

Desenvolvimento de uma plataforma educacional baseada em realidade virtual para treinamento profissional

Development of an educational technology platform based on virtual reality for professional training

Antonio Valerio Netto¹

¹ Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, Brasil

avnetto@unifesp.br

Recibido: 11/09/2020 | Corregido: 13/05/2021 | Aceptado: 29/05/2021

Cita sugerida: A. Valerio Netto, “Desenvolvimento de uma plataforma educacional baseada em realidade virtual para treinamento profissional,” *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, no. 30, pp. 66-73, 2021. doi: 10.24215/18509959.30.e7

Esta obra se distribuye bajo **Licencia Creative Commons CC-BY-NC 4.0**

Resumo

O artigo descreve o desenvolvimento técnico de uma plataforma educacional baseada em realidade virtual, para promover um melhor engajamento dos profissionais da área de segurança em seus treinamentos operacionais. A geração dos conteúdos dos módulos dos treinamentos desse simulador foi baseada em metodologia ativa, mais especificamente PBL (Problem Based Learning). A proposta da simulação virtual é expor o profissional em situações simuladas da sua própria rotina de trabalho. E com isto acompanhar sua forma de reagir e quais são suas reais atitudes perante uma ação espontânea. A proposta do sistema é que seja possível identificar ações inadequadas e orientar o profissional para uma mudança de postura para aprimorar sua competência.

Palavras chave: Realidade virtual; Simulação virtual; Segurança pública e privada; Treinamento; Competência.

Abstract

The article describes the technical development of an educational platform based on virtual reality, to promote a better engagement of security professionals in their operational training. The generation of the contents of the training modules of this simulator was based on an active methodology, more specifically PBL (Problem Based Learning). The purpose of virtual simulation is to expose

the professional to simulated situations of his own work routine. And with this, monitor your way of reacting and what are your real attitudes towards a spontaneous action. The system's proposal is that it is possible to identify inappropriate actions and guide the professional towards a change of posture to improve their competence.

Keywords: Virtual reality; Virtual simulation; Public and private security; Training; Competence.

1. Introdução

Dutra [1] associa a ideia de competência a uma noção de entrega ou resultado. Isto é, aquilo que a pessoa pode e quer entregar à organização. Para o autor, o fato de a pessoa deter competências, habilidades e atitudes (C.H.A) não implica que a organização se beneficie dele – daí a necessidade da entrega. Assim, cabe uma importante distinção entre entrega e resultado. O resultado refere-se a algo pontual, mensurável, com data para acontecer. É influenciado por fatores externos. A entrega tem maior perenidade. Está ligada à capacidade e à contribuição. Referente ao C.H.A, trata-se de um conjunto de relações que possibilita ao profissional desempenhar uma função de forma adequada. O “conhecimento” é um recurso conceitual ou técnico para o exercício de determinada atividade (saber o que fazer e porque fazer). A “habilidade” está relacionada aos elementos cognitivos e psicomotores para executar uma ação (saber como fazer).

E a “atitude” está relacionada a um atributo de personalidade e postura pessoal/profissional para julgar a pertinência da ação (saber agir e querer fazer) [2].

Os treinamentos para competência, em linhas gerais, visam ajudar a desenvolver e a incrementar capacidades pessoais, como, por exemplo, definição de objetivos, assertividade, perseverança, capacidade de resolução de problemas, gestão de conflitos e de tempo, de forma a capacitar os colaboradores para melhor lidar com os variados desafios e as situações-problema que enfrentam diariamente. Principalmente, o pessoal da operação que trabalha externamente as sedes das empresas.

Mas como avaliar continuamente à “atitude” se este propósito pode variar constantemente e não ter um padrão definido. Uma mesma pessoa pode estar nesta semana completamente envolvido e com as atitudes adequadas e na semana seguinte por algum motivo, não ter a mesma atitude diante de uma mesma situação. Hoje em dia, existem formas subjetivas de mensuração de *soft skills* realizadas por atividades escritas, entrevistas, dinâmicas de grupo, entre outros [3], [4], contudo para qualificar e avaliar continuamente o propósito da “atitude” ainda não se encontrou um método adequado e efetivo.

Para este objetivo, a proposta é retomar os pressupostos do processo andragógico [5]: autonomia, experiência, prontidão para a aprendizagem, aplicação da aprendizagem e motivação para aprender; somado ao emprego de metodologias ativas para compor um ferramental alinhado com as expectativas. O *Problem Based Learning* (PBL) mostra-se aderente a este processo [6], pois o mesmo inicia o treinamento criando uma necessidade de resolver um problema não completamente estruturado. Durante esse processo é possível construir o conhecimento do conteúdo e desenvolver habilidades de resolução de problemas, bem como as competências de aprendizagem autodirigida, provendo um ambiente propício para o desenvolvimento meta-cognitivo.

