

**BraveHearts AR – Diminuir o Medo na Cirurgia Pediátrica**

Licenciatura em Engenharia Informática

Ricardo Miguel Lopes Pereira

Ricardo Veríssimo Silvério

Leiria, julho de 2024



**BraveHearts AR – Diminuir o Medo na Cirurgia Pediátrica**

Licenciatura em Engenharia Informática

Ricardo Miguel Lopes Pereira

Ricardo Veríssimo Silvério

Trabalho de Projeto da unidade curricular de Projeto Informático realizado sob a orientação do Professor Doutor Alexandrino Gonçalves, da Professora Doutora Anabela Marto, do Professor Doutor Nuno Rodrigues e do Professor Doutor Roberto Ribeiro

Leiria, julho de 2024

# Dedicatória

Inserir aqui a dedicatória. Trata-se de um elemento **facultativo**.

Texto da dedicatória. Texto da dedicatória. Texto da dedicatória. Texto da dedicatória. Texto da dedicatória. Texto da dedicatória. Texto da dedicatória. Texto da dedicatória. Texto da dedicatória. Texto da dedicatória. Texto da dedicatória.

Texto da dedicatória. Texto da dedicatória. Texto da dedicatória. Texto da dedicatória. Texto da dedicatória. Texto da dedicatória. Texto da dedicatória. Texto da dedicatória. Texto da dedicatória. Texto da dedicatória. Texto da dedicatória.

# Agradecimentos

Inserir aqui os agradecimentos. Trata-se de um elemento **facultativo**.

Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos.

Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos.

# Resumo

Um problema atualmente encontrado nas intervenções cirúrgicas em pacientes pediátricos é a capacidade de estes lidarem com emoções como a ansiedade, o medo e o *stress*. Devido às características únicas das crianças, existe a necessidade de desenvolver estratégias que permitam reduzir estas emoções negativas.

Com isto, este projeto, tem como principal objetivo aliar a tecnologia de Realidade Aumentada (RA) à ludoterapia, uma das estratégias atualmente utilizadas para satisfazer as necessidades supramencionadas. De modo a atingir este objetivo, é perentório desenvolver um jogo, utilizando a RA, que proporcione aos jogadores, neste caso os pacientes pediátricos, a capacidade de redução das referidas emoções negativas. Mais especificamente, o jogo, tem com principal finalidade fornecer aos seus jogadores emoções positivas de relaxamento, diversão e companheirismo, enquanto educa estes sobre os procedimentos pré-cirúrgicos aos quais serão submetidos. Com a finalidade de cumprir este objetivo, o jogo, é desenvolvido através da plataforma *Unity*, idealizado para dispositivos móveis, possuindo uma interface intuitiva, de modo a permitir que os pacientes em questão se possam ambientar com os procedimentos aos quais serão submetidos.

Com base nos resultados obtidos, é possível afirmar que o objetivo de desenvolver um jogo de RA para dispositivos móveis que educa os seus jogadores sobre alguns procedimentos médicos foi atingido com sucesso. Com isto, é de referir que, não é possível tirar conclusões sobre a meta de reduzir as emoções negativas supramencionada, devido ao facto de não ter sido possível realizar testes com um grupo de voluntários com a faixa etária pretendida e nos locais apropriados.

**Palavras-chave:** máximo 6 palavras separadas por “,”

# Abstract

TODO

**Keywords:** maximum of 6 words separated by “,”

Índice

Trata-se de um elemento **obrigatório**. Nota: **o índice nunca figura do índice.**

[Dedicatória ii](#_Toc170851748)

[Agradecimentos iii](#_Toc170851749)

[Resumo v](#_Toc170851750)

[Abstract vii](#_Toc170851751)

[Lista de Figuras xi](#_Toc170851752)

[Lista de tabelas xii](#_Toc170851753)

[Lista de siglas e acrónimos xiii](#_Toc170851754)

[1. Introdução 1](#_Toc170851755)

[2. Estado da Arte 4](#_Toc170851756)

[2.1. Artigos científicos 4](#_Toc170851757)

[2.2. Aplicações reais 5](#_Toc170851758)

[2.3. Desafios e considerações 6](#_Toc170851759)

[2.4. Realidade aumentada 6](#_Toc170851760)

[2.4.1. Tipos de Realidade Aumentada 7](#_Toc170851761)

[2.4.1.1. Realidade Aumentada baseada em marcadores 8](#_Toc170851762)

[2.4.1.2. Realidade Aumentada baseada na localização 8](#_Toc170851763)

[2.4.1.3. Realidade Aumentada baseada na projeção 8](#_Toc170851764)

[2.4.1.4. Realidade Aumentada baseada na superimposição 8](#_Toc170851765)

