2 | 1.0 |
| | Falha em consulta de medidas de controlo da missão | 3.7 | 1.1 |
| | Localização das Forças Amigas | 4.5 | 0.8 |
| | Localização Forças Inimigas | 4.6 | 0.8 |
| (iv) Relevância da informação estando em combate | Missão | 3.5 | 1.2 |
| | Bússola | 3.7 | 1.2 |
| | Meteorologia | 2.8 | 1.2 |
| | Carta Militar/GPS/Mapa | 4.0 | 0.9 |
| | Medidas de controlo da missão | 4.2 | 0.9 |
| | Localização das Forças Amigas | 4.8 | 0.7 |
| | Localização Forças Inimigas | 4.6 | 0.8 |
| (v) Relevância da informação não estando em combate | Missão | 2.9 | 1.5 |
| | Bússola | 3.8 | 2.5 |
| | Meteorologia | 2.5 | 1.4 |
| | Carta Militar/GPS/Mapa | 3.9 | 1.3 |
| | Medidas de controlo da missão | 4.3 | 0.9 |

TABLE I

TABELA COM OS RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO APLICADO A 86 MILITARES DO EXÉRCITO PORTUGUÊS PARA AQUISIÇÃO DOS CASOS DE USO.

ESCALA POR TEMA: (I) 1 – NUNCA USEI A 5 – USO/USEI FREQUENTEMENTE; (II) 1 – DISCORDO A 5 – CONCORDO; (III) 1 – NÃO REDUZ A 5 – REDUZ MUITO; (IV) + (V) 1 – NADA IMPORTANTE A 5 – EXTREMAMENTE IMPORTANTE.

do sistema, até ao código final do sistema passando por pontos importantes como o desenho da *User Interface*. O objetivo deste capítulo é explicar os desafios que se apresentaram e as escolhas tomadas, uma vez que escolha da plataforma de desenvolvimento e das ferramentas que a acompanham alteram consideravelmente o percurso do trabalho.

O início do desenvolvimento teve como principal adversidade o desconhecimento sobre como produzir programas em RA. A estratégia adotada para colmatar esta falha de conhecimento foi o uso de equipamento e *software* com vasta documentação, de modo a aumentar as fontes de informação. Assim, o *Hardware* e *Software* escolhido para o artigo tem todo o mesmo fabricante/desenvolvedor, a *Microsoft*, o que facilita a integração do equipamento com os *Software Development Kits* (SDK).

A. Sistema

De modo geral, o sistema está dividido em duas partes fundamentais: uma aplicação de computador (servidor) e outra aplicação nos óculos de RA (cliente). A aplicação de computador, alocada, por exemplo equipamento situado numa tenda num posto de comando, tem como tarefa principal a ligação bidirecional entre o DSS e o equipamento de RA enquanto que a aplicação nos óculos deverá atender à demonstração das informações ao militar no terreno, bem como permitir ao mesmo que envie informações, tal como alertas, para o DSS, como demonstrado na Figura 4(a).

De forma mais particular, demonstrada na Figura 4(b), temos a aplicação de computador dividida em 3 componentes, a *Gateway*, o Terminal e o Servidor. A *Gateway* tem como função principal a receção/envio e conversão de informação entre o DSS e o sistema desenvolvido. O Terminal é empregue com o objeto de visualizar a informação, permitindo ao utilizador intermédio (por exemplo, um Comandante de Companhia) decidir qual informação segue do DSS para o combatente apeado e vice-versa. O servidor, armazena informação sobre unidades no terreno e é responsável por receber/enviar dados entre a aplicação de computador e a aplicação de RA. Os óculos de RA têm apenas um componente principal, o HUD, através do qual, o militar apeado, poderá ver posições de unidades amigas, informações sobre unidades inimigas ou enviar alertas.

B. Imagens do Sistema

A aplicação está dividido entre servidor (Figura 5) e aplicação do HUD (Figura 7).

