

BraveHearts AR – A Mobile Game to Reduce Fear in Pediatric Surgery

BraveHearts AR – Um Jogo Móvel para Diminuir o Medo na Cirurgia Pediátrica

Ricardo Pereira
DEI-ESTG
Instituto Politécnico de Leiria
Leiria, Portugal
2202165@my.ipleiria.pt

Ricardo Silvério
DEI-ESTG
Instituto Politécnico de Leiria
Leiria, Portugal
2192283@my.ipleiria.pt

Anabela Marto
CIIC-ESTG
Instituto Politécnico de Leiria
Leiria, Portugal
anabela.marto@ipleiria.pt

Roberto Ribeiro
CIIC-ESTG
Instituto Politécnico de Leiria
Leiria, Portugal
roberto.ribeiro@ipleiria.pt

Alexandrino Gonçalves
CIIC-ESTG
Instituto Politécnico de Leiria
Leiria, Portugal
alex@ipleiria.pt

Nuno Rodrigues
CIIC-ESTG
Instituto Politécnico de Leiria
Leiria, Portugal
nunorod@ipleiria.pt

Abstract—The BraveHearts AR project aims to integrate Augmented Reality (AR) with Child Centered Play Therapy, a well-established strategy for mitigating emotions like anxiety, fear and stress, tailored to the specific needs and characteristics of children, as the target audience. Therefore, the development of a game using AR appeared as an attractive solution to explore, serving as a tool for pediatric patients to reduce negative emotions. More specifically, providing users with the positive experiences of relaxation, fun and companionship while educating them about the pre-surgical procedures that they will undergo. Aiming to develop the best solution possible, a related research about relevant subjects was conducted. A prototype of a game was developed using Unity software, designed for mobile devices and features an intuitive interface. With this, the game comprises an introduction, a memory game focused on the playful aspect, minigames that emphasize learning about three pre-surgical procedures, a mechanism planned to keep engaged when playing, and an ending. To enhance the clarity of the medical procedures and to prioritize a positive experience, a narrative was carefully written about the game, involving a buddy character that accompanies the player along the game. Throughout the game, the buddy introduces new characters who interact with the player while explaining medical procedures using simple game mechanics. The ambition of developing an AR game capable of transmitting information and educating its players about surgical procedures was fulfilled. Evaluations about the game's usability were conducted and the great results obtained so far are motivating to further test this game with patients in appropriate places by the target audience, *i.e.*, with children who are hospitalized for surgery, aiming at accessing its capability to reduce the aforementioned negative emotions.

Keywords— Augmented Reality, Digital Games, Unity, Human-Computer Interaction, Child Centered Play Therapy, Usability Evaluation

Resumo—O projeto BraveHearts AR tem como principal objetivo aliar a tecnologia de Realidade Aumentada (RA) à ludoterapia, uma estratégia amplamente utilizada para mitigar emoções como a ansiedade, o medo e o stress, no caso concreto, adaptada às necessidades e características únicas das crianças, enquanto público-alvo. Deste modo, afigura-se perentório o desenvolvimento de um jogo com recurso à RA, que se apresenta aos jogadores, neste caso, aos pacientes pediátricos, como uma ferramenta de redução de emoções negativas. Mais

especificamente, proporcionar aos seus utilizadores experiências positivas de relaxamento, diversão e companheirismo, enquanto os educa sobre os procedimentos pré-cirúrgicos aos quais serão submetidos. Com o intuito de implementar a melhor solução possível, foi realizada pesquisa relacionada sobre as temáticas em questão. Nesta senda, o jogo foi desenvolvido através do *software* Unity, idealizado para dispositivos móveis, e, como tal, possui uma interface eminentemente intuitiva. Importa notar que o jogo é constituído por uma introdução, um jogo de memória focado na vertente lúdica, minijogos concentrados na aprendizagem de três processos pré-cirúrgicos, sugeridos por uma equipa de enfermeiras do Centro Hospitalar de Leiria, um mecanismo de recompensa pensado para motivar o utilizador a continuar a jogar e uma conclusão do jogo. De modo a aperfeiçoar a explanação dos procedimentos médicos e a priorizar a positividade da experiência, foi cuidadosamente elaborada uma narrativa à volta do jogo e da personagem principal do jogo, um *buddy*, que acompanha o jogador enquanto este joga. Ao longo do jogo, o *buddy* vai dando a conhecer novas personagens que vão interagindo com o jogador enquanto explicam os procedimentos médicos com mecânicas de jogo simples. Concretizou-se a ambição de desenvolver um jogo de RA capaz de transmitir informação e educar sobre os procedimentos médicos. Foram realizadas avaliações no âmbito de usabilidade do jogo em questão, cujos resultados obtidos demonstram que este protótipo se encontra pronto para a realização de avaliações, em locais apropriados e com o público-alvo, *i.e.*, com crianças que estejam internadas para cirurgia, de modo a apurar a capacidade de este reduzir as emoções negativas supramencionadas.

