

Repositório ISCTE-IUL

Deposited in *Repositório ISCTE-IUL*:

2018-12-11

Deposited version:

Post-print

Peer-review status of attached file:

Peer-reviewed

Citation for published item:

Ramos, G., Nunes, P. J: T. S., Rouco, J. C., Domingues, M. A. R. C., Dias, M. S., Resende, J. R. P....Dias, L. S. (2018). Planeamento do treino de combate em ambiente urbano, utilizando realidade virtual e aumentada. In 3rd International Symposium on Command and Leadership.: CINAMIL.

Further information on publisher's website:

--

Publisher's copyright statement:

This is the peer reviewed version of the following article: Ramos, G., Nunes, P. J: T. S., Rouco, J. C., Domingues, M. A. R. C., Dias, M. S., Resende, J. R. P....Dias, L. S. (2018). Planeamento do treino de combate em ambiente urbano, utilizando realidade virtual e aumentada. In 3rd International Symposium on Command and Leadership.: CINAMIL.. This article may be used for non-commercial purposes in accordance with the Publisher's Terms and Conditions for self-archiving.

Use policy

Creative Commons CC BY 4.0

The full-text may be used and/or reproduced, and given to third parties in any format or medium, without prior permission or charge, for personal research or study, educational, or not-for-profit purposes provided that:

- a full bibliographic reference is made to the original source
- a link is made to the metadata record in the Repository
- the full-text is not changed in any way

The full-text must not be sold in any format or medium without the formal permission of the copyright holders.

DOCÊNCIA: METODOLOGIA E FERRAMENTAS PEDAGÓGICAS

**PLANEAMENTO DO TREINO DE COMBATE EM AMBIENTE URBANO,
UTILIZANDO REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA**

Arquiteta Guida de Jesus Macedo Ramos, gjmrs@iscte-iul.pt
ISCTE-Instituto Universitário de Lisboa, ISTAR-IUL

Tenente Coronel Paulo Jorge Tavares dos Santos Nunes
nunes.pjts@mail.exercito.pt, Escola das Armas

Tenente Coronel José Carlos Rouco, carlos.rouco@yahoo.com
Departamento de Ciência e Tecnologia Militar, Academia Militar

Capitão Marco António Ribeiro Caldas Domingues
domingues.marc@mail.exercito.pt, Escola das Armas

Professor Miguel Sales Dias, miguel.dias@iscte-iul.pt
ISCTE-Instituto Universitário de Lisboa, ISTAR-IUL

Professor José Ricardo Pontes Resende, jrpre@iscte-iul.pt
ISCTE-Instituto Universitário de Lisboa, ISTAR-IUL

Engº Luís Santos Dias, luis.dias@iscte-iul.pt
ISCTE-Instituto Universitário de Lisboa, ISTAR-IUL

ABSTRACT

Urban areas are increasingly the predominant combat scenario and pose great difficulties to military commanders due to their complexity, presence of civilians, unpredictability and difficulty of communication. The infrastructures of the Centre for Combat Training in Urban Environments of the School of Arms, of the Portuguese Army in Mafra, Portugal, are well suited for training of combat planning of small combat units, from platoon up to company level, with a building campus called "Aldeia Camões", a command and control room and a shooting range simulator, suitable for the use of national and international military and security forces. This is the appropriate place for development and testing of technologies that can increase training capabilities in the planning and execution of military operations in urban areas. This article presents the results obtained with a solution that uses Virtual and Augmented Reality technologies to support Planning of Combat Training in Urban Areas in the mentioned "Aldeia Camões" campus. This solution adopts the paradigm of the "virtual sandbox", which, in analogy with its physical version, allows both the classic visualization of the ground plan, its urban elements and forces in presence, as well as the switching for an exploration of the campus within a 3D virtual environment, in a first-person mode, supporting also annotations in both modes and several other tools to support the planning of training of military operations in urban environments.

Keywords: Command, Leadership, Augmented Reality, Simulation, Combat in Urban Environment.

RESUMO

As áreas edificadas são cada vez mais o cenário de combate predominante e as que maiores dificuldades apresentam aos comandantes militares pela sua complexidade, presença de civis,

imprevisibilidade e dificuldade de comunicação. O Centro de Formação e Treino de Combate em Ambiente Urbano da Escola das Armas do Exército Português possui em Mafra, Portugal, infraestruturas de treino e planeamento de combate de pequenas unidades até ao nível da companhia, com um edifício denominada “Aldeia Camões”, uma sala de comando e controlo e um simulador de tiro para utilização dos ramos militares e de segurança, nacionais e internacionais. Este é o local apropriado para desenvolvimento e teste de tecnologias que poderão aumentar as capacidades ao nível do treino do planeamento e execução de operações militares em áreas edificadas, ao nível de pelotão e companhia, visando uma maior eficácia e economia no treino. Este artigo apresenta os resultados obtidos com uma solução que utiliza tecnologias de Realidade Virtual e Aumentada, para apoio ao Planeamento do Treino do Combate em Áreas Edificadas, ou Combate em Ambiente Urbano (CAU), no espaço “Aldeia Camões” atrás referido. Esta aplicação adota o paradigma da “Caixa de Areia ” Virtual”, o qual, em analogia com a sua versão física, permite tanto a visualização clássica do terreno em planta, seus elementos urbanos e forças em presença, como a comutação para uma exploração do mesmo em ambiente virtual 3D, em modo de primeira-pessoa, suportando ainda anotações, nos dois modos e diversas outras ferramentas de apoio ao planeamento do treino de operações militares em ambiente urbano.