V. TESTAGEM E AVALIAÇÃO

A. Cenário de Estudo

Foi criado um cenário de estudo, com o objetivo de tornar a experiência mais imersiva ao participante e assim, aumentar o realismo do cenário, amplificando a qualidade do estudo. O cenário é uma operação militar, baseada em doutrina e táticas reais [12], [13], [14], sendo a missão do participante resgatar um refém (que neste cenário será chamado de Very Important Person (VIP)).

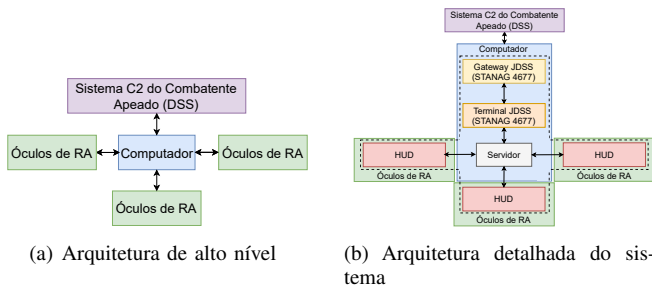


Fig. 4. A arquitetura do sistema segue o modelo servidor-cliente. O servidor está alojado num computador e os clientes são óculos de Realidade Aumentada. A tracejado pode ser observado o trabalho realizado: os 4 componentes (Gateway, Terminal, Servidor e HUD) e a comunicação entre eles

Todos os participantes afirmaram ter conhecimento sobre o atual sistema C4I do Exército Português e estarem familiarizado com o mesmo. Antes do início da missão o participante recebe formação sobre como operar o sistema de RA durante cerca de 10 a 15 minutos e é informado do objetivo do estudo. O participante não recebe formação adicional sobre o atual sistema do Exército Português, uma vez que tem conhecimento sobre o mesmo, devido à sua experiência profissional como militar, adquirida nos cursos de formação inicial do militar (vulgo, recruta), do curso da tropa especial onde está inserido (curso de Comandos) e da sua especialização.

O estudo está dividido em duas fases, a primeira com o sistema de RA e a segunda com o atual sistema do Exército Português. Estas fases são realizadas uma após a outra, tendo como ponto de troca de sistema, a chegada do participante ao VIP. Assim, o VIP, para além de se materializar num objetivo real, semelhante a uma operação militar verdadeira [12], [13], [14], também representa o ponto intermédio do teste em que o participante troca os sistemas. O resumo do estudo pode ser observado na Figura 6. O militar realiza as mesmas tarefas, com cada um dos sistemas, sendo possível aferir a duração e a taxa de erros/sucesso de cada uma das tarefas. A aferição da duração foi realizada através da gravação de som e imagem durante os testes e posterior análise dos mesmos para aquisição do tempo que cada tarefa demorou a ser realizada. Para a verificação da taxa de erros/sucesso, o autor aferiu o mesmo, através da observação direta *in loco*.

Imediatamente antes do início das provas, o participante é informado da localização do VIP e do local onde começará a operação, desconhecendo as tarefas que se realizarão. É informado de que será infiltrado e exfiltrado via helicóptero (isto é, que será colocado e extraído da zona da operação por



Fig. 5. Imagens do mapa do servidor, visível no computador

um helicóptero) com o objetivo de dar mais realismo ao teste, uma vez que na realidade, este se deslocará sempre a pé, e que a sua missão é o resgate do VIP. O militar terá de realizar 6 tarefas com cada um dos 2 sistemas.

- 1) Descobrir localização
- 2) Realizar um pedido de MEDEVAC
- 3) Realizar um relatório de acidente
- 4) Indicar para que lado é Oeste
- 5) Receber uma posição
- 6) Informar posto de comando da localização duma unidade inimiga