Palavras-chave— Realidade Aumentada, Jogos Digitais, Unity, Interação Homem-Máquina, Ludoterapia, Avaliação de Usabilidade

I. INTRODUÇÃO

A cirurgia pediátrica, enquanto ramo da medicina, encontra-se em constante evolução tendo vindo a aumentar em número a quantidade de intervenções ao longo dos anos e, como tal, atualmente realizam-se milhões de intervenções cirúrgicas em pacientes pediátricos anualmente. Isto motiva, então, a procura pelo aperfeiçoamento da experiência das crianças e, também, a necessidade de adoção de estratégias que visam diminuir o medo, a ansiedade e o stress pré-

cirúrgico associados a este tipo de intervenções. Considerando as características únicas dos pacientes em causa, nomeadamente, o facto de não possuírem um conhecimento dos procedimentos a que serão submetidos, a adoção de medidas que reduzam as emoções negativas supramencionadas releva-se de extrema importância.

Assim, estima-se que, atualmente, entre 40% a 80% das crianças submetidas a cirurgias experienciam medo e ansiedade no período pré-operatório [1], [2]. Para além deste processo ser extremamente desagradável para as crianças, este tem, ainda, um impacto significativo no trabalho dos profissionais de saúde [3]. Neste estudo, foi demonstrado que o ato de informar as crianças e os seus responsáveis sobre as técnicas utilizadas ajuda a diminuir a ansiedade sentida pelas crianças e os pelos seus supervisores, resultando em menos riscos relacionados com a intervenção. A título de exemplo, note-se que quando a criança chora durante o período pré-operatório há uma maior probabilidade de as suas veias se encherem de secreção, aumentando assim o risco de complicações respiratórias durante a administração da anestesia [3].

Neste seguimento, dentro do leque de estratégias supramencionado, cabe notar a existência da ludoterapia, que consiste no uso de jogos que permitem e incentivam as crianças a expressar as suas emoções e a familiarizarem-se com o ambiente e procedimentos a que serão submetidos. Atualmente, uma das tecnologias que se tem vindo a aliar à ludoterapia é a Realidade Aumentada (RA), sendo esta utilizada no desenvolvimento de jogos e aplicações, desenhados com o intuito de preparar as crianças para as emoções e ambientes que irão encontrar durante os procedimentos pré e pós intervenções cirúrgicas [4], [5], [6], [7].

A RA, assim como outras tecnologias relacionadas com a virtualização de elementos tais como a realidade virtual ou a realidade mista, têm-se revelado ferramentas promissoras na área da medicina, proporcionando novas possibilidades para a educação, treino e interação com os pacientes. No caso concreto da RA, existem vários estudos que apontam vantagens na sua utilização no presente contexto, quando comparada com as outras tecnologias similares [3], [8], [9].

A RA, sendo uma tecnologia que permite sobrepor elementos digitais a um ambiente real, permite aos utilizadores manterem-se cientes do mundo real que os rodeia. Esta sobreposição procura expandir a visão real que uma pessoa possui, acrescentando, entre outras coisas, informação, gráficos ilustrativos sobre a temática abordada e desenhos elaborados com o intuito de aumentar o nível de espetáculo [10], [11]. Cabe notar que a RA é uma tecnologia que, por norma, não admite a existência de experiências que proporcionam a possibilidade de interação com os elementos digitais que esta apresenta [12]. Assim, existe o potencial de que a utilização de RA algumas vantagens em relação à Realidade Virtual pelo facto de ser possível comunicar e interagir com as pessoas à sua volta enquanto usufruem da tecnologia. Outra vantagem que poderá ser associada à sua utilização é a ausência de relatos relacionados com cybersickness comumente referidos em usos de soluções de realidade virtual.

Nesta sequência, importa realçar a existência de diversas abordagens à tecnologia de RA que se diferenciam, maioritariamente, na finalidade da sua utilização, assim como

na forma como são empregues. Cabe notar, ainda, que a mesma aplicação de RA pode conter mais do que uma abordagem a esta tecnologia na sua implementação. Releva notar, pois, que um tipo de RA pode ser classificado, consoante a sua dependência sobre a utilização de marcadores, como *marker-based* ou *marker-less* [13]. São exemplos conhecidos disto mesmo a RA baseada em marcadores (*marker-based*), que recorre a padrões físicos como códigos *Quick Response* (QR), vídeos, imagens ou texto para iniciar a experiência. Cabe ainda realçar que, estes padrões, os denominados marcadores, necessitam de ser distintos do ambiente onde se encontram e de ser facilmente reconhecíveis e processáveis por câmaras de dispositivos como telemóveis ou *tablets*. Para além deste exemplo, existe, também, a RA baseada na superimposição (*marker-less*), uma abordagem que envolve a sobreposição parcial ou, em alguns casos, total da visão de um objeto real por uma visão aumentada deste. Como tal, a capacidade de reconhecimento de objetos da aplicação de RA é essencial de modo a garantir o correto funcionamento deste tipo de RA [10], [11].