Palavras-chave: Comando, Liderança, Realidade Virtual, Realidade Aumentada, Simulação, Combate em Ambiente Urbano

1. INTRODUÇÃO

A complexidade dos atuais e futuros espaços urbanos são um grande desafio para as operações militares, implicando cada vez mais o uso das tecnologias digitais, de modo a responder da melhor forma a cada tipo de operação urbana (Livingston et al., 2002). O combate em áreas edificadas é um cenário crítico nas operações militares modernas, pois as doutrinas, táticas e técnicas operacionais tradicionais são dificultadas quando se trata de compreender os diversos fatores reais, tais como a complexidade do território urbano, a ocultação e o disfarce dos defensores, a colocação de armadilhas e de atiradores especiais em pontos estratégicos, a qualidade do armamento, a blindagem dos carros de combate, a artilharia pesada ou o apoio aéreo, e a possível utilização de civis como escudos humanos e que podem ser difíceis de distinguir dos combatentes (milícias armadas ou *gangs*). É neste tipo de ambiente edificado, que os comandantes devem dar resposta a possíveis ataques e estarem preparados para acontecimentos imprevisíveis que possam surgir, comunicando aos seus subordinados ordens que se enquadram em cada tipo de operação (Portela, Rouco, & Gladkikh, 2015). Com sociedades cada vez mais modernizadas, surge a necessidade de adoção, por parte das Forças Militares em particular, as nacionais, de recursos tecnológicos avançados atualmente já disponíveis, nas suas operações de combate em ambientes urbanos, de modo a que as suas missões sejam bem sucedidas. As tecnologias de Realidade Virtual e Aumentada são dois exemplos dessas tecnologias já hoje disponíveis, muito apropriadas para visualização e interação natural, as quais possibilitam a criação de cenários com condições para que os comandantes executem as suas tarefas e missões com sucesso, e para que os militares sob o seu comando, consigam aperfeiçoar as respetivas habilidades táticas e operacionais.

Neste trabalho, os autores apresentam os primeiros resultados do projeto CINAMIL PTC - Planeamento do Treino de Combate em Áreas Edificadas, utilizando Realidade Virtual e Aumentada o qual, tirando partido destas tecnologias, facilita as atividades de planeamento do treino de operações militares em ambiente urbano, ao nível de pelotão e companhia, em particular, na área edificada da “Aldeia Camões”, um espaço urbano construído para esse efeito no Centro de Formação e Treino de Combate em Ambiente Urbano (CFTCAU), da Escola das Armadas do Exército em Mafra. A Escola dispõe de técnicas tradicionais de auxílio ao referido planeamento, como é o caso da “caixa de areia”, que serve o propósito de explicar aos formandos os procedimentos de tarefas e missões para as operações, neste caso, em áreas urbanas.

O desenvolvimento da solução aplicacional, foi antecedido por uma fase de levantamento de requisitos com os militares investigadores autores deste artigo, a qual desenvolveu as *personas* e cenários aplicáveis, e ajudou a compreender as necessidades que são exigidas nas operações militares

urbanas. Após a disponibilização do primeiro protótipo funcional da solução, esta foi testada com sucesso, quer em ambiente de realidade aumentada quer em ambiente de realidade virtual, na Escola de Armas do Exército em Mafra.

2. ESTADO DE ARTE

2.1. COMANDO E LIDERANÇA

Com as alterações topográficas dos territórios provocadas pela implementação de conjuntos urbanos, as operações militares deparam-se com uma maior complexidade de ambientes e situações que exigem maior capacidade para preparar e responder a todo o tipo de desafios que possam surgir. É neste contexto de operações urbanas militares, que a posição do líder é fundamental para a tomada de decisões, espírito de liderança e controle, de modo a motivar os seus subordinados para uma maior eficiência e eficácia nas operações (Portela et al., 2015).

O processo de decisão em Planeamento de Operações depende fortemente do conhecimento do cenário, uma vez que as decisões são baseadas no estado atual e na antecipação dos acontecimentos futuros. Baseado no princípio dos guerreiros gregos, “o primeiro entre iguais”, o termo Liderança caracteriza-se pelo “*processo de influenciar o outro para cumprir uma missão, fornecendo um propósito, direção e motivação*” (cit. Portela et al., 2015). Conceito este, requer a obrigatoriedade de cada líder militar demonstrar constantemente as suas qualidades físicas e psicológicas “*num ambiente altamente complexo e stressante*” (cit. Portela et al., 2015), perante os seus subordinados para um maior desempenho operacional.

Os modos clássicos de representação de informação topográfica podem, com grande vantagem, ser complementados por aplicações de Realidade Virtual (VR) e Realidade Aumentada (AR), tanto em processo de treino em combate como de planeamento. Estas aplicações apresentam a mesma informação bidimensional de um mapa tradicional, com a vantagem de poder mostrar níveis de detalhe diferentes conforme o nível de *zoom*, podendo ainda alternar para modos de visualização tridimensional, como as perspetivas aéreas ou de navegação ao nível do solo. Apesar de requererem uma aprendizagem na sua utilização, cada vez menor, fruto da crescente literacia digital, e de serem menos robustas e transportáveis que o papel, permitem uma maior consciência do cenário físico onde se vai desenrolar a ação, resultando numa melhor preparação das operações urbanas.

2.2. REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA EM CONTEXTO MILITAR

Nos últimos dois anos, tem-se verificado um rápido progresso nas tecnologias digitais de Realidade Virtual e Realidade Aumentada e na sua adoção e exploração por diversas indústrias. As Forças Armadas são um dos ramos pioneiros na incorporação destas tecnologias (veja-se os casos de projeção de informação nos capacetes de pilotos e de utilização de simuladores de veículos e armas militares, por exemplo), e tem vindo a explorar outros cenários de utilização, em particular, nas tropas terrestres apeadas, para garantir melhor eficácia e segurança e redução de custos, nomeadamente em treino e formação (Ramos, 2017, p. 120 e 124).