No início do estudo, o militar estará a deslocar-se dentro do helicóptero (simulado) com o sistema de RA ligado, sendo-lhe indicado que deverá realizar todas as tarefas com o mesmo. É informado de que um carro de combate inimigo dispara contra o helicóptero e o abate, iniciando assim todo o exercício. De seguida o participante tem de descobrir a sua localização atual e realizar o pedido de evacuação médica e o relatório de acidente. Após estas 3 tarefas, terá de indicar para que lado é Oeste, usando o sistema de RA e receber posições inimigas. A última tarefa é informar o posto de comando da localização de uma unidade inimiga. Após a transmissão da posição inimiga, o militar desloca-se para o VIP, alcançando assim o ponto intermédio do teste, em que é informado de que o seu aparelho de RA ficou sem bateria e deverá utilizar o sistema atual de C4I do Exército Português. Após o aparelho de RA ser retirado do militar, este é informado de que o VIP foi atingido por um tiro numa perna, tendo o participante de relatar ao escalão superior o pedido de MEDEVAC e relatório de acidente. A tarefa seguinte é a indicação do Norte, seguida pela indicação da localização de uma unidade inimiga e pela receção de posições inimigas. O exercício termina quando o militar realiza a última tarefa: a descoberta da sua localização, com o objetivo do helicóptero o ir buscar. Neste estudo foi dado ênfase à verosimilhança com uma operação real, com objetivo de tornar a experiência o mais real possível, dando ao militar uma experiência que lhe permita avaliar os sistemas de forma autêntica.

B. Resultados

Com os resultados obtidos dos 3 questionários e do tempo de realização medido, foram realizados teste-T para amostras pareadas/emparelhadas (*paired samples T-test*) entre o Sistema de RA e o Sistema atual do Exército Português, para a obtenção de resultados.

Para avaliar a usabilidade do sistema, foi empregue o SUS. Como referido no início do capítulo, foram realizados *paired samples T-test*, tendo sido observada **uma diferença**

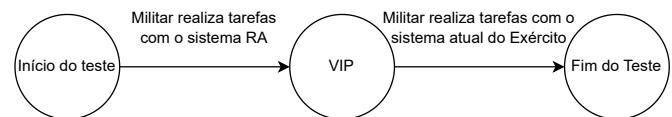


Fig. 6. Aspeto geral do estudo



Fig. 7. Imagens do que o militar observa

significativa na (1) Usabilidade entre o Sistema de RA (M = 70.19, DP = 12.97) e o Sistema Atual do Exército Português (M = 52.50, DP = 14.83); $t(12) = 4.20, p = 0.001$, visível no lado esquerdo da Figura 9.

1) *NASA-Task Load Index*: A carga mental subjetiva, foi avaliada através do NASA-TLX, sendo realizados seis *paired samples T-test*, dos quais **três foram estatisticamente significantes** (Exigência Física, Exigência Temporal e Esforço) sendo o sistema proposto melhor avaliado que o sistema atual nas três categorias. Foi observada uma diferença significativa no (1) **Exigência Físico** (*Physical Demand*) auto-reportado entre o Sistema de RA (M = 3.77, DP = 4.27) e o Sistema Atual do Exército Português (M = 5.77, DP = 5.46); $t(12) = -2.38, p = 0.035$. Também o (2) **Exigência Temporal** (*Temporal Demand*) auto-reportado foi menor no Sistema de RA (M = 8.54, DP = 5.41) e o Sistema Atual do Exército Português (M = 10.92, DP = 6.36); $t(12) = -2.18, p = 0.05$. Relativamente ao (3) **Esforço** (*Effort*) auto-reportado, houve uma diferença significativa entre o Sistema de RA (M = 7.77, DP = 4.66) e o Sistema Atual do Exército Português (M = 10.15, DP = 5.32); $t(12) = -2.64, p = 0.02$.



(a) Percurso com Sistema de RA (b) Percurso com Sistema Atual do Exército

Fig. 8. Percurso dos dois sistemas em estudo

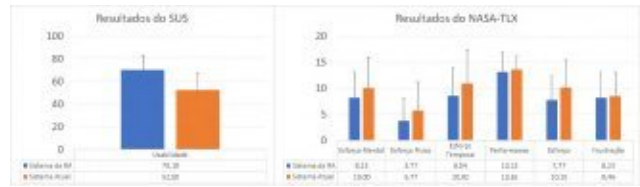


Fig. 9. Gráficos com os resultados do SUS (lado esquerdo) e do NASA-TLX (lado direito)