Releva, ainda, notar as tecnologias utilizadas no desenvolvimento da RA, mais especificamente, em termos de *hardware* e *software*. No âmbito de *hardware* releva-se a necessidade da presença de: processadores; ecrãs; sensores; *inputs* de dados [14]. Por sua vez, no âmbito de *software* cabe realçar a importância de *Software Development Kits* (SDK) como o ARCore e o ARKit, utilizados de modo a possibilitar a execução da experiência de RA, respetivamente, em dispositivos Android e iOS. Para além deste, importa realçar os motores de jogo Unity e Unreal Engine, assim como a existência das *frameworks* AR Foundation e Vuforia, componentes utilizadas no desenvolvimento de jogos digitais de RA.

Tendo este projeto como objetivo o desenvolvimento de uma aplicação interativa que combinasse elementos educativos e de entretenimento para dispositivos móveis, tendo em vista o acompanhamento de supervisores no processo que pretendem comunicar com a criança durante o processo, surgiu assim o objetivo deste estudo: a criação de um jogo utilizando a tecnologia de RA. O jogo visa, essencialmente, educar as crianças sobre as fases da sua operação. Nesta senda, cabe realçar que foi implementado um conjunto de estratégias de ludoterapia, previamente definidas com uma equipa de enfermeiras do Centro Hospitalar de Leiria (CHL). O jogo desenvolvido pode ser considerado um protótipo e não de um jogo final pois não compreende, ainda, os processos todos aos quais as crianças se submetem aquando de uma intervenção cirúrgica. Em articulação com a equipa do CHL, foi definido um conjunto de procedimentos para validação da solução.

Cumprido, ainda, esclarecer a estrutura do presente artigo. Este documento encontra-se organizado em quatro capítulos. Inicialmente é efetuada uma introdução ao contexto e à tecnologia de RA. Apresenta, a seguir, o jogo BraveHearts AR, desenvolvido almejando atingir os objetivos supramencionados, e os resultados obtidos aquando da execução de testes de usabilidade neste. Por fim, o documento termina com uma breve conclusão sobre a temática, abordando, também, trabalho futuro a realizar.

II. JOGO BRAVEHEARTS AR

De modo a capturar a atenção do público-alvo e a proporcionar uma experiência imersiva, foi elaborada uma

narrativa em torno de Alfredo, um pássaro que, após uma tempestade, perdeu o seu ninho com 3 ovos. O objetivo do jogador é, precisamente, ajudar o pássaro Alfredo, a personagem principal do jogo, a encontrar os seus ovos. Esta personagem, à qual denominamos por *buddy*, acompanha o jogador ao longo da sua jornada, de modo a transmitir uma sensação de companheirismo e tornar a aventura uma experiência partilhada.

Em conjunto com a equipa de enfermeiras do CHL, foram, meticulosamente, selecionados três procedimentos da fase pré-operatória da cirurgia pediátrica, considerados merecedores de serem explicados às crianças durante o jogo, a saber: a aplicação do penso EMLA (acrónimo para *Eutectic Mixture of Local Anesthetics*, ou seja, mistura eutética de anestésicos locais), a colocação do garrote e a inserção do cateter. Para cada um destes procedimentos – 1) colocação do penso EMLA, 2) colocação do garrote e 3) colocação do cateter –, adicionou-se uma nova personagem ao jogo, sendo estas personagens secundárias é responsável pela explicação de um procedimento. Estas foram, cuidadosamente, criadas de forma a estabelecer uma analogia com a sensação associada a cada procedimento. Nesta senda, foi criada a borboleta Aurora, associada à colocação do penso EMLA, o coala Kiko, associado à colocação do garrote e a abelha Mel, associada à inserção do cateter.

A. Arquitetura da solução

Feito o levantamento de requisitos funcionais então funcionais da aplicação, foi definida a arquitetura da solução, apresentada na Fig. 1. Está dividida em três camadas, a saber a camada de apresentação, a camada de lógica de jogo e a camada de recursos.



Fig. 1. Arquitetura da solução para o jogo BraveHearts.

Neste seguimento, a camada de recursos, contém todos os materiais necessários para a execução do jogo, sendo estes fornecidos ao motor de jogo.

Por sua vez, a camada de lógica de jogo é responsável por gerir a sessão de jogo que controla o progresso e o estado deste, através da utilização de *scripts*. Cabe notar que esta camada controla, também, as mecânicas de jogo, colisões, eventos e interações, assim como garante o cumprimento das regras do jogo.

Por fim, a camada de apresentação contém a interface de utilizador (UI), o motor de jogo e o módulo de Realidade Aumentada.

B. Tecnologias utilizadas

O jogo foi desenvolvido utilizando, principalmente, o *software* Unity. De modo a tornar possível a experiência de RA foi utilizada a *framework* AR Foundation. Nesta sequência, importa realçar os tipos de RA presentes na

aplicação, a saber a RA baseada em marcadores e a RA baseada na superimposição.

Cabe notar que o *software* Blender foi utilizado para construir todos os modelos 3D presentes no jogo, com exceção feita ao *buddy*, um recurso obtido através de um *package* presente na Unity Asset Store [15].