A primeira experiência que se conhece de ambientes imersivos, data de 1962, tendo sido realizado por Morton Heilig (Heilig, 1962) dos EUA, quando desenvolveu o Sensorama, um sistema de imersão não interativo, baseado numa projeção de um filme, mas que envolvia os cinco sentidos. O Sensorama conseguia exibir imagens estereoscópicas 3D com uma visão em grande angular, proporcionar inclinação do corpo, som estéreo, fontes de vento e aromas distintos, durante a projeção do filme. Em 1968, Ivan Sutherland da Universidade de Utah, EUA, com a ajuda de seu aluno Bob Sproull, criaram o primeiro sistema de RV com um *Head-Mounted Display* (Sutherland, 1965).

Mais tarde na década de 1980, Jaron Lanier adota o termo de Realidade Virtual, que apesar das suas diversas definições, é considerada “*como sendo uma interface avançada que permite ao utilizador visualizar, manipular e interagir em tempo real num ambiente virtual tridimensional puramente sintético (matemático) e previamente concebido, ao mesmo tempo que faz uso de dispositivos de interação multissensoriais*” (cit. Ramos, 2017, p. 115). Em 1992, surge um novo conceito, o de Realidade Aumentada - RA, introduzido por Tom Caudell e David Mizell (Caudell & Mizell, 1992) dois empregados da Boeing, que necessitavam de simplificar o processo de fabricação industrial numa

linha de montagem do Boeing 747: a colocação de fios elétricos em mais de 1000 pranchas distintas. A solução encontrada foi utilizar uma prancha universal, sendo os feixes de fios virtuais registados na prancha em RA. Esta nova tecnologia pode definir-se como a apresentação de informação virtual que melhora a percepção cognitiva do mundo real por parte do utilizador. De acordo com Azuma (Azuma, 1997), a melhoria de percepção, exige as seguintes 3 características mandatórias: (1) deve combinar ambientes reais e virtuais; (2) deve ser interativa e com resposta em tempo real; (3) a informação virtual deve estar registada no ambiente real em 3D. Tecnicamente, estas características são conseguidas, em cada instante de tempo, pela calibração inicial e seguimento de uma câmara virtual, cujos parâmetros do respetivo modelo matemático, são calculados e atualizados em tempo real, de forma a que correspondam à posição e orientação do observador da cena real, usando uma câmara real. Mediante técnicas de Computação Gráfica 3D, a câmara virtual permite então colocar (registar) objetos virtuais, de qualquer forma e topologia, no mundo real, através de uma projeção perspetiva. Os conceitos de Realidade Aumentada e Realidade Virtual, foram posteriormente consolidados por Milgram e Colquhoun em 1999 (Milgram & Colquhoun, 1999), com a introdução do contínuo de Realidade Mista (RM – Figura 1), onde a Realidade e a Virtualidade (Realidade Virtual) são dois extremos e onde as aplicações RM se podem considerar ou de Realidade Aumentada (RA) ou de Virtualidade Aumentada (AV), consoante os elementos virtuais sejam, respetivamente, menos ou mais preponderantes.

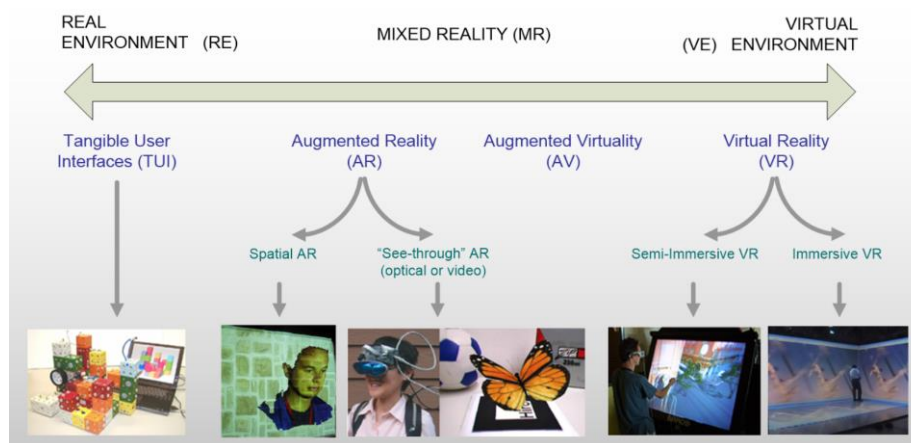


Figura 1 - Representação esquemática de *Continuum Mixed Reality (MR)*.

No contexto das Forças Armadas, estas tecnologias podem facilitar as atividades dos operacionais, sobretudo quando estes têm que realizar tarefas complexas. Em (Pedro & Maia, 2017), as vantagens da Realidade Aumentada, já foram demonstradas, nos casos da realização de procedimentos de manutenção e montagem num carro de combate blindado (Pedro & Maia, 2017).

3. PROJETO “PLANEAMENTO DO TREINO DE COMBATE EM ÁREAS EDIFICADAS, UTILIZANDO REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA”

3.1. A ALDEIA CAMÕES DA ESCOLA DE ARMAS DO EXÉRCITO

Em Mafra, na Escola das Armas do Exército, localiza-se o CFTCAU onde, como se disse, é dada a formação ao Exército Português, às forças de Segurança como a Guarda Nacional Republicana, aos militares da NATO, da União Europeia e ainda, dos Países de Língua Oficial Portuguesa. Designado por Aldeia Camões (Figura 2), o local serve o propósito de instruir e formar militares, desenvolvendo as capacidades físicas e psicológicas exigidas (Ramos, 2017, p. 160). Para esse fim, estão à disposição 12 edifícios, uma sala de comando e controlo e um simulador de tiro, os quais se encontram interligados por uma rede autónoma de som e vídeo (Figura 2). Para além disso, a Escola das Armas tem vindo a aperfeiçoar, desde junho de 1996, o processo de instrução e formação através da concretização de um conjunto de componentes doutrinários, humanas, tecnológicas e infraestruturais, ambicionando ser um Centro de Excelência NATO (Machado, 2012).