Ao expor o aluno a situações da sua própria rotina de trabalho, é possível acompanhar sua forma de reagir e quais são suas reais atitudes perante uma ação espontânea. Com isto é possível identificar ações inadequadas e orientar o profissional para uma mudança de postura. Em uma pesquisa qualitativa realizada com gestores de instituições privadas e públicas da área de segurança, foram relatados casos onde o profissional de segurança sabia o que fazer e como fazer. Mas no momento que ocorria uma situação que necessitava de uma determinada reação, isto não ocorreu a contento [7].

Neste caso, simular novamente as situações críticas poderia permitir que as atitudes desses profissionais pudessem ser aprimoradas. Na literatura, existem exemplos do emprego da simulação virtual para este propósito [8], [9], [10]. A utilização de simuladores baseado em Realidade Virtual (RV) tem o aspecto de envolver mais pontos de interação, envolvimento e imersão [11]. Não somente para simular o uso da arma de fogo, mas também, para treinar a verbalização, postura

corporal, técnica de OMD (Observar, Memorizar, Descrever), IDA (Identificar, Decidir, Agir), etc. [12]. Inclusive, os simuladores de abordagem foram criados para complementar as atividades dos simuladores de tiro. Antes de atirar, existe um procedimento na área de segurança que vai desde a aplicação da técnica de observação, passa pela verbalização, postura corporal, e posteriormente, o disparo com uma arma. Este tipo de simulador está alinhado com a aplicação da metodologia do uso progressivo/seletivo da força [13], onde a ação deverá se dar de maneira compatível a gravidade da ameaça representada pela ação do infrator, sem se desviar do princípio da legalidade que norteia o processo de uma intervenção.

Este projeto teve como objetivo o desenvolvimento de uma plataforma educacional baseada nos preceitos discutidos anteriormente envolvendo simulação virtual para apoiar o engajamento e a qualificação de profissionais da área de segurança. A geração dos conteúdos para treinamento foi baseada em PBL. Essa plataforma é composta por módulos que se comunicam via tecnologia 3G/4G/Wi-Fi para permitir que os dados dos treinamentos realizados, oriundo dos simuladores, possam ser enviados e armazenados na plataforma *cloud computing*. Como saída do sistema é possível gerar informações de desempenho quantitativo e qualitativo das atividades de treinamento dos alunos. Além de relatórios de periodicidade e execução dos treinamentos individuais por meio da criação de trilhas educacionais personalizadas e da montagem de *ranking* de desempenho de alunos e instrutores.

A proposta de valor da plataforma está relacionada em permitir treinar o profissional em situações práticas específicas de forma escalável e com baixo custo. Além de viabilizar o treinamento de técnicas básicas da área de segurança como OMD e IDA. A plataforma busca promover a personalização do aprendizado acompanhando individualmente o desempenho de cada aluno diante de uma situação problema, propondo a sequencia dos próximos exercícios conforme seu desempenho na atividade anterior. Por fim, o simulador virtual proposto busca utilizar um *hardware* com custo acessível e de fácil suporte para que possa ser escalável, isto é, atender um grande número de profissionais espalhados fisicamente por diversas localizações.

2. Metodologia

Para o desenvolvimento da plataforma foi aplicada a metodologia IVP2 (*Iterative & Visual Project Management Method*) que se baseia no uso dos princípios do gerenciamento ágil de projetos por meio do emprego das estruturas de apoio à gestão. O método possui cinco fases: visão, concepção, projeto detalhado, validação interna e externa, e por fim, encerramento e adoção de tecnologia.

Foram criados os roteiros de treinamento específico para o simulador que serve de base para a construção dos cenários 3D. Nesta ação houve o apoio de um especialista em treinamento para área de segurança. Foi contratada uma empresa de jogos digitais para desenvolver todos os cenários 3D e avatares baseado no roteiro criado. Foi criada uma documentação (*game design*) do roteiro que serviu para a equipe de modelagem 3D fazer a criação dos objetos e cenários virtuais. Alguns foram criados manualmente outros foram adquiridos em *site* de venda de modelos 3D prontos. Essa modelagem (formato *fantastic* para melhorar o realismo das cenas) foi construído no *software* "Cinema 4D" e depois importada para o UNITY. A parte de animação dos avatares também foi desenvolvida pela empresa que utilizou um *software* de captura de movimentos baseado no *kinect* para poder reproduzir os movimentos corporais dos avatares.