[2.4.1.5. Realidade Aumentada baseada na delineação 9](#_Toc170851766)

[2.4.2. Tecnologias 9](#_Toc170851767)

[2.4.2.1. Hardware 9](#_Toc170851768)

[2.4.2.2. Software 10](#_Toc170851769)

[3. Proposta da Solução 11](#_Toc170851770)

[3.1. Requisitos 11](#_Toc170851771)

[3.1.1. Requisitos Funcionais 11](#_Toc170851772)

[3.1.2. Requisitos Não Funcionais 11](#_Toc170851773)

[3.2. Arquitetura 12](#_Toc170851774)

[3.2.1. Apresentação 12](#_Toc170851775)

[3.2.2. Lógica de Negócio 12](#_Toc170851776)

[3.2.3. Recursos 13](#_Toc170851777)

[3.3. Vertente Didática 13](#_Toc170851778)

[3.4. Vertente Lúdica 13](#_Toc170851779)

[3.5. Protótipo 13](#_Toc170851780)

[3.6. Dispositivos Android 17](#_Toc170851781)

[3.7. Jogo com a Framework Vuforia 17](#_Toc170851782)

[4. Desenvolvimento 19](#_Toc170851783)

[4.1. Unity 19](#_Toc170851784)

[4.1.1. Recursos 19](#_Toc170851785)

[4.1.2. Editor 19](#_Toc170851786)

[4.1.3. Packages 20](#_Toc170851787)

[4.1.4. Scenes 21](#_Toc170851788)

[4.1.5. Sistema de partículas 21](#_Toc170851789)

[4.1.6. Áudio 22](#_Toc170851790)

[4.1.7. Scripts 22](#_Toc170851791)

[4.1.8. AR Session e XR Origin 23](#_Toc170851792)

[4.1.9. Prefabs 24](#_Toc170851793)

[4.2. Blender 24](#_Toc170851794)

[4.2.1. Modelação 24](#_Toc170851795)

[4.2.2. Texturização 24](#_Toc170851796)

[4.2.3. Exportação de modelos 25](#_Toc170851797)

[4.3. BraveHearts AR Jogo 25](#_Toc170851798)

[4.3.1. Buddy 25](#_Toc170851799)

[4.3.2. Start Scene 26](#_Toc170851800)

[4.3.3. Jogo de memória 27](#_Toc170851801)

[4.3.4. Minijogos 29](#_Toc170851802)

[4.3.4.1. Minijogo 1 – Penso EMLA 30](#_Toc170851803)

[4.3.4.2. Minijogo 2 – Garrote 31](#_Toc170851804)

[4.3.4.3. Minijogo 3 – Cateter 32](#_Toc170851805)

[4.3.5. Recompensar o jogador 33](#_Toc170851806)

[4.3.6. Fim 33](#_Toc170851807)

[4.3.7. Sistemas de demonstração de progresso 34](#_Toc170851808)

[5. Testes 35](#_Toc170851809)

[5.1. Planeamento e execução 35](#_Toc170851810)

[5.2. Discussão de resultados 36](#_Toc170851811)

[6. Conclusão e Trabalho Futuro 40](#_Toc170851812)

[Bibliografia ou Referências Bibliográficas 42](#_Toc170851813)

[Anexos 43](#_Toc170851814)

[Glossário 44](#_Toc170851815)

# Lista de Figuras

Elemento a figurar, **quando aplicável**.

[Figura 2.1 - Texto ilustrativo da figura 1. 3](file:///C:\ESTG\CCP_EI_2019_2020_2021\Projeto_Informatico\2020_2021\Docs_Moodle_Outros\Modelo_relatorio_projeto_ESTG.docx#_Toc92389045)

[Figura 2.2 - Texto ilustrativo da figura 2. 3](file:///C:\ESTG\CCP_EI_2019_2020_2021\Projeto_Informatico\2020_2021\Docs_Moodle_Outros\Modelo_relatorio_projeto_ESTG.docx#_Toc92389046)

# Lista de tabelas

Elemento a figurar, **quando aplicável**.

[Tabela 1.1 - Texto ilustrativo da tabela 1. 3](#_Toc92389035)

# Lista de siglas e acrónimos

Elemento a figurar, **quando aplicável**.

|  |  |
| --- | --- |
| AR | *Augmented Reality* |
| BSDF  MR | *Bidirectional Scattering Distribution Function*  *Mixed Reality* |
| RA | Realidade Aumentada |
| SDK | *Software Development Kit* |
| VR | *Virtual Reality* |
|  |  |
|  |  |

Cuidados na elaboração da lista de siglas e acrónimos:

* Ordenação alfabética;
* Apenas as que sejam relevantes para a leitura do texto.