Figura 2 - Vista aérea da “Aldeia Camões” (Escola das Armas).

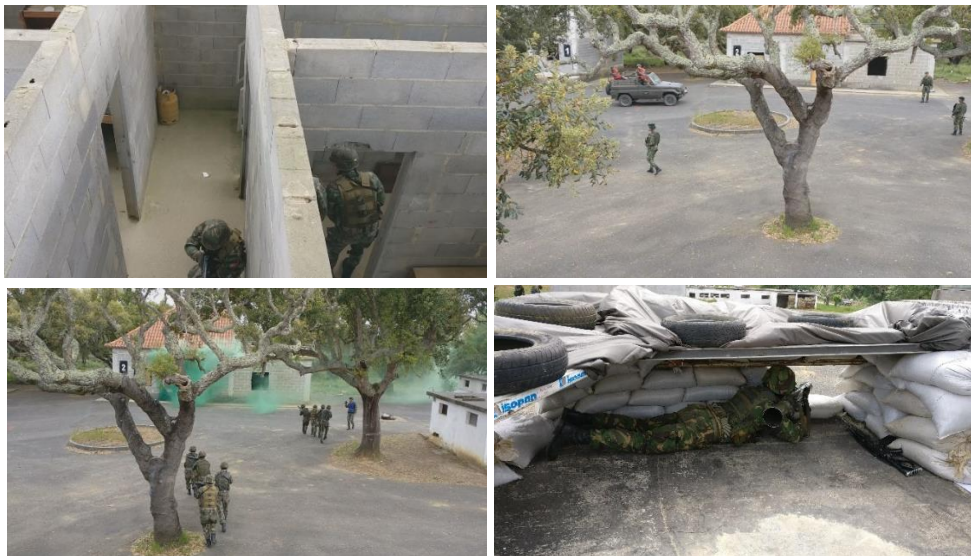


Figura 3 - Imagens reais do treino militar na “Aldeia Camões”.

Existem algumas limitações à exploração das ótimas condições que são proporcionadas na Aldeia Camões, nomeadamente, os custos para a realização de sessões de treino real; o facto do simulador de tiro não proporcionar uma experiência ao militar em treino que se assemelhe ao Centro, nem suportar configurações urbanas nos seus ambientes de tiro; a sala de comando e controlo remoto, que dispõe de uma ligação de rádio e vídeo, falha no que respeita a ferramentas computacionais de planeamento e simulação de treino de combate em áreas edificadas.

3.2. PARCERIAS E OBJETIVOS DO PROJETO

No âmbito do Programa da Investigação, Desenvolvimento e Inovação do Exército, através do CINAMIL, a Escola das Armas (EA) em consórcio com o CINAMIL (Academia Militar) e o Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL), viu aprovado pelo Estado Maior do Exército (EME), em 2016, um projeto de investigação na área da simulação e da realidade virtual e aumentada, denominado “Planeamento do Treino de Combate em Áreas Edificadas, utilizando Realidade Virtual e Aumentada”. Este projeto veio dar resposta ao tipo de limitações identificadas, ao nível do planeamento do treino de Combate em Ambientes Urbanos (CAU) a desenvolver no Centro de Formação e Treino de CAU (CFTCAU) da Escola das Armas, em particular, na Aldeia Camões. O projeto visa incorporar capacidades tecnológicas inovadoras, para melhorar o processo atualmente estabelecido de planeamento do treino deste tipo de combate, permitindo que os comandantes, desde pequenas unidades (Pelotão, Seção e Equipa) até ao nível da companhia, sejam capazes de liderar eficazmente e de proporcionar a capacidade de imersão aos soldados num ambiente operacional realista, sem colocar em risco a segurança dos mesmos.

Posto isto, apresentam-se as características principais destas tecnologias:

- Visualização estereoscópica em Realidade Aumentada de modelo 3D a uma escala reduzida, com a representação fiel do terreno, edifícios e mobiliário exterior e interior, bem como da

representação gráfica simbólica de militares e civis ou inimigos, visando auxiliar o comando militar na realização das referidas operações de planeamento;

- Visualização estereoscópica de representações virtuais à escala real do modelo em Realidade Virtual destinado a todo o pessoal militar que participa nas operações;
- Conformidade com padrões militares da NATO.



Figura 4 - Esquícios sobre carta militar 1:25 000 e “Caixa de Areia” para planeamento de operações militares no terreno.



Figura 5 - Esquema em planta da Esquadra/Seção e fotografia de um atirador para cobrir ângulos de fogo.

É neste contexto que a utilização de ambientes virtuais de áreas urbanas e a constituição da “caixa de areia”, possibilitam abrir um leque de oportunidades futuras de evolução do treino de pequenas unidades, evitando o desgaste de material e de equipamentos dispendiosos e permitindo que as missões e tarefas de alto risco sejam executadas com o conhecimento pormenorizado da realização do combate no interior dos edifícios.

3.3. PERSONA E CENÁRIO DE UTILIZAÇÃO

De forma a orientar o levantamento de requisitos funcionais do sistema desenvolvido, orientado para as tarefas de planeamento dos comandantes de pequenas unidades, foi inicialmente criada uma persona e um cenário de utilização, que passamos a descrever.