Foi criado um roteiro específico para o simulador considerando uma situação de assalto dentro uma agência de banco no momento do abastecimento de um ATM (*Automatic Teller Machine*) ou caixa eletrônico. O profissional é imerso neste cenário 3D por meio do avatar do vigilante e terá que vivenciar uma situação crítica para poder tomar uma atitude. Este tipo de exercício é acompanhado por um instrutor que orienta o profissional na melhor forma de agir, etc. E depois, o avalia de forma subjetiva conforme sua reação durante o exercício. No caso do cenário 3D, o mesmo foi construído baseado na utilização do HMD que permite, além da visão 360°, a interação corporal (andar, abaixar, etc.). Utilizando um dispositivo *tracker* foi possível rastrear os movimentos da mão e da arma no ambiente virtual. Todos os resultados dos treinamentos são enviados para a plataforma, de forma *online* (se o simulador estiver conectado a Internet) ou de forma *off-line* onde um *pendrive* é utilizado para transferir dados do simulador para um computador que tenha acesso a Internet.

Foi realizado um estudo dos dados de entrada e um levantamento de requisitos específicos para aplicação dos métodos analíticos. O objetivo desse levantamento foi criar uma base de conhecimento e modelar as entradas do sistema inteligente, além de propor as saídas desse sistema. A meta foi o levantamento dos requisitos para medir o desempenho do profissional conforme ele executava as atividades da sua trilha educacional. Essas informações permitem que o sistema forneça um relatório de desempenho indicando se o profissional está: qualificado, moderado, requer melhoria ou requalificar. Com relação à Interface de Usuário (UI), a mesma foi criada utilizando a ferramenta Unity3D, sendo uma UI inicial para *login* de usuário, e uma UI principal para navegação e seleção de alunos para treinamento.

Por fim, foram realizados os testes de uso com a equipe técnica do projeto (QA - *Quality Analyst*) para execução dos testes de usabilidade, caixa preta (funcional) e caixa branca (estrutural); e o teste de validação com um grupo de instrutores da área de segurança liderados pelo consultor técnico do projeto (instrutor aposentado do

Grupo de Ações Táticas Especiais da polícia militar do estado de São Paulo – GATE/PMESP e atual instrutor de empresa de transporte de valores) para avaliar a percepção do uso do sistema (fase de validação interna). Neste caso, os usuários realizaram as atividades de treinamento, e posteriormente, foi realizada uma entrevista em profundidade (pesquisa qualitativa) com cada um deles.

3. Arquitetura e descrição do sistema

Inicialmente, o foco foi no desenvolvimento da plataforma para servir como um centralizador de dados. Por se tratar de um projeto que utiliza uma gama variada de tecnologias e dispositivos, como: *mobile application* (APP), simuladores e sensores para medição fisiológica; a plataforma *cloud computing* foi projetada para integrar e controlar o fluxo de informações. A comunicação do *cloud* com as demais partes do projeto se baseia em uma arquitetura do tipo cliente-servidor e no estilo arquitetural REST (*Representational State Transfer*). Desta forma, todas as interações com ela são realizadas por meio de operações independentes disponibilizadas na forma de serviços, também chamados de APIs (*Application Programming Interface*). O protocolo de comunicação utilizado para requisitar estes serviços, ou APIs, é o HTTPS (*Hyper Text Transfer Protocol Secure*).

Com relação ao simulador, o mesmo foi desenvolvido usando o *framework* Unity3D [14] e a linguagem de programação C#. O simulador atua em conjunto com o *cloud*, buscando os dados cadastrados para o treinamento que estão no servidor, e executando a simulação correspondente para o aluno. Posteriormente, os resultados do treinamento são enviados para o *cloud*. O desenvolvimento do simulador foi dividido em quatro etapas: desenvolvimento da interface de usuário, criação da lógica referente a acesso e sincronização, incorporação do dispositivo *tracker* ao projeto, calibração da mão e arma do usuário, e por fim, implementação do conteúdo da simulação (roteirização). O simulador utiliza um HMD (*Head Mount-Display*) para aumentar os níveis de imersão, envolvimento e interação. Neste caso, os óculos 3D são ligados a uma entrada USB de um computador que possui uma placa gráfica de alta *performance* para poder executar a simulação. Foram testados três modelos de HMD sendo escolhido o HTC Vive [15] devido a presença de *tracker* externo, o que poderia facilitar o rastreamento da mão e da arma de fogo.

A UI de *login* (Figura 1) foi concebida para apresentar informações referentes à última data de sincronização do sistema e também a versão da mesma. Dessa forma, os usuários já poderiam saber se uma sincronização com a plataforma *cloud* seria necessária antes mesmo de realizar o *login* no sistema. Também nessa UI é habilitada a área para reconhecimento da câmera para leitura do *QR Code* para o *login* no sistema. Sendo que cada usuário tem um *QR Code* para sua identificação pessoal.