Adicionar mais entradas à tabela, caso seja necessário (a tabela não tem contornos, mas está no texto).

# Introdução

Todos os anos são realizadas milhões de intervenções cirúrgicas em pacientes pediátricos, sendo várias as razões que contribuem para estes números. Independentemente da gravidade de cada intervenção e devido às características dos pacientes em causa surge a necessidade de adotar estratégias que permitam diminuir o medo, a ansiedade e o stress pré-cirúrgico. Dentro deste leque de estratégias temos a ludoterapia, ou seja, o uso de jogos com o objetivo de permitir que as crianças possam expressar as suas emoções e familiarizar-se com o ambiente e procedimentos a que vão ser submetidas.

Uma das tecnologias que se tem vindo a aliar à ludoterapia é a Realidade Aumentada (RA). Esta, já foi anteriormente utilizada no desenvolvimento de jogos com o intuito de melhor preparar crianças para os procedimentos antes e depois das intervenções cirúrgicas.

Este projeto tem como objetivo o desenvolvimento de um jogo, para dispositivos moveis, utilizando a tecnologia de Realidade Aumentada e o motor de jogo *Unity*, que suporte um conjunto de estratégias de ludoterapia, posteriormente definidas com uma equipa de enfermeiras do Centro Hospitalar de Leiria, com o intuito educar as crianças sobre as fases da sua operação enquanto estas brincam.

Durante o desenvolvimento do projeto foram realizadas reuniões semanais com os orientadores do projeto. Estas reuniões possuíram o intuito de apresentar o trabalho realizado durante a semana, ou seja, entre cada reunião, de modo a possibilitar a discussão de ideias sobre este. Desta forma, era, também, definido o trabalho futuro a realizar e a apresentar na reunião subsequente. As reuniões permitiram, também, a colocação de dúvidas, algo que se mostrou essencial, especialmente devido à grande dissipabilidade dos orientadores em responder as estas. É de realçar que, estas reuniões mostraram-se indispensáveis a todo o processo de desenvolvimento do projeto já que facilitaram imensamente a definição do caminho a prosseguir.

Ainda sobre as reuniões semanais, foi realizada uma reunião com as profissionais de saúde do Centro Hospitalar de Leiria, Carolina Frias e Isabel Governo. A presença destas duas profissionais de saúde mostrou-se fundamental já que, estas oferecem uma visão diferente e mais correta sobre o ambiente hospitalar e do trabalho pediátrico, algo que permitiu repensar algumas funcionalidades do jogo, de modo a melhor adaptar estas ao público-alvo. Esta reunião provou, também, ser fundamental na definição de outros aspetos importantes sobre o projeto, discutidos posteriormente, assim como, na discussão de ideias gerais para o funcionamento do jogo.

De modo a assegurar a organização durante o processo de desenvolvimento foi desenvolvido um cronograma com a espectativas de intervalos de tempo necessários para realizar cada fase do projeto. Este cronograma foi atualizado de modo a corresponder mais corretamente à linha temporal de execução do projeto.

TODO - Cronograma

O processo de desenvolvimento do projeto começou com uma pesquisa e respetiva análise de conteúdo *online* sobre o tema da Realidade Aumentada, abrangendo as diversas abordagens ao seu desenvolvimento, tecnologias que são utilizadas e aplicações reais, com especial incidência na área da medicina. A preparação teórica proporcionada por esta pesquisa revelou-se essencial no desenvolvimento do projeto, constituindo o ponto de partida para a implementação do jogo.

Finda a pesquisa, nas semanas seguintes, foram definidos os requisitos funcionais e não funcionais para o jogo e, posteriormente, elaborados os diagramas de arquitetura e, ainda, o protótipo do jogo, recorrendo à plataforma *Figma*. É de relevo mencionar que, estes componentes foram alvo de alterações durante o processo de desenvolvimento, de modo a acomodar novas funcionalidades e a assegurar que os prazos estalecidos eram cumpridos.

De seguida, foi desenvolvido o jogo em si. A execução deste processo pode-se dividir em quatro fases estruturais, a saber a fase de implementação do jogo da memória, a fase de implementação dos minijogos, a fase de implementação do desafio de recompensar o jogador e, por fim, a fase de implementação dos ecrãs iniciais e finais do jogo. Estas fases foram executadas pela ordem que foram apresentadas sendo que, em alguns intervalos de tempo, ocorreram simultaneamente. É, ainda, de notar que, o relatório começou a ser elaborado neste processo.