Persona Pedro Matos, 26 anos, Tenente de Infantaria, Comandante de Pelotão

O Tenente Pedro Matos é comandante do 1º Pelotão de Atiradores da 2ª Companhia Mecanizada de Atiradores do Batalhão de Infantaria Mecanizado de Lagartas. Desempenha a função há 2 anos e encontra-se na fase final de treino de táticas, técnicas e procedimentos (TTP's) de CAU. A sua companhia deslocou-se à EA para usufruir, durante uma semana, do CFTCAU. Ele conhece a aldeia de treino, uma vez que, durante o seu curso de infantaria, já teve a oportunidade de treinar neste local. Contudo, espera poder tirar partido de alguns meios que foram desenvolvidos pelos últimos projetos de investigação. Recorda-se de ouvir os seus camaradas, que servem na EA, comentar acerca de um novo modelo 3D do CFTCAU.

Cenário de Planeamento do Treino de um Pelotão

O Tenente Pedro Matos, durante o *briefing* semanal do seu comandante de companhia, é informado que esta vai culminar o seu treino de CAU em Mafra, com a realização de um exercício de uma semana. É referido que o seu pelotão irá dispor da totalidade do CFTCAU, bem como do novo

modelo 3D da aldeia para treino. Este último desperta a sua atenção, embora pense se será assim tão necessário para o desempenho da sua função. O Tenente Pedro Matos costuma usar, para o seu planeamento, uma carta topográfica 1:25000 e fotografia aérea retirada do Google Maps ou do SIGOpMil. Depois de chegar à EA e instalar o seu pelotão, o Tenente Pedro Matos, juntamente com os outros comandantes de pelotão, recebe a Ordem Preparatória N°1 (OPrepN°1) e é marcada a hora da Ordem de Operações (OOp) da companhia. Começa a analisar os dados iniciais fornecidos e recolhe os meios que lhe são disponibilizados. O modelo 3D é fornecido em ficheiro informático, algo que não lhe agrada muito. Porém, ligou o seu *tablet* e abriu a nova aplicação PTCAU (Planeamento de Treino de Combate em Áreas Urbanas), para se acostumar à mesma. À hora marcada, apresenta-se no Posto de Comando (PC) da sua companhia, onde lhe é dada a OOp. Reparou que o seu comandante de companhia usou o modelo 3D para apresentar o terreno e o enquadramento urbano da Aldeia Camões aos seus comandantes de pelotão. Como tem um projetor, foi fácil. Porém, o Tenente Pedro Matos conta apenas com o seu pequeno *tablet*.

Pedro inicia o seu planeamento de acordo com a sequência dos procedimentos de comando de tropa. Pedro já sabe quais são os edifícios que terá de limpar e controlar e, por isso, preocupa-se em analisar as plantas dos mesmos, disponibilizadas pela aplicação PTCAU. Depois de escolher a sequência de limpeza, levanta posições para poder apoiar pelo fogo a ação do 2º Pelotão. Reparou, ao comutar da visão aérea em planta, para a visão de solo, que o modelo 3D está construído à escala e que permite ver os limites de observação de cada janela, o que acha ótimo para marcar os limites dos setores de tiro. Vai precisar deles para preencher a sua matriz de fogos diretos. Verificou, também, que as plantas dos subterrâneos estão disponíveis.

Quando terminou o seu planeamento, deu a sua OOp aos seus comandantes de Seção. Usou o *tablet* para apresentar ao pormenor o terreno e a sequência das operações do seu pelotão. Contudo, e uma vez que nem todos dispõem de *tablet*, acabou por realizar um esboço do terreno para os seus comandantes de secção poderem retirar apontamentos.

A partir da análise deste *cenário* derivámos um conjunto de funcionalidades do sistema PTCAU que propomos, que se descrevem na secção seguinte, e que associámos a um conceito que apelidámos de “Caixa de Areia Virtual”. Ressaltam as vantagens proporcionadas por um modelo de uma “caixa de areia virtual”, que inclui a modelação 3D precisa da Aldeia Camões. Um tal modelo possibilitará ao Comandante de um pelotão, durante uma tarefa de planeamento, a observação, tanto à escala reduzida 1:25000 como à escala real, das posições importantes no terreno proporcionando uma melhor compreensão dos melhores locais para posicionar a sua equipa (pelotão), por forma a criar a sua matriz de fogos diretos. A disponibilização de tecnologia apropriada (equipamentos informáticos e software) para todos os comandantes de pelotão de uma dada companhia, contribuirá para que cada um possa realizar o planeamento do treino das respetivas equipas, sem necessidade de se dirigirem ao local físico da “Aldeia Camões”.

3.4. A CAIXA DE AREIA VIRTUAL

Para a satisfação dos requisitos derivados do cenário “Planeamento do Treino de um Pelotão”, no contexto do conjunto de pelotões que compõem uma companhia, torna-se necessário, de início, desenvolver um modelo 3D do espaço físico da da “Aldeia Camões”, suficientemente abrangente em termos espaciais de modo a incluir as forças em questão, incluído as inimigas (da ordem dos 6 km²), e suficientemente preciso de forma a simular com elevado grau de realismo, a situação real.

A partir de observações e levantamentos realizados no local, usando fotografia, recolha video, medidores de distância laser e fita métrica, do modelo digital de terreno georeferenciado disponibilizado pelo Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGeoE), e das plantas e alçados fornecidos pela Escola das Armas, bem como de outros elementos gráficos, adquiridos ou livremente disponibilizados pela comunidade científica, desenvolvemos o modelo base de suporte à “caixa de areia virtual”, ou sejam, a geometria e topologia do modelo virtual 3D da “Aldeia Camões” e da sua envolvente.

A construção do modelo virtual, dividiu-se em várias partes: modelação do terreno, dos edifícios e da vegetação. Nesta fase os autores adotaram as seguintes plataformas e soluções tecnológicas básicas: (1) AutoCAD para análise e extração dos desenhos e modelo digitais de terreno fornecidos; (2) Revit BIM: uma solução que julgamos ser a que melhor se adequa à realização da modelação

rigorosa dos edifícios e terreno, devido ao rigor e precisão que este apresenta; (3) Unity 3D: uma solução largamente adotada quer no mercado, quer na academia, para modelação, animação e desenvolvimento de jogos em 3D, programável (Python, C#) que inclui um sistema complexo de objetos com comportamentos pré-programados, materiais para síntese de imagem, com o qual desenvolvemos o ambiente virtual 3D da “Aldeia Camões”. Este sistema permite uma visualização em *laptop*, *tablet* e ainda, em RA com um dispositivo do tipo HoloLens (Microsoft, n.d.), ou em RV, com dispositivo do tipo Oculus Rift (Oculus Rift, n.d.).