Figura 1. Interface inicial da plataforma de treinamento para entrada do usuário

A UI principal (Figura 2) foi desenvolvida visando facilitar a navegação por parte do usuário instrutor. É apresentado a esse usuário uma tela com sua foto, previamente cadastrada na plataforma e uma mensagem de bem-vindo. Conjuntamente, é apresentada uma área para leitura de *QR Code*, que aguarda a leitura do *QR Code* de um aluno e de uma arma cadastrada, de forma a configurar qual será o aluno que irá treinar e qual o armamento que o mesmo utilizará durante a simulação.



Figura 2. Interface inicial da plataforma de treinamento para entrada do usuário

Na UI principal, também estão especificadas outras seções com informações sobre o sistema e seu histórico de uso. As seções dispostas são: “Sincronização” utilizada para realizar uma sincronização *online* ou *off-line* do sistema; “Estatísticas” onde são mostradas informações como tempo total de uso do simulador, total de alunos treinados, total de treinamentos concluídos; “Sobre” contendo informações a respeito do histórico de uso do sistema, assim como um histórico de detecção de *QR Code* falsos ou adulterados para tentar entrar no sistema. Também são mostradas informações como número de série, versão, última sincronização; “Ajuda” onde existe um vídeo explicativo sobre o funcionamento e uso do sistema, e por fim, “Sair” para fazer *logout* no sistema.

Ao determinar o aluno e a arma, uma nova interface é mostrada, exibindo uma foto e informações do aluno e do armamento, assim como o progresso do aluno na trilha

educacional montada para ele. Um botão de “Iniciar Módulo” aciona o processo de calibração da mão e a arma do usuário. Também existe um botão “Avaliar Aluno” que é liberado logo depois da execução do exercício para permitir que o instrutor avalie de forma subjetiva o aluno.

A lógica de sincronização do simulador é *online*, porém precisou desenvolver uma forma de sincronização *off-line* para o sistema, uma vez que mais de 95% do tempo de uso, o simulador não tem acesso à rede. Visando a sincronização *off-line*, optou-se por realizá-la por meio da troca de arquivos via *pendrive*. Por meio de um computador com acesso à rede, deve-se fazer o *download* dos arquivos de sincronização do *cloud* (dados de trilhas de todos os alunos, assim como as fotos cadastradas no sistema etc.) e salvá-los no *pendrive*. Após este processo, deve-se conectar esse *pendrive* ao simulador para poder realizar a sincronização manual. O sistema foi implementado para evitar sincronização com dados defasados, impedindo sincronizações com arquivos gerados anteriormente à sincronização corrente. A ação de sincronização também analisa a necessidade de sincronizar as imagens do sistema, com uma *flag* especificando a data da última alteração de imagens no simulador. Caso seja a última data de sincronização de imagens no simulador, não será necessário sincronizar as imagens.

Adicionalmente nesse ambiente, foi criada uma UI auxiliar para realizar uma calibração adicional (*offsets*) para a posição da mão virtual em relação ao Vive Tracker e para a rotação do modelo da arma virtual. Como *tracker* é acoplado na região das costas da mão do usuário, o modelo deve ser centralizado nesta posição (determinado pela UI, onde o instrutor auxilia o aluno). De forma análoga, a rotação da arma é ajustada por meio da UI, pelo instrutor, para melhorar a experiência do usuário e realçar a sensação de imersão no simulador. Os *offsets* pertinentes a cada aluno são salvos em arquivos internos do simulador, e carregados sempre que o aluno for realizar uma atividade (Figura 3 e Figura 4).



Figura 3. UI auxiliar para realização da calibração do tracker



Figura 4. Detalhe da visão do sistema na hora da calibração, e na janela lateral, a cena correspondente da ação física apontando uma arma real modificada

4. Simulação

Para a implementação da simulação foi definida uma máquina de estados para auxiliar a detecção das interações. Por meio desse algoritmo foi possível detectar o momento que a arma é sacada pelo usuário e também o momento em que o disparo é efetuado. O usuário é livre para realizar a ação que desejar, seja seguir o caminho natural do treinamento, seja disparar a arma a esmo podendo atingir um civil inocente. As ações do mesmo são pontuadas de acordo a modelagem das ações mapeadas com o apoio do consultor de segurança. Esses dados de *feedback* são incorporados ao arquivo de dados e enviado via Internet a plataforma *cloud*. Foram definidos 12 estados para realizar a simulação:

BEFORE_ASSAULT, EARLY_SHOT, TALK_RADIO, SHOW_WALKIE_TALKIE, RADIO_RESPONSE, HIDE_RADIO, ROBBER_TURN, ATM_LOAD, BANK_PHONE_CALL, FIRST_ROBBER_APPROACH, SECOND_ROBBER_APPROACH, AFTER_ASSAULT_SEQUENCE.