No âmbito de *hardware*, importa realçar que foi utilizado o mesmo tablet Android durante todo o processo de desenvolvimento, assim como durante o processo de avaliações. Este dispositivo foi um Samsung Galaxy Tab S5e, 10.5", com uma resolução de ecrã de 1600x2560 pixels, tendo instalada a versão 11 Android.

C. Fluxo de jogo

O fluxo de jogo, demonstrado na Fig. 2, consiste na integração de 5 *scenes*: introdução; jogo de memória; minijogos; recompensa por progresso; conclusão.

Assim, o jogo começa na *scene* de introdução, onde é introduzida a narrativa e é apresentada a personagem principal, assim como o objetivo do jogo do ponto de vista lúdico.

Finda a introdução, o utilizador entra num ciclo que incorpora as *scenes* do jogo de memória, minijogos e recompensa por progresso. Nestes ecrãs, o jogador vai ser desafiado a: 1) encontrar pares de animais no jogo de memória; 2) ajudar uma personagem secundária através de um mini-jogo que leva o jogador a aprender sobre cada um dos procedimentos médicos; e 3) a encontrar um dos ovos do seu *buddy*, o pássaro Alfredo. Neste seguimento, cabe realçar que, este ciclo, repete-se 3 vezes ao longo do jogo, de modo a possibilitar que o jogador consiga encontrar os 3 ovos perdidos do seu companheiro o que, consequentemente, permite abordar os 3 procedimentos médicos selecionados nos mini-jogos.

Após o jogador encontrar o último ovo perdido, este vai ser redirecionado para a *scene* de conclusão. Aqui o jogador pode recommear o jogo ou sair da aplicação.

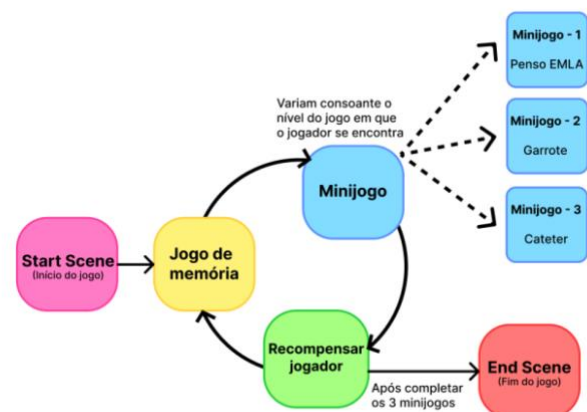


Fig. 2. Fluxo de jogo

D. Interação com o utilizador

A User Interface (UI) da aplicação foi desenvolvida tendo em especial atenção as características do público-alvo. Para tal, os elementos integrantes desta vertente são fáceis de identificar, simples e intuitivos. Importa ainda notar que foi implementado um sistema de mensagens com o principal intuito de, ao contar a história do jogo, guiar o jogador ao

longo do jogo, proporcionando instruções a este aquando do início de cada um dos desafios.

De modo a ajudar o jogador ao longo da sua jornada são utilizados sistemas de feedback auditivo e visual, nomeadamente o sistema de áudio e de partículas. O primeiro sistema mencionado utiliza diversos *clips* de áudio, indicando ao jogador se este: interagiu com os elementos da UI; completou um objetivo menor; completou um desafio; cometeu um erro; não cumpriu com as regras do jogo. Por sua vez, o sistema de partículas é utilizado, exclusivamente, para congratular o jogador, aquando da conclusão, com sucesso, de um objetivo menor ou de um desafio. A utilização de um sistema de partículas requer capacidade por parte do hardware do dispositivo para o seu correto funcionamento. Efetivamente este constrangimento foi notado durante o desenvolvimento da aplicação tendo sido necessário realizar alguns testes de desempenho utilizando várias configurações diferentes de forma a garantir um desempenho suave e fluído durante todo o jogo. Ainda relativamente aos sistemas de feedback para o jogador, encontra-se também a utilização de mensagens que aparecem como balões de diálogo, seja por parte do *buddy* ou das personagens secundárias que vão aparecendo ao longo do jogo.

A fase interativa do jogo após a introdução ao jogo inicia-se com um desafio exclusivamente focado na parte lúdica do jogo. Este consiste num simples jogo de memória composto por 6 cartas, ou seja, 3 pares. A inovação que diferencia o jogo desenvolvido de um tradicional jogo de memória é a utilização da RA, mais especificamente, a RA baseada em marcadores. Quando o jogador vira as cartas, para tentar encontrar os pares, não conseguirá obter uma perceção dos resultados, uma vez que as cartas são todas diferentes. Para completar o jogo, com sucesso, o jogador precisa de utilizar a câmara do dispositivo, apontando-a para os marcadores presentes na parte inferior de cada carta, de modo a revelar os animais associados a cada marcador. Ao reconhecer o padrão, o jogo interpretará o marcador e irá exibir o modelo do animal associado, em cima da carta física. Para jogar esta parte do jogo, o jogador – ou o supervisor que estiver a jogar com este – só pode ter duas cartas viradas para cima de cada vez, de forma a que seja necessário ir interagindo com os elementos reais (ir virando as cartas para cima e para baixo) em conjunto com os elementos virtuais do jogo que vão sendo desvendados sempre que uma ou duas cartas estão viradas para cima.