O modelo digital de terreno da Tapada de Mafra, que inclui a “Aldeia Camões”, foi fornecido pelo CIGeoE, ao abrigo de um protocolo de cooperação estabelecido entre o CINAMIL, o CIGeoE e o ISTAR-IUL. Este modelo digital foi processado no AutoCad, onde se extraiu um retângulo com aproximadamente 2 km x 3 km com centro na “Aldeia Camões”. Esta dimensão permite realizar o planeamento ao nível de uma companhia.

Foram modelados também dois complexos de edifícios que fazem parte da expansão em curso da “Aldeia Camões”. a partir dos seus projetos de Arquitetura, fornecidos em formato digital CAD pela Escola de Armas. São estes o Complexo Árabe e o Complexo Industrial.

Os modelos dos edifícios e do terreno foram exportados para o formato 3D FBX, que foram depois importados para o motor de jogos Unity, para se proceder à construção do ambiente de simulação, tendo sido necessário recorrer a um *plugin* de conversão entre formatos, para geração do modelo do terreno. No terreno foram aplicadas texturas, árvores de pequeno e grande porte, vegetação rasteira, estradas e simulado o efeito do vento, de forma a aproximar-se do ambiente real.

Após isto, foi necessário desenvolver toda a lógica computacional em C#, da solução que satisfaz os requisitos exigidos para o planeamento das operações, derivados do cenário “Planeamento do Treino de um Pelotão”.

Criámos um menu inicial do sistema (Figura 6), que incorpora um conjunto de opções que suportam o início do planeamento do treino. Existem dois modos de visualização, a saber, a vista aérea (Figura 7 esquerda) e a de solo (Figura 7 direita). A primeira, que representa o paradigma de interação do comandante com uma carta militar à escala de 1: 25000, consiste numa vista ortográfica (logo planimétrica), centrada na “Aldeia Camões”, onde é possível fazer a aproximação e o afastamento da vista e a movimentação da mesma, ao longo dos eixos horizontais. Existe ainda a possibilidade de serem desenhadas linhas em vista de topo, característica essencial para que o comandante consiga explicar as tarefas e estratégias das operações, como acontece no processo manual, com os esboços feitos em cima de cartografia à escala 1:25000 (Figura 4 esquerda), tendo a vantagem de uma maior precisão através da aproximação e afastamento ao terreno. Torna-se assim viável fazer marcações a diversas escalas, o que é impossível na carta militar em versão papel. Existe também um painel de inventário, onde está apresentada a simbologia adotada, que pode ser graficada no modelo, podendo numa fase mais final englobar toda a simbologia militar.

É possível alternar da vista aérea em planta para vista no solo. Esta última, disponibiliza uma facilidade de exploração e navegação no espaço virtual (Figura 7, direita), onde se consegue explorar o modelo à escala real, em modo de primeira pessoa (Figura 8). Para tanto, na vista aérea, basta posicionar o centro do ecrã na posição onde o utilizador vai iniciar a navegação no terreno e comutar entre a vista aérea e a de solo. Este último modo de navegação permite perceber no terreno e de forma eficaz e eficiente, se o que está a ser planeado para a operação se enquadra com os objetivos pretendidos. Neste modo de navegação é ainda mostrado um mini-mapa com indicação da localização em planta e do norte cartográfico e magnético, permitindo a posição do utilizador no terreno (Figura 7, canto superior direito). Estes comportamentos de troca entre modos de visualização, colocação de simbologia em planta e indicação do norte cartográfico e magnético são requisitos importantes, cuja satisfação envolveu a criação de imagens geradas em *Photoshop* e a programação em C#.



Figura 6 - Menu de entrada para início do processo de planeamento do treino de combate em ambiente urbano.

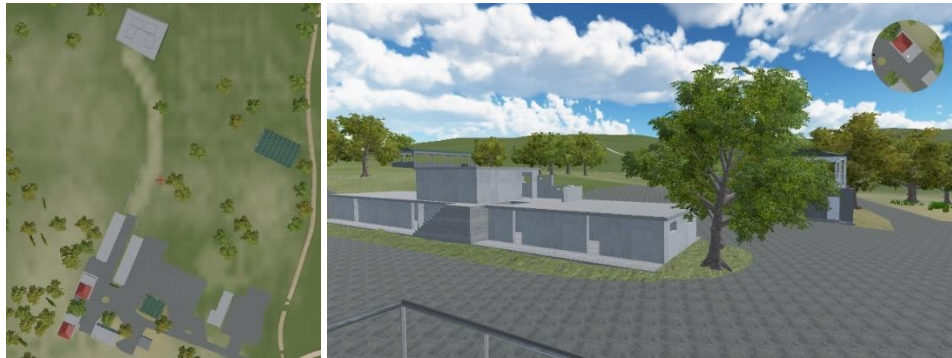


Figura 7 - Modelo 3D em vista de ortográfica (2D) aérea com cruz encarnada no centro do terreno (esq.) e em vista 3D de solo, de primeira pessoa, do terraço do edifício 2, com mini-mapa no canto superior direito (dir.).



Figura 8 - Modelo 3D, vista em primeira pessoa a partir do primeiro piso do edifício 4.