Todos os estados, exceto os dois primeiros e o último, são utilizados para dar sequência às ações dos NPCs (*non-player character*) da cena. A seguir há uma explicação de cada um dos estados:

- **BEFORE_ASSAULT**: simboliza o estado inicial da simulação, onde o usuário é colocado na calçada em frente ao banco onde deve ser realizado o carregamento do ATM. Este estado persiste até o momento em que o mesmo percorre o caminho natural e se encontra na sala dos ATMs, em uma posição estratégica (encostado à parede) para chamar o fiel.
- **EARLY_SHOT**: estado em que o usuário realizou um disparo durante o estado **BEFORE_ASSAULT**, tendo atingido um civil ou não. Ao ocorrer tal ação, a simulação é finalizada.
- **SHOW_WALKIE_TALKIE**: estado consecutivo ao momento em que o usuário se coloca na posição estratégica descrita no estado **BEFORE_ASSAULT**. Neste estado, uma animação na mão do usuário é

disparada e um *walkie-talkie* é mostrado na sua mão. Para aumentar a imersão, foi decidido que o próprio usuário deve realizar a ação de levar o rádio ao rosto para entrar em contato com o fiel.

- **TALK_RADIO**: estado atingido quando o usuário leva o *walkie-talkie* ao rosto. O áudio para se comunicar com o fiel é disparado, e o estado é alterado para **ROBBER_TURN**.
- **ROBBER_TURN**: estado em que o assaltante presente a sala dos ATMs dá uma rápida olhada para o usuário. O estado é então alterado para **RADIO_RESPONSE**.
- **RADIO_RESPONSE**: estado em que um áudio de resposta do *walkie-talkie* é disparado, confirmando sua aproximação.
- **HIDE_RADIO**: estado consecutivo ao anterior. É disparada a animação para a posição da mão do usuário, e o rádio não é mais mostrado. Logo em seguida, o estado é atualizado para **ATM_LOAD**.
- **ATM_LOAD**: estado em que o fiel atravessa a sala dos ATMs em direção ao ATM livre para fazer o carregamento.
- **BANK_PHONE_CALL**: estado seguinte ao anterior, neste momento há um telefonema para o NPC no ATM ao lado do usuário. Uma animação e áudio são disparados.
- **FIRST_ROBBER_APPROACH**: estado consecutivo ao anterior, o ladrão presente a sala dos ATMs aborda o fiel. Os NPCs reagem de acordo com a situação, e o estado é atualizado para **SECOND_ROBBER_APPROACH**.
- **SECOND_ROBBER_APPROACH**: um segundo bandido entra na sala e aborda o usuário. Após este evento, o estado é atualizado para **AFTER_ASSAULT_SEQUENCE**.
- **AFTER_ASSAULT_SEQUENCE**: este é o estado determinado para as ações do usuário, assim como especificado no roteiro da simulação. O usuário possui um “leque de opções” para reagir à situação.

Por exemplo, no caso do bandido apontando a arma para o avatar do usuário (vigilante), e o mesmo não reagindo frente ao assalto, acaba gerando uma determinada pontuação de avaliação e o término da simulação. Caso o usuário saque sua arma, existe um tempo limite para efetuar o disparo, sendo baleado pelo bandido caso o tempo se esgote. Ao disparar a arma, o usuário pode errar o disparo, situação esta, que fará com que os dois bandidos disparem suas armas, baleando o usuário e o fiel (vigilante que carrega o malote). Em um segundo desfecho, ao disparar a arma, o usuário pode ferir um dos bandidos. Nesta situação, o outro bandido dispara contra o seu alvo (fiel ou o próprio usuário). Em outro desfecho, ao disparar a arma, o usuário pode matar um dos bandidos, situação em que o outro bandido foge da cena. Ou mesmo, o tempo da simulação pode se esgotar, de forma a ser

finalizada. Neste caso é atribuída uma pontuação negativa para o usuário.

Como as animações pertinentes ao desenvolvimento da situação de assalto necessitam diversas vezes, de alguma ação do usuário, uma função auxiliar foi desenvolvida. Esta função age como uma rotina, recebendo algum método como parâmetro, juntamente com um valor decimal, e opcionalmente, um estado da simulação. Esta rotina é ativada para que o método designado seja executado após um tempo determinado, alterando o estado corrente da animação em seguida, se for o caso. Por exemplo, no momento em que o fiel caminha para o ATM, o NPC que atende seu celular, deve fazê-lo não ao mesmo tempo, mas durante a travessia do fiel. Portanto, um tempo de *delay* é aplicado para que sua animação seja ativada e que o estado seja alterado.