O processo de jogabilidade do jogo de memória é exemplificado pelo diagrama presente na Fig. 3.

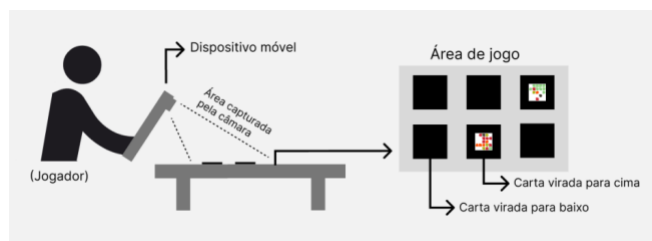


Fig. 3. Diagrama do procedimento de jogabilidade do jogo de memória

O jogo de memória é jogado 3 vezes ao longo da jornada do jogador e do seu companheiro Alfredo. Em cada nível, a mecânica para completar o jogo permanece a mesma; a única diferença são os animais que o jogador irá descobrir em cada jogo de memória, que dependem da narrativa da história e serão utilizados para explicar o minijogo subsequente. Nesta

senda, os animais presentes em cada nível do jogo de memória são, respetivamente, borboletas, coalas e abelhas. Sendo que não é permitido ao jogador ter mais do que 2 cartas viradas para cima, simultaneamente, caso o jogador não cumpra esta regra, os modelos 3D, presentes no ecrã do dispositivo, serão desativados e o jogador será relembrado da regra pelo sistema de áudio e de mensagens. Importa, ainda, notar que, após conclusão do jogo de memória, o sistema de mensagens apresenta um botão “Brincar” no UI, de modo a introduzir o minijogo subsequente.

Na Fig. 4 é demonstrado o jogo de memória, através de uma visão externa.

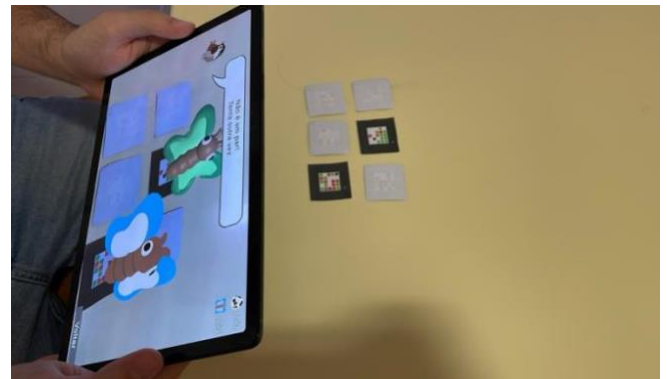


Fig. 4. Jogo de memória (visão externa), sendo possível observar duas cartas viradas para cima, tendo visível no ecrã do dispositivo duas borboletas virtuais

Os minijogos foram concebidos com o propósito de introduzir, com ligeireza, a explicação dos procedimentos médicos aos quais a criança será submetida no futuro, evitando que a experiência se tornasse demasiado teórica e monótona. Os procedimentos foram representados de forma crescente, de acordo com a sua invasividade o que, por sua vez, corresponde à ordem real de realização destes. Dado que o público-alvo são crianças, procurou-se ao máximo reduzir o número de mecânicas necessárias para completar cada minijogo, garantindo que a explicação dos procedimentos, dada pelo animal correspondente ao minijogo, de acordo com a analogia supramencionada, fosse facilmente absorvida. O uso das mecânicas também visou manter uma curva de aprendizagem suave e gradual, tornando a experiência mais acessível e intuitiva, à medida que se adicionaram novas mecânicas, permitindo às crianças focarem-se plenamente na discência e na diversão. Nesta senda, o primeiro minijogo introduz as mecânicas de arrastar e clicar em objetos 3D e corresponde à aplicação do penso EMLA, sendo este procedimento explicado pela borboleta Aurora comparando a colocação do penso com o pousar de uma borboleta na mão. Por sua vez, o segundo minijogo, apresentado pelo coala Kiko, inclui a mecânica de clicar repetidamente no mesmo objeto 3D e aborda a colocação do garrote, fazendo o paralelismo do abraço do coala com o aperto do garrote no braço. Por fim, o terceiro minijogo utiliza as mecânicas previamente ensinadas ao jogador e explica a inserção do cateter, sendo explicado pela abelha Mel, que compara a sua colocação com a picada de uma abelha.

Na Fig. 5 é demonstrado o ecrã relativo ao minijogo 3, mais especificamente, após a conclusão deste.