2) *Situational Awareness Rating Technique*: A avaliação da *situational awareness* foi realizada através do SART, tendo sido realizados catorze testes, dos quais **quatro foram estatisticamente significantes** (Complexidade, Qualidade da Informação, Familiaridade e Exigência). Foi observado um valor estatisticamente relevante na (1) **Complexidade** tendo o Sistema de RA registado (M = 2.88, DP = 1.21) e o Sistema Atual (M = 4.04, DP = 1.57); $t(12) = -1.04, p = 0.05$. Na (2) **Qualidade da Informação** foram registados valores significantes entre o Sistema de RA (M = 5.69, DP = 0.95) e o Sistema Atual (M = 3.54, DP = 1.94); $t(12) = 3.37, p = 0.01$. Também para a (3) **Familiaridade** foi registado um valor estatisticamente significativo entre o Sistema de RA (M = 2.96, DP = 1.65) e o Sistema Atual (M = 4.31, DP = 1.69); $t(12) = -2.70, p = 0.02$. Foi observado um valor estatisticamente significativo na (4) **Exigência** (*Demand*) para manter a *situational awareness* entre o Sistema de RA (M = 2.97, DP = 0.82) face ao Sistema Atual do Exército Português (M = 3.78, DP = 1.); $t(12) = -2.64, p = 0.02$.

3) *Métricas Objetivas*: Nas métricas objetivas foram medidos os tempos de execução de várias tarefas que os militares devem executar quando estão apeados [12], [13], podendo os resultados ser observados na Figura 11. Foram realizados seis *t-tests*, sendo **três estatisticamente significativos**. Houve uma diferença significativa nos (1) **alertas de MEDEVAC e Acidente** para o escalão superior entre o Sistema de RA (M = 17.42, DP = 13.17) e o Sistema Atual do Exército Português (M = 50.77, DP = 7.08); $t(12) = -7.80, p = 0.01$. Foi observada uma diferença significativa relativamente à (2) **Receção de Posições Inimigas** entre o Sistema de RA (M = 27.45, DP = 15.17) e o Sistema Atual do Exército Português (M = 51.92, DP = 15.79); $t(12) = 2.34, p = 0.04$. Houve também uma diferença significativa no (3) **Número de Erros** realizados pelo utilizador entre o Sistema de RA (M = 0.08, DP = 0.28) e o Sistema Atual do Exército Português (M = 0.77, DP =

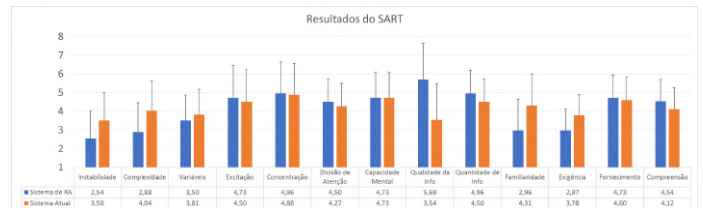


Fig. 10. Gráfico com os resultados do SART

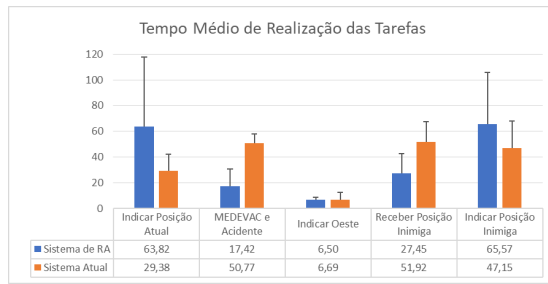


Fig. 11. Gráfico com o tempo de execução das tarefas

0.73); $t(12) = -3.32$, $p = 0.01$.

VI. CONCLUSÕES

Terminada a dissertação, é possível refletir sobre os contributos da mesma, confrontando o trabalho realizado com os objetivos definidos. O questionário elaborado demonstrou-se como uma ferramenta importante, demonstrando as vontades e necessidades dos militares do Exército Português através das quais foram levantados os casos de uso que o sistema deveria colmatar. Este questionário também foi significativo em suprir a inexistência de literatura sobre RA militar em Portugal, no contexto de militares apeados. Assim, este questionário apresenta-se como um dos principais contributos da dissertação.