Ao final da simulação, independente de seu desfecho, o controle retorna ao instrutor que realiza uma avaliação subjetiva do desempenho do aluno por meio da UI do sistema. Essa avaliação também é incorporada aos resultados do treinamento que são enviados pela Internet para o *cloud*.

5. Testes

5.1. Testes funcionais

Foi testada a viabilidade do uso de *tracker* no projeto. O teste foi realizado inserindo o rastreamento de um Vive Tracker dentro da Unity3D, e analisando experimentalmente a precisão do rastreamento do mesmo. Constatada a precisão confiável, buscaram-se formas de conectar o Vive Tracker diretamente ao sistema sem a necessidade de possuir o controle de mão ligado. Após intensa pesquisa em fóruns do assunto, foi realizado o pareamento do *tracker* diretamente com o *headset*. Isto foi possível ao alterar parte do código fonte da biblioteca *SteamVR*, evitando a restrição de pareamento com o *headset*. Dessa forma, os únicos periféricos necessários para a simulação são: os óculos HTC Vive e o Vive Tracker (não precisa mais utilizar o controle de mão).

A próxima sequência de testes realizada envolveu o uso da luva com circuitos para transmissão e processamento de sinais para o *tracker*. Uma interface foi criada para exibir as *flags* correspondentes aos sinais recebidos pelo *tracker*. Em seguida, as ações de segurar a arma e de disparo foram realizadas repetidas vezes, enquanto os acionamentos das *flags* eram observados por esta interface. Outros testes foram realizados acerca da precisão da calibração da mão do usuário, usando o método anteriormente descrito. O processo de calibração foi realizado com doze participantes. Por meio do *feedback* recebido com os testes, foi adicionada uma UI complementar para que pequenas calibrações adicionais fossem realizadas pelo próprio instrutor. Com essas modificações, a etapa de calibração foi validada com êxito. Além disso, foi inserido no sistema um teste de

avaliação da calibração. Trata-se de uma atividade com três alvos posicionados para que o usuário pudesse realizar disparos contra os mesmos e avaliar a calibração realizada. Caso positivo, o sistema entra no módulo de treinamento, caso negativo ele pede para refazer a calibração.

5.2. Testes funcionais

Com relação aos testes de validação em campo, foi montado um pequeno grupo de três instrutores da área de segurança que foram orientados pelo consultor de segurança do projeto, a como utilizar o simulador. Cada instrutor utilizou o sistema de três a cinco vezes. Posteriormente, foram realizadas entrevistas exploratórias com os mesmos para poder captar suas percepções do uso do simulador. Os três são unânimes em citar que é válida a proposta. Um deles, inclusive, foi a primeira vez que teve contato com este tipo de tecnologia (simulador imersivo de abordagem) e os outros dois já conheciam este tipo de ferramenta para treinamento (usaram em feiras da área de segurança nos EUA). Contudo, foram unânimes também em salientar que o sistema não deveria ter conexão física entre os óculos e o computador interno do simulador. Isto dificultava muito a movimentação durante o treinamento. Observaram facilidade no processo de calibração. Um deles aprendeu rapidamente a forma de uso, logo no primeiro teste. Os outros dois, tiveram mais dificuldade no início. Com relação ao aspecto de usabilidade, em linhas gerais, foi positiva a avaliação de todos. Com relação à metodologia aplicada baseada em PBL, todos os três gostaram da abordagem adotada. Entendem que existe coesão em todos os processos e recomendariam o emprego do simulador de abordagem nos procedimentos de treinamento. Dois deles destacaram a questão do momento da atitude perante uma situação problema. Reconhecem que pode ser o caminho para complementar os treinos realizados em ambientes simulados físicos (áreas construídas em alvenaria para promover simulações realísticas).

6. Discussões

O simulador visa à interação do usuário com o mundo virtual da maneira mais natural possível. Por exemplo, para viabilizar que o usuário possa sacar sua arma durante uma situação de confronto, optou-se por utilizar os óculos HTC Vive, junto a um *tracker* do mesmo fabricante, a fim de realizar o rastreamento do usuário e de sua mão. Para o desenvolvimento desse módulo foi utilizado a biblioteca *SteamVR*, que permite a programação de periféricos. Os óculos HTC Vive possibilitam que o aluno se locomova no ambiente virtual da mesma forma como no ambiente real, usando seu próprio corpo (ambiente de 3m x 3m). Em adendo, o usuário pode, a qualquer momento, sacar sua arma do coldre na simulação, e a mesma ação deve ser apresentada no ambiente virtual. É importante frisar que, diferente de alguns jogos e demos disponíveis no

mercado, onde o *tracker* é acoplado diretamente à arma, neste projeto isso não solucionaria o problema descrito, pois o usuário não teria sua arma em mãos o tempo todo, além disso, sua mão não seria rastreada. Foi decidido acoplar o Vive Tracker a uma luva (na parte traseira, nas costas da mão), para que o rastreamento da mão do usuário pudesse ser realizado. Entretanto, esta ação gerou dois problemas: como detectar o momento que a arma é sacada pelo usuário, e como detectar qual a rotação correta para mostrar a mão virtual do usuário, uma vez que o Vive Tracker pode ser acoplado na luva sempre na mesma posição, mas com rotação indefinida.