A partir do desenvolvimento do sistema em plataforma *Unity*, conseguem-se obter duas abordagens enriquecedoras e distintas de interação, quando se associam dispositivos de visualização apropriados, nomeadamente, para realidade aumentada ou para realidade virtual.

Interação em Realidade Aumentada

O dispositivo mais apropriado para uma experiência interativa em realidade aumentada, é o já referido Microsoft HoloLens, com o qual o comandante consegue discortinar objetos tridimensionais, em modo estereoscópico, sobrepostos (registados) no mundo real, sendo uma interação mais apropriada para a exploração de modelos à escala reduzida, ou em modo de primeira pessoa (Figura 9 em baixo). Do ponto de vista tecnológico, o dispositivo HoloLens é autónomo e trabalha com o *Windows 10*. Usa uma unidade de processamento holográfico da Microsoft, que inclui 28 DSP (Digital Signal Processors), especialmente dedicados à fusão de informação sensorial e ao reconhecimento de fala, reconhecimento de gestos e reconstrução do espaço físico 3D envolvente. Dispõe ainda de um CPU e GPU de 32 bit da Intel e de bateria.

Este dispositivo, do tipo óculos *optical see-through*, porque permite a visualização ótica do espaço físico real, com o registo de objetos virtuais, pesa 579 g e dispõe ainda de um conjunto variado de sensores que permitem reconstruir e posicionar o utilizador no referencial cartesiano do espaço físico onde o utilizador se encontra, possibilitando assim a visualização em realidade aumentada e ainda, a interação com gestos, a saber:

- sistema de localização inercial com acelerómetro triaxial, giroscópio e magnetómetro;
- sensor RGBD (captura em cada pixel, a cor RGB e a profundidade no referencial do dispositivo, com um ângulo sólido de 120°x 120°;
- 4 outros sensores de visão.

O dispositivo, dispõe além disso, dos seguintes sensores adicionais:

- sensor de luz ambiente;
- câmara HD de 2.4 MPixel para captar vídeos e fotos;
- *array* de quatro microfones para captar instruções de fala dos utilizadores;
- um par de pequenos altifalantes estéreo, proporcionando som binaural 3D, com uma função de transferência relacionada com a cabeça que pode ser personalizada, em conjunto com os sons do meio ambiente;
- micro USB.

Este tipo de experiência caracteriza-se por proporcionar um nível de imersão mais limitado, mas possibilitando a movimentação do utilizador no espaço de forma mais natural e com uma experiência interativa multimodal muito rica, envolvendo a fala e os gestos.

Interação em Realidade Virtual

Para uma experiência imersiva em Realidade Virtual, adotámos um projetor, computador de alto desempenho gráfico 3D e o dispositivo de visualização Oculus Rift. Com estes dispositivos, o utilizador é completamente retirado da realidade e fica imerso no ambiente virtual, que pode explorar sozinho com grande realismo, ainda que com limitações de movimentação no espaço e as conhecidas reações de diversos utilizadores às contradições entre o interface visual e a vestibular, que ocorrem neste tipo de experiências, podendo conduzir nalguns casos a enjoos e tonturas. Refira-se que este tipo de fenómenos não tem sido reportado na literatura, relativamente a experiências de Realidade Aumentada com dispositivos do tipo *optical see-through*.

Finalmente, com um dispositivo do tipo *tablet*, os comandantes podem interagir, quer em modo de realidade aumentada, que em modo de realidade virtual (neste caso, não imersiva), de forma condicionada pela pequena dimensão do ecrã e por terem de manipular o *tablet* com a mão. No entanto, é um equipamento mais barato e igualmente robusto. Estes aspetos são evidentes na Figura 9, parte esquerda. Na parte direita da mesma figura, apresentamos o modelo da “Aldeia Camões” a uma escala reduzida, numa visualização com o HoloLens, havendo o registo em tempo real da imagem sintética do modelo com a realidade do espaço de laboratório do ISTAR-IUL e ainda, a interação com o conteúdo aumentado de modalidades como o gesto, a fala e a movimentação do utilizador.



Figura 9 – Interação em Realidade Aumentada, com *Tablet*, com visualização de geometria 3D sobre mapa (esquerda) e Microsoft HoloLens com visualização de um « modelo à escala da “Aldeia Camões” (direita).

Em ambas as experiências, não é necessária a presença física dos militares no espaço da “Aldeia Camões”, pois qualquer militar que tenha acesso à nossa solução Unity, pode realizar a simulação e participar numa experiência de planeamento de treino no referido espaço. No entanto, é preciso ter um local apropriado, controlado e seguro para acolher o sistema, o qual permita aos militares alguma liberdade de movimentação pelo espaço.

3.5. RESULTADOS PRELIMINARES

Numa fase preliminar do desenvolvimento do modelo tridimensional da “Aldeia Camões”, realizámos testes preliminares com peritos, nomeadamente, os dois investigadores militares envolvidos no projeto, o Tenente-Coronel Paulo Nunes e o Capitão Marco Domingues. Estes militares realizaram experiências de utilização da nossa solução PTCAU - Planeamento do Treino do Combate em Ambiente Urbano, nos dois modos de interação suportados, a saber, o modo em Realidade Aumentada utilizando HoloLens (Figura 10, esquerda), e o modo em Realidade Virtual com recurso a Oculus Rift e *Laptop* (Figura 10 direita). Verificaram-se reações bastante positivas, tendo sido mencionado que a interação em Realidade Aumentada seria mais vantajosa para um cenário de planeamento de treino que envolvesse vários comandantes em reunião, e a interação em Realidade Virtual teria mais impacto na ligação entre o plano proposto pelo comandante de pelotão e os seus subordinados.



Figura 10 - Experiência com HoloLens (esq.) e Oculus Rift (dir.).