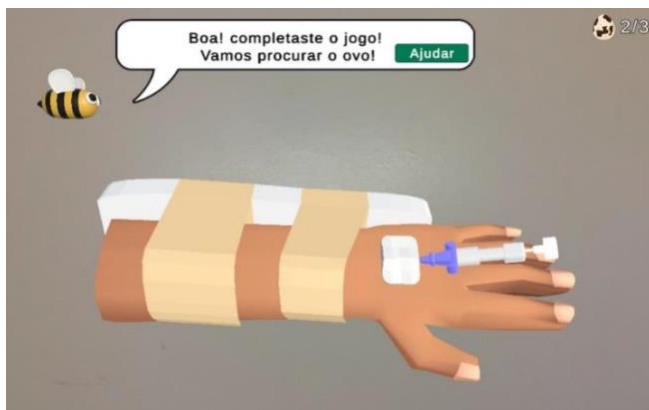


Fig. 5. Final do minijogo 3 (procedimento de aplicação do cateter)

No âmbito dos minijogos, releva, ainda, realçar que, após conclusão deste, o sistema de mensagens apresenta um botão “Ajudar” no UI, de modo a introduzir o mecanismo de recompensar o jogador por progresso.

Neste seguimento, o mecanismo de recompensar o jogador, representado por um diagrama na Fig. 6, consiste num desafio onde o utilizador procede para uma procura, num conjunto de arbustos, por um dos ovos perdidos do seu companheiro Alfredo. Os arbustos presentes neste desafio aparecerão no espaço ao redor do jogador, e ele precisará de utilizar a câmara do dispositivo para os procurar e clicar neles até encontrar o arbusto que contém o ovo.

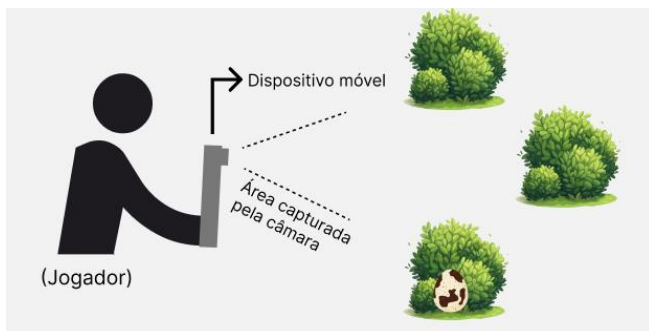


Fig. 6. Diagrama do mecanismo de recompensa, sendo que o jogador não consegue ver o ovo que está atrás do arbusto

De modo a facilitar a procura para os pequenos jogadores, foram implementadas dicas visuais que indicam o arbusto correto, a saber uma animação onde o arbusto abana e solta algumas folhas. Ao completar o desafio, o jogador é congratulado pelo seu companheiro de aventura e retorna ao próximo nível do jogo de memória ou, no caso concreto do jogador ter acabado de encontrar o último ovo, é introduzido o ecrã final do jogo.

Na Fig. 7 é demonstrado a visão do jogador no desafio de procurar os ovos.



Fig. 7. Procurar os ovos (visão do jogador)

À medida que o jogador vai encontrando os ovos, existe um contador no canto superior do ecrã que vai mantendo informado de quantos ovos já encontrou e quantos ovos ainda faltam encontrar.

Ao completar o jogo, o jogador é levado para a cena final. Nessa cena, o companheiro Alfredo, que esteve presente durante toda a jornada, aparece no seu ninho, ao lado dos três ovos que o jogador encontrou. O jogador é congratulado pelo sucesso na sua missão e recebe duas opções: voltar a jogar o jogo ou sair da aplicação.

III. TESTES

Foram realizados testes com o intuito de identificar *bugs* e problemas em funcionalidades implementadas, assim como obter uma avaliação global sobre o cumprimento dos objetivos estabelecidos e perspetivas diferentes sobre cada aspeto do jogo. Para o efeito, a avaliação do jogo BraveHearts no seu estado atual envolveu a participação de 10 voluntários.

De modo a tornar possível a execução destes testes, foram construídos dois questionários, com recurso à plataforma Google Forms. O primeiro, um questionário demográfico, foi construído de raiz e visou, entre outras coisas, obter informação sobre a idade e experiência com tecnologia, no seu global, e com a RA, em específico, dos participantes. O segundo questionário visou recolher dados relativamente à usabilidade e satisfação dos participantes, através da utilização da *System Usability Scale* (SUS), mais especificamente a tradução para português deste do estudo *European Portuguese Validation of System Usability Scale* de modo a apurar, concretamente, o nível de usabilidade da aplicação [16].

Os testes foram conduzidos ao longo de vários dias, em diferentes horários e em ambientes controlados, mais especificamente, locais silenciosos onde o participante não estivesse sujeito facilmente a distrações externas. O processo de execução de cada teste consistia na resposta ao questionário demográfico supramencionado, e após o seu término, o participante era convidado a jogar o jogo desenvolvido. Durante os testes, foram registadas observações efetuadas pelos participantes ao longo da sua experiência. Após concluir o jogo, o participante era convidado a responder ao questionário relativo à usabilidade do sistema, o qual marcava o término do teste. Cumpre mencionar que todos os participantes consentiram a recolha e análise dos dados respondidos em ambos os questionários.