O primeiro problema foi resolvido com recursos do próprio Vive Tracker. Em sua parte inferior, o dispositivo apresenta pinos para entrada externa de sinais, que correspondem às ações normais que podem ser executadas com os controles Vive (pressionar gatilho, segurar controle, pressionar botão de menu, e pressionar o botão *trackpad* do controle). Para acioná-los, foi desenvolvido um circuito com fita de cobre ligado aos pinos de entrada do *tracker* para transmissão dos sinais digitais. Os sinais são enviados ao *tracker* no momento em que a luva e a arma se tocam durante o ato do usuário segurar a arma, disparando um sinal para o *tracker*. De forma análoga, ao pressionar o gatilho da arma, uma *flag* é enviada ao *tracker*, correspondente à ação de pressionar o gatilho da arma. Portanto, por meio do circuito desenvolvido foi possível detectar a presença da arma na mão do usuário e também o momento correto em que o gatilho é acionado.

O segundo problema estava relacionado à determinação da rotação correta da mão virtual sem ter uma indicação da rotação do acoplamento do *tracker*. Esse problema foi resolvido por meio da programação no Unity3D. Ao acionar o sistema para iniciar o treinamento, primeiramente, aparece um ambiente de calibração. Neste ambiente foi inserido um marcador (uma esfera) para demarcar a posição do *tracker* no ambiente virtual, de forma que o usuário tenha uma referência visual. Em seguida, é pedido que o usuário que segure a arma na mão aperte para frente e aperte o gatilho da arma. Tendo a posição dos olhos do usuário e a posição do *tracker* como referência, foi gerado um vetor resultante que aponta para a mesma direção da mão do usuário (lembrando que o mesmo está com a mão estendida apontando para frente). Esse cálculo é realizado sempre que o gatilho da arma é pressionado.

Considerações finais

A validação técnica do sistema se deu por meio de uma intensa sessão de uso sobre cada componente do simulador. Houve um processo intercalado de desenvolvimento e testes, visando detectar falhas técnicas na medida em que o sistema era construído, facilitando a detecção de erros e correção dos mesmos diretamente no código. Sobre a validação funcional, o mesmo ocorreu de forma satisfatória.

Com relação às dificuldades durante a fase de desenvolvimento do simulador, a principal esteve relacionada às possibilidades da realização de sessões *online*, *off-line* e mista (esta última no caso de cair à conexão, por exemplo), além de salvar e recuperar corretamente os dados das sincronizações *online* e *off-line*. Suponhamos que haja uma sincronização *online*. Inicialmente, todos os dados disponíveis no servidor são enviados ao sistema, o que ocasiona sobrecarga e *overlap* na transmissão dos dados. Para resolver este problema, foi desenvolvido um método para verificação dos módulos na lista de "módulos completados", salvos em arquivo interno. Caso a sincronização *online* acuse que um módulo ainda está por fazer, o sistema checa se o mesmo existe na lista de "módulos completos" enquanto *off-line*. Caso ele esteja lá, o mesmo é ignorado na criação do treinamento do usuário. Esta lista interna também é atualizada para apagar os módulos cujos dados já foram enviados ao servidor. Em uma próxima sincronização, os dados recebidos, serão apenas de módulos que ainda não foram realizados. Portanto, todos os módulos da lista interna que não existirem nesses novos dados advindos da sincronização, deve ser apagado da lista, pois seus dados já foram enviados ao servidor. Isto diminuiu bruscamente a quantidade de dados transmitidos, baixando o tráfego de comunicação de dados em mais de 65%.

Em linhas gerais, a plataforma desenvolvida permite, aos responsáveis pelo treinamento, acesso atualizado à situação de todos os alunos e a realizar ajustes individuais no programa de treinamento de acordo com as necessidades de cada aluno. Além disso, a plataforma possibilita a avaliação dos instrutores com base no desempenho de seus alunos, o que pode gerar uma informação valiosa para melhorar os processos de aprendizagem e garantir que essa esteja sendo aplicada de forma equivalente para todos os alunos independente da região que trabalha ou de quem é o seu instrutor (padronização).