A *Gateway* foi desenvolvida, estando funcional e capaz de receber informações no formato do STANAG 4677, contudo não foi possível testar a mesma diretamente com o DSS. O objetivo de testar com o DSS é a demonstração da capacidade do sistema desenvolvido de ser interoperável com sistemas de outros países da OTAN, o que não foi possível aferir, uma vez que este sistema ainda se encontra em fase de implementação no Exército Português, não sendo por isso testar a *Gateway* com o mesmo. O desenvolvimento do sistema abrange também o desenho e criação do HUD em RA, tendo este sido testado no Regimento de Comandos por 13 militares. O HUD foi testado e avaliado, tendo sido confrontado com o atual sistema de Exército Português, onde foram obtidos resultados relevantes tais como uma usabilidade 25% maior que o sistema do Exército, uma redução do esforço 31% menor que o sistema atual e uma diminuição do número de erros em cerca de 90%.

Através das entrevistas, questionários e avaliações foi aferido que é possível aumentar a capacidade de Comando e Controlo e de *situational awareness* dos combatentes apeados quando usam o sistema de RA. Foi concluído que a RA é uma tecnologia viável para aplicação militar, no âmbito dos sistemas de C2, com o objetivo de aumento da *situational awareness*. Isto deve-se primariamente à demonstração da informação do sistema C2, sobreposta ao mundo real, acelerando os processos que os militares realizam no terreno, como a receção de posições ou a emissão de alertas. Apesar destas conclusões e resultados encorajadores, é necessário dar ênfase ao facto de que o sistema proposto não pode ser colocado no campo de batalha de modo imediato. Existem melhorias a ser feitas, não só no sistema mas também no

hardware. Esta dissertação demonstra-se assim como uma prova de conceito da RA aplicada aos Sistemas de Combate do Soldado.

REFERENCES

- [1] M. Silva, *Plano de Implementação do Sistema de Informação e Comunicações Tático (SIC-T)*. Divisão de Comunicações e Sistemas de Informação, Estado-Maior do Exército, 2011.
- [2] Exército Português, *PDE 2-00 Informações, Contra-Inteligência e Segurança*. Estado-Maior do Exército, 2009.
- [3] North Atlantic Treaty Organization, "Official NATO Terminology Database." [Online]. Available: <https://nso.nato.int/natoterm/Web.mvc>
- [4] D. Bach. U.S. Army to use HoloLens technology in high-tech headsets for soldiers. [Online]. Available: <https://news.microsoft.com/transform/u-s-army-to-use-hololens-technology-in-high-tech-headsets-for-soldiers/>
- [5] "ARC4: Advanced Augmented Reality Technology - ARA." [Online]. Available: <https://www.ara.com/arc4/>
- [6] X. You, W. Zhang, M. Ma, C. Deng, and J. Yang, "Survey on urban warfare augmented reality," *International Journal of Geo-Information*, 2018.
- [7] E. Sabelman and R. Lam, "The real-life dangers of augmented reality," *IEEE Spectrum*, no. 7, pp. 48–53, Jul. 2015, conference Name: IEEE Spectrum.
- [8] R. Rzayev, P. Woźniak, T. Dingler, and N. Henze, "Reading on Smart Glasses: The Effect of Text Position, Presentation Type and Walking," in *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Montreal QC Canada: ACM, Apr. 2018, pp. 1–9. [Online]. Available: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3173574.3173619>
- [9] Z. McDonald, "Augmented Reality HUDs: Warning Signs and Drivers' Situation Awareness," p. 100, 2016.
- [10] Exército Português, *Revista Mensagem 2020 - Boletim Informativo do Regimento de Transmissões*. Arma de Transmissões, 2020.
- [11] C. Ribeiro, *Plano de Implementação: Redes Táticas de Rádio de Combate ou Combat Net Radio (CNR)*. Direção de Comunicações e Sistemas de Informação, 2017.
- [12] Exército Português, *PDE 3-00 Operações*. Estado-Maior do Exército, 2012.
- [13] —, *PDE 3-01 Tática das Operações de Combate*. Estado-Maior do Exército, 2016.
- [14] —, *PDE5-00 Planeamento Tático e Tomada de Decisão*. Estado-Maior do Exército, 2007.