Os 10 participantes possuem uma idade média de 25,4 anos, variando esta entre 20 e 51 anos, dos quais 8 se

identificaram como sendo do sexo masculino. Releva salientar que nenhum participante mencionou possuir qualquer tipo de limitação física ou psicológica. Para além disso, todos os participantes referiram utilizar tecnologia diariamente, sendo que a frequência com que estes utilizam dispositivos móveis para jogar, a experiência que possuem com a tecnologia de Realidade Aumentada e as expectativas que possuem para um jogo de RA são questões em que as respostas se distribuem de forma equilibrada, com especial ênfase, neste último, para a esperança de o jogo de RA possuir um bom nível de interatividade com o ambiente real.

Através de uma análise da Fig. 8, é possível compreender que os resultados obtidos no âmbito da usabilidade de sistema provam ser satisfatórios. Mais se acrescenta, que todas as pontuações SUS obtidas classificam a aplicação como tendo uma usabilidade de sistema, pelo menos, boa, sendo possível, observando o valor obtido relativo à média de pontuações (83), considerar esta como excelente. Assim, é possível afirmar que o jogo desenvolvido foi bem-sucedido no que respeita à sua usabilidade.

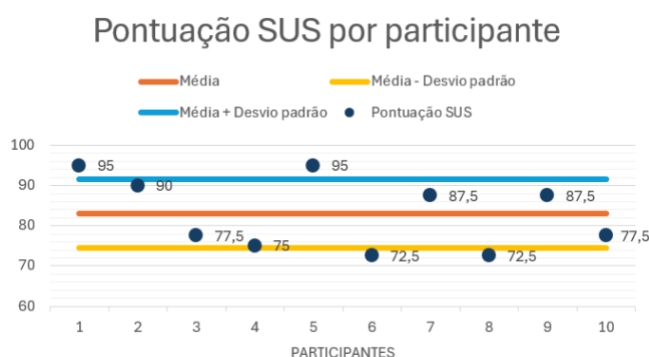


Fig. 8. Resultados questionário SUS referentes ao jogo BraveHearts AR

Relativamente às observações efetuadas pelos participantes ao longo do processo de testes, estas recaíram, sobretudo, no âmbito do feedback visual oferecido ao jogador e da interface do jogo.

Importa reforçar que os resultados obtidos não são conclusivos quanto ao sucesso do projeto desenvolvido no que respeita à redução de emoções negativas em ambientes pré-operatórios e em pacientes pediátricos, pois, à data, esta aplicação não foi ainda testada junto do público-alvo – crianças destacadas para cirurgia. Assim, cumpre notar que estes testes se focaram, essencialmente, na usabilidade do sistema, de modo a garantir o seu correto funcionamento.

IV. CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou o desenvolvimento de um jogo para dispositivos móveis utilizando a tecnologia de RA, visando, fundamentalmente, educar crianças sobre as fases pré-operatórias das suas intervenções cirúrgicas. Foi, pois, desenvolvido e testado o jogo BraveHearts AR, com recurso ao motor de jogo Unity, que permite explicar três procedimentos médicos pré-cirúrgicos através de uma história e de mecânicas simples para interação com a aplicação. Face aos resultados obtidos, é possível concluir que o objetivo foi alcançado com sucesso estando em condições para poder ser testado com o público-alvo – crianças em ambiente hospitalar que irão ser sujeitas a intervenções cirúrgicas.

Neste seguimento, cabe realçar a preparação que a aplicação possui no âmbito da realização de futuras avaliações que visem apurar a capacidade de esta reduzir a ansiedade, o medo e o stress pré-cirúrgico no público-alvo.

Importa notar, o sucesso atingido no desenvolvimento de mecânicas alinhadas com as sugestões da equipa de enfermeiras do CHL, assim como a integração entre as diversas componentes do jogo, com especial ênfase para o fluxo de jogo presente entre o jogo de memória, os minijogos e o mecanismo de recompensar o jogador pelo seu progresso. Mais se acrescenta, no caso concreto dos minijogos, cabe realçar a implementação de diferentes minijogos que permitem ao jogador aprimorar a sua familiarização com três das etapas do procedimento pré-operatório.

No âmbito do trabalho futuro destaca-se a importância da realização de avaliações com o público-alvo e num local apropriado, neste caso, uma sala de espera da ala pediátrica de um hospital ou, na impossibilidade, num ambiente tanto quanto semelhante. Considerando que o jogo já foi avaliado no âmbito da sua usabilidade, estas novas avaliações devem dar especial ênfase à capacidade de reduzir a ansiedade, o medo e o stress, mas não obstante de serem registados problemas ou melhorias a efetuar no âmbito da usabilidade.

Deve também ser feita uma reflexão sobre o dispositivo em que o jogo deve ser jogado podendo ser considerado um telemóvel em vez de um tablet devido ao tamanho do dispositivo. Importa notar que, para efetuar tal alteração, devem ser executadas novas avaliações de usabilidade do jogo em questão em diferentes dispositivos móveis.

Considera-se também útil como implementação futura para melhorar a experiência do jogador e permitir um grupo mais heterogéneo de jogadores – podendo estes ser mais ou menos capazes de compreender os desafios –, a implementação de um sistema de dicas, de modo a facilitar o jogo de memória implementado.