4. CONCLUSÕES, CONTRIBUIÇÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

É inegável que a tecnologia estará cada vez mais presente nos conflitos. O grande desafio é encontrar o equilíbrio entre a utilidade real, a facilidade de utilização, a robustez e a economia. Trabalhos como o presente procuram não só ser úteis no imediato, mas também experimentar caminhos de futuro. Sendo certo que cada exército tem especificidades próprias, dificilmente uma solução desenvolvida exteriormente será capaz de se ajustar às necessidades concretas, sendo por isso tão importantes estas parcerias.

A solução PTCAU - Planeamento do Treino do Combate em Ambiente Urbano, especialmente desenvolvida para o Centro de Formação e Treino de Combate em Ambiente Urbano da Escola das Armas do Exército Português, aqui descrita, inspira-se na tradicional “Caixa de Areia”, uma ferramenta popular no contexto militar, para auxiliar esta atividade de planeamento. Neste artigo, apresentamos uma versão digital deste tipo de ferramenta, segundo agora o paradigma da “Caixa de Areia Virtual”, concretizada pela solução PTCAU a qual adota tecnologias de realidade virtual e aumentada. Esta solução, baseada em Unity, procura manter as capacidades da solução clássica, que tem provas dadas, adicionando novas capacidades que permitem a maior compreensão do terreno, dos edifícios e das ameaças. Um protótipo da solução PTCAU encontra-se já disponível para avaliação militar, tendo uma versão inicial do mesmo sido testada na Escola das Armas, com resultados muito promissores.

Através deste artigo procurámos dar a conhecer o trabalho em curso e também recolher contributos para o seu desenvolvimento. Estas tecnologias ficarão à disposição de todos os militares possibilitando-lhes adquirir capacidades para responder de forma eficaz e eficiente às operações de combate em ambiente urbano.

Apontam-se dois tipos de objetivos futuros deste trabalho. No quadro deste projeto CINAMIL, pretendemos finalizar o desenvolvimento das funcionalidades propostas, nomeadamente a marcação de zonas de vistas no terreno (quer em 2D, quer em 3D), a capacidade de desenho e inserção de símbolos e texto com significado militar, sendo que toda esta informação pode ser adicionada e excluída à medida que as ideias de estratégia vão surgindo, sem esquecer a adaptação dos militares

aos interfaces e experiências interativas e a todo o tipo de equipamento envolvido. Está prevista igualmente uma fase próxima de avaliação da usabilidade e de satisfação das tarefas de planeamento, por parte de um painel alargado de militares da Escola de Armas, cuja análise permitirá refinar a solução e realizar o balanço entre as capacidades desta ferramenta, o seu custo, a sua usabilidade e facilidade de utilização, ajustando da melhor forma as experiências interativas em realidade aumentada e realidade virtual, aos requisitos do cenário de planeamento do treino de combate em ambiente urbano. Desta forma poderemos viabilizar uma adoção desta solução, no futuro próximo, pelo Exército Português.

Num quadro mais alargado, pretende-se cimentar a parceria entre o centro de investigação ISTAR-IUL, o CINAMIL e a Escola de Armas, para desenvolvimento de ferramentas tecnológicas de apoio à missão das Forças Armadas Portuguesas.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é co-financiado pelo Exército Português, no âmbito do projeto CINAMIL 2017-PTC “Planeamento do treino de combate em áreas edificadas, utilizando realidade virtual e aumentada”.

REFERÊNCIAS

- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385. Retrieved from <http://www.cs.unc.edu/~azuma>
- Caudell, T. P., & Mizell, D. W. (1992). Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. In *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences* (pp. 659–669 vol.2). Kauai, HI, USA: IEEE. <https://doi.org/10.1109/HICSS.1992.183317>
- Heilig, M. (1962). Sensorama, US Patent #3,050,870 . Retrieved from <https://www.google.com/patents/US3050870>
- Livingston, M. A., Rosenblum, L. J., Julier, S. J., Brown, D., Baillet, Y., Swan Li, J. E., ... Hix, D. (2002). An Augmented Reality System for Military Operations in Urban Terrain. In *In The Interservice/Industry Training, Simulation & Education Conference (IITSEC)* (Vol. 1, p. 8). Orlando, FL. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/803f/7987dbdad11d5d0625681e6e4d8f9c068ca1.pdf>
- Machado, M. (2012). Mafra: Combate em Áreas Edificadas no Caminho da Excelência. *Operacional*. Retrieved from <http://www.operacional.pt/mafra-combate-em-areas-edificadas-no-caminho-da-excelencia/>
- Microsoft. (n.d.). Microsoft HoloLens | The leader in mixed reality technology. Retrieved February 14, 2018, from <https://www.microsoft.com/pt-pt/hololens>
- Milgram, P., & Colquhoun, H. (1999). A Taxonomy of Real and Virtual World Display Integration. In *Mixed Reality: Merging Real and Virtual Worlds*, Ohmsha & Springer-Verlag, 1, 5–30. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.32.6230&rep=rep1&type=pdf>
- Oculus Rift. (n.d.). Oculus Rift. Retrieved February 14, 2018, from <https://www.oculus.com/rift/>
- Pedro, J., & Maia, M. (2017). Interactive Collaboration Platform in Augmented Reality.
- Portela, F., Rouco, C., & Gladkikh, T. (2015). Leadership Styles and Emotions in the Context of Military Urban Operations. In C. Rouco (Ed.), *ECMLG2015-11th European Conference on Management Leadership and Governance*. Lisbon: Academia Militar.
- Ramos, G. (2017). *Realidade Virtual em Arquitetura: Representação e simulação do campo de treino e formação militar da Aldeia Camões*. ISCTE-Instituto Universitário de Lisboa.
- Sutherland, I. E. (1965). The Ultimate Display. In *Proceedings of the IFIP Congress* (pp. 506–508). Retrieved from <http://worrydream.com/refs/Sutherland - The Ultimate Display.pdf>