Com isto, as duas semanas que antecederam o prazo de submissão do projeto foram reservadas para a execução de testes assim como, para o aprimoramento do jogo. É de notar que as observações, posteriormente discutidas no capítulo 5, feitas pelos participantes do processo de testes permitiram obter várias perspetivas diferentes sobre o jogo assim como, encontrar falhas neste. Isto, contribui-o imensamente para a correção e aperfeiçoamento da aplicação em tempo útil. Por fim, é importante realçar que, durante estas duas semanas, foi finalizado o relatório.

O presente documento está organizado em seis capítulos.

O primeiro capítulo engloba a introdução, oferecendo contexto sobre o problema a resolver bem como os objetivos a atingir. Para além disso, são, também, abordados os métodos e as técnicas utilizadas ao longo do desenvolvimento do projeto.

Por sua vez, o segundo capítulo, aborda o estado da arte, que se consubstancia na apresentação de toda a pesquisa/investigação efetuada sobre a temática em questão, das tecnologias que está utiliza e de aplicações reais relevantes para o desenvolvimento do projeto.

No terceiro capítulo, é demonstrada a proposta de solução do projeto, sendo descritos os requisitos funcionais e não funcionais assim como, o diagrama da arquitetura e a vertente didática e lúdica que se pretende atingir. É, ainda, apresentado o protótipo para o jogo, as razões para a escolha do dispositivo Android e mencionado o jogo de memória desenvolvido utilizando a *framework Vuforia*, que serviu, especialmente, para obter conhecimentos do desenvolvimento utilizando a tecnologia de Realidade Aumentada.

Com isto, o quarto capítulo aborda a fase de desenvolvimento do jogo. Neste, é apresentada a plataforma *Unity* e a plataforma *Blender*, assim como, o jogo desenvolvido. São detalhadas as componentes mais importantes do *Unity* e as componentes do *Blender* utilizadas na criação dos modelos de RA e demonstrado o jogo em si, abordando a narrativa, o funcionamento de cada desafio do jogo e as mecânicas encontradas em cada um destes.

O quinto capítulo aborda o processo de testes. São mencionados o planeamento e a execução do processo em questão, sendo oferecidas explicações para as decisões tomadas. Para além disso, é feita uma análise sobre os resultados obtidos.

Por fim, o sexto capítulo apresenta as conclusões do projeto, oferecendo uma visão global sobre os objetivos atingidos assim como, aqueles que não foram possíveis atingir. Para além disso, são mencionados os conhecimentos adquiridos, ao longo do longo e árduo processo de desenvolvimento do projeto, e o trabalho futuro a ser realizado, englobando, também, melhorias a fazer no trabalho conseguido.

# Estado da Arte

Neste capítulo, será apresentada uma revisão abrangente da literatura científica sobre o uso de realidade aumentada (RA) na medicina, com foco específico na redução do medo e da ansiedade pelas crianças que são submetidas a procedimentos cirúrgicos. Além disso, serão exploradas as aplicações reais existentes que fazem uso da tecnologia RA com este objetivo. Esta análise permitiu consolidar uma base imprescindível para o desenvolvimento do jogo destinado a preparar as crianças para a cirurgia, destacando as melhores práticas, os benefícios comprovados e os desafios identificados nos estudos analisados.

Para uma investigação mais precisa foi utilizada a base de dados da plataforma web Google Scholar para alcançar um maior número de trabalhos, e consequentemente filtrar os resultados com informações mais relevantes para este projeto. Para isso foram definidas as seguintes palavras-chave:

*Augmented Reality*, *Anxiety*, *Fear*, *Stress*, *Pre-surgical*, *Medicine*, *Games*, *Children*, *Pedriatic*

## Artigos científicos

Estima-se que 40% a 80% das crianças submetidas a cirurgias experienciam medo e ansiedade no período pré-operatório [9,10]. Para além de ser um processo extremamente desagradável para as crianças tem ainda um impacto significativo no trabalho dos profissionais de saúde, por exemplo, caso a criança chore durante o período pré-operatório pode encher as suas vias áreas de secreção aumentando assim o risco de complicações respiratórias durante a indução da anestesia [7]. O simples ato de informar as crianças e os seus responsáveis sobre as técnicas utilizadas, os riscos e o que acontecerá antes, durante e depois ajuda a diminuir essa ansiedade sentida pelas crianças e os seus supervisores [8].

Tanto a realidade virtual (RV) como a realidade aumentada (RA) têm se mostrado ferramentas promissoras na área da medicina, oferecendo novas possibilidades para a educação, treino e interação com pacientes. Diversos estudos têm investigado os benefícios destas tecnologias em contextos médicos, particularmente no que diz respeito à redução do medo e da ansiedade em pacientes pediátricos. Após a análise de alguns casos de estudo sete destes apresentaram valores significativos de baixa ansiedade em grupos que utilizaram a tecnologia RV