Por fim, importa realçar a continuação do processo de desenvolvimento do jogo em questão, de modo que este incorpore, na sua completude, o procedimento pré-operatório, no caso concreto das cirurgias pediátricas.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by national funds through the Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT) under the project

BIBLIOGRAFIA

- [1] S.-B. Chen, H. Hu, Y.-S. Gao, H.-Y. He, D.-X. Jin, and C.-Q. Zhang, "Prevalence of Clinical Anxiety, Clinical Depression and Associated Risk Factors in Chinese Young and Middle-Aged Patients with Osteonecrosis of the Femoral Head," *PLOS ONE*, vol. 10, no. 3, p. e0120234, Mar. 2015, doi: 10.1371/journal.pone.0120234.
- [2] A. J. Davidson *et al.*, "Risk factors for anxiety at induction of anesthesia in children: a prospective cohort study," *Pediatric Anesthesia*, vol. 16, no. 9, pp. 919–927, 2006, doi: 10.1111/j.1460-9592.2006.01904.x.
- [3] "Impacto da informação pré-anestésica sobre a ansiedade dos pais e das crianças," Hospital Sabará. Accessed: Mar. 12, 2024. [Online]. Available: <https://www.hospitalinfantilsabara.org.br/pesquisa-e-inovacao/impacto-tipo-de-informacao-pre-anestesia-sobre-ansiedade-dos-pais-e-das-criancas/>
- [4] S. Fernandes, P. Arriaga, and F. Esteves, "Using an Educational Multimedia Application to Prepare Children for Outpatient Surgeries," *Health Commun*, vol. 30, no. 12, pp. 1190–1200, 2015, doi: 10.1080/10410236.2014.896446.

- [5] M. J. Jung, J. S. Libaw, K. Ma, E. L. Whitlock, J. R. Feiner, and J. L. Sinskey, "Pediatric Distraction on Induction of Anesthesia With Virtual Reality and Perioperative Anxiolysis: A Randomized Controlled Trial," *Anesth Analg*, vol. 132, no. 3, pp. 798–806, Mar. 2021, doi: 10.1213/ANE.0000000000005004.
- [6] J.-H. Ryu *et al.*, "Randomized clinical trial of immersive virtual reality tour of the operating theatre in children before anaesthesia," *Br J Surg*, vol. 104, no. 12, pp. 1628–1633, Nov. 2017, doi: 10.1002/bjs.10684.
- [7] E. C. L. de Meira, A. G. G. Duarte, T. de O. Melo, C. M. S. Cyrino, and A. de O. Florentino, "A necessidade da introdução do brinquedo terapêutico no perioperatório," *Global Academic Nursing Journal*, vol. 2, no. 1, Art. no. 1, Mar. 2021, doi: 10.5935/2675-5602.20200081.
- [8] S. Rodriguez, F. Munshey, and T. J. Caruso, "Augmented reality for intravenous access in an autistic child with difficult access," *Pediatric Anesthesia*, vol. 28, no. 6, pp. 569–570, 2018, doi: 10.1111/pan.13395.
- [9] J. S. Libaw and J. L. Sinskey, "Use of Augmented Reality During Inhaled Induction of General Anesthesia in 3 Pediatric Patients: A Case Report," *A&A Practice*, vol. 14, no. 7, p. e01219, May 2020, doi: 10.1213/XAA.0000000000001219.
- [10] L. Trumper, "5 Types of AR," Circus. Accessed: Mar. 04, 2024. [Online]. Available: <https://circus360.uk/thinking/5-types-of-ar/>
- [11] "Types of AR – Digital Promise." Accessed: Mar. 04, 2024. [Online]. Available: <https://digitalpromise.org/initiative/360-story-lab/360-production-guide/investigate/augmented-reality/getting-started-with-ar/types-of-ar/>
- [12] "What is AR, VR, MR & Tango? | Lenovo UAE." Accessed: Mar. 06, 2024. [Online]. Available: <https://www.lenovo.com/ae/en/faqs/pc-life-faqs/compare-vr-ar-mr/>
- [13] "Augmented Reality: Types of AR," Coursera. Accessed: Jul. 16, 2024. [Online]. Available: <https://www.coursera.org/articles/types-of-ar>
- [14] Pusalabhuvansaikrishna, "Hardware for Augmented Reality," Medium. Accessed: Mar. 08, 2024. [Online]. Available: <https://medium.com/@pusalabhuvansaikrishna/hardware-for-augmented-reality-7dc4db76f230>
- [15] "Quirky Series - FREE Animals Pack | 3D Animals | Unity Asset Store." Accessed: Apr. 15, 2024. [Online]. Available: <https://assetstore.unity.com/packages/3d/characters/animals/quirky-series-free-animals-pack-178235>
- [16] A. I. Martins, A. F. Rosa, A. Queirós, A. Silva, and N. P. Rocha, "European Portuguese Validation of the System Usability Scale (SUS)," *Procedia Computer Science*, vol. 67, pp. 293–300, Jan. 2015, doi: 10.1016/j.procs.2015.09.273.