



Realidade Aumentada Aplicada aos Sistemas de Combate do Soldado

Alferes-Aluno Tm Carlos Gomes
TPO Transmissões

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 a direita, resultados sobre foco do operador e a esquerda, sobre uso

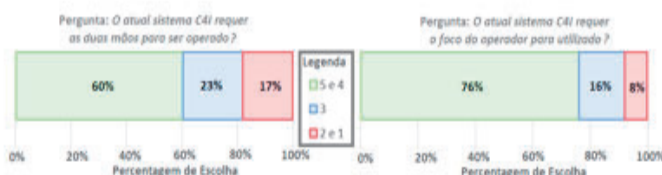


Fig. 1. Resultados do questionário relativamente ao uso das mãos (esquerda) e a redução do foco do utilizador (direita). 5 representa concordância total e 1 representa discordância total, com a pergunta colocada

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



objetivo deste artigo e o desenvolvimento de um sistema de RA que potencie a *situational awareness* do combatente apeado, este capítulo iniciará-se 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. Sistema de Comando e Controlo - Dismounted Soldier System

O sistema de Comando e Controlo para combatentes apeados do Exército Português e 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 a COP sem estarem fisicamente nos veículos táticos, conferindo-lhes uma grande vantagem a nível de Comando e Controlo e *situational awareness* [4], [5]. 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 [4]. 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.

III. CASOS DE USO

Após a observação na dos resultados do questionário, e 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 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 a 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 2(a).

De forma mais particular, demonstrada na Figura 2(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 dividida entre servidor (Figura 3) e aplicação do HUD (Figura 4).

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

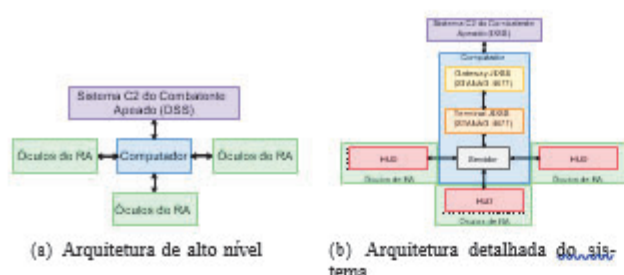


Fig. 2. A arquitetura do sistema segue o modelo servidor-cliente. O servidor esta alojado num computador e os clientes são óculos de Realidade Aumentada. A tracejado pode ser observado o trabalho realizado: os 4 componentes (Gateway, Terminal, Servidor e HUD) e a comunicação entre eles

cenário e uma operação militar, baseada em doutrina e táticas reais [6], [7], [8], sendo a missão do participante resgatar um refém (que neste cenário será chamado de *Very Important Person* (VIP)).

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 a sua experiência profissional como militar, adquirida nos cursos de formação inicial do militar (vulgo, recruta), do curso da tropa especial onde esta inserido (curso de Comandos) e da sua especialização.

O estudo esta 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 [6], [7], [8], também representa o ponto intermédio do teste em que o participante troca os sistemas. 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

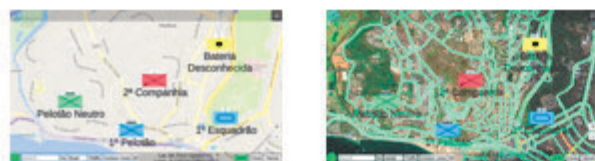


Fig. 3. Imagens do mapa do servidor, visível no computador



Fig. 4. Imagens do que o militar observa

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 um helicóptero) com o objetivo de dar mais realismo ao teste, uma vez que na realidade, este se deslocara sempre a pé, e que a sua missão e 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 devesse 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 e 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 devesse 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 e 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 a verosimilhança com uma operação real, com objetivo de tornar a experiência o mais real possível, dando

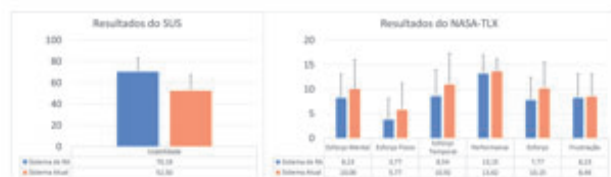


Fig. 5. Gráficos com os resultados do SUS (lado esquerdo) e do NASA-TLX (lado direito)

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 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 5.

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 ($M = 10.15$, $DP = 5.32$); $t(12) = -2.64$, $p = 0.02$.

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 ($M = 3.78$, $DP = 1.0$); $t(12) = -2.64$, $p = 0.02$.

3) **Métricas Objetivas**: Nas métricas objetivas foram medidos os tempos de execução de várias tarefas que os militares devem executar quando estão apeados [6], [7], podendo os resultados ser observados na Figura 7. 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 a **(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 ($M = 0.77$, $DP = 0.73$); $t(12) = -3.32$, $p = 0.01$.

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 e 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



Fig. 6. Gráfico com os resultados do SART

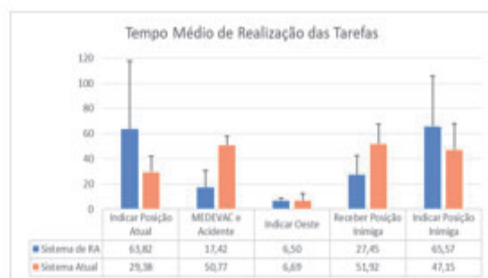


Fig. 7. Gráfico com o tempo de execução das tarefas

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 a 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-Informação 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] Exército Português, *Revista Mensagem 2020 - Boletim Informativo do Regimento de Transmissões*. Arma de Transmissões, 2020.
- [5] C. Ribeiro, *Plano de Implementação: Redes Táticas de Rádio de Combate ou Combat Net Radio (CNR)*. Direção de Comunicações e Sistemas de Informação, 2017.
- [6] Exército Português, *PDE 3-00 Operações*. Estado-Maior do Exército, 2012.
- [7] —, *PDE 3-01 Tática das Operações de Combate*. Estado-Maior do Exército, 2016.
- [8] —, *PDE5-00 Planeamento Tático e Tomada de Decisão*. Estado-Maior do Exército, 2007.