Como trabalho futuro, o projeto deve envolver grupos de vigilantes de transportadora de valores. O objetivo é compreender aspectos relacionados à usabilidade, adesão à tecnologia e se a atividade educacional realmente promoveu a autonomia dos sujeitos do processo educacional, isto é, se gerou situações onde o usuário seria exposto e precisaria decidir qual seria a melhor forma de reação (mudança de atitude). Outro trabalho está na construção de uma metodologia para personalização do ensino baseado em trilhas de aprendizagem para apoiar esta dinâmica da mudança de atitude do profissional de segurança.

Agradecimentos

Ao apoio do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) por meio do seu programa de Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora e ao programa de Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas da FAPESP (Fundação de

Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), número do processo: 16/05880-7.

Referências

[1] J. S. Dutra, *Competências: conceitos e instrumentos para a gestão de pessoas na empresa moderna*. Atlas: São Paulo, 2002.

[2] F. Frezatti, M. L. Borinelli, D. B. Martins and M. M. D. S. B. Espejo, "Análise do desempenho de alunos na perspectiva do "CHA" em disciplina utilizando PBL: o que significa a síntese?," *Revista de Contabilidade e Organizações*, vol. 10, no. 26, pp. 3-19, 2016.

[3] O. Swiatkiewicz, "Competências transversais, técnicas ou morais: um estudo exploratório sobre as competências dos trabalhadores que as organizações em Portugal mais valorizam," *Cadernos EBAPE.BR*, vol. 12, no. 3, pp. 663-688, 2014.

[4] C. S. L. D. Andrade, "A influência das soft skills na atuação do gestor: a percepção dos profissionais de gestão de pessoas," Dissertação de Mestrado Profissional, Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Rio de Janeiro, Brasil, 2016.

[5] M. S. Knowles, *The modern practice of adult education: from pedagogy to andragogy*. London: Cambridge Book, 1988.

[6] A. Valerio Netto, "Aplicação de simuladores de realidade virtual e Problem Based Learning para o treinamento de profissionais da área de segurança," *#Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia*, vol. 7, no. 2, 2018.

[7] A. Valerio Netto, "Utilização de simuladores para medir o desempenho de profissionais de segurança," *Revista brasileira de segurança pública*, vol. 12, pp. 92-106, 2018.

[8] C. M. G. Pereira, "Realidade virtual como ferramenta para treino policial: desenvolvimento de um simulador para treino de tiro ao alvo," Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Portugal, 2014.

[9] A. J. P. Rosa and I. Pavanati, "A utilização da realidade virtual e aumentada na formação dos policiais militares em Santa Catarina," *Revista Ordem Pública*, vol. 7, no. 2, pp. 37-51, 2015.

[10] P. A. Gomes, "A Simulação nos desafios do futuro para a operacionalidade das forças de segurança: o seu emprego na guarda nacional republicana," Instituto Universitário Militar, Departamento de Estudos Pós-Graduados, Curso de Estado-Maior Conjunto, 2016. [Online]. Available: https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/14632/1/TII_Maj%20GNR%20Gomes_A%20Simula%20a7%20a3o%20na%20GNR_Final.pdf. [Accessed: janeiro, 2019].

[11] R. P. Dall'Agnol, E. A. Pires, S. de A. Santos, G. J. C. Machado and S. L. Russo, "Mapeamento tecnológico de patentes de simuladores de tiro," *Cadernos de Prospecção*, vol. 9, no.1, pp. 70-78, 2016.

[12] A. Valerio Netto, "Aplicação de tecnologia interativa para treinamento na área de segurança," in *XVII Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)*, EUA: IEEE Computer Society, vol. 1, 2015, pp. 127-132.

[13] F. M. A. Xavier, "A Importância da formação na mudança de paradigmas do uso da força. In: Ministério da Justiça. Uso progressivo da força: dilemas e desafios," *Cadernos Temáticos da Conseg*, vol. 1, no. 5, 2009.

[14] S. Jackson, *Unity 3D UI essentials*. New York: Packt Publishing, 2015.

[15] HTC. Product System HTC Vive, 2018. [Online]. Available: <https://www.vive.com/us/product/vive-virtual-reality-system>. [Accessed janeiro, 2019].

Información de Contacto del Autor:

Antonio Valerio Netto

Universidade Federal de São Paulo
São Paulo - Brasil
avnetto@unifesp.br

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-9215-8531>

Antonio Valerio Netto

Professor visitante na Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo (EPM/UNIFESP). Pós-doutor pelo Instituto de Ensino e Pesquisa do Hospital Sírio-Libanês. Doutor em computação e matemática computacional pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (ICMC/USP). É bacharel em ciência da computação pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e mestre em engenharia pela EESC/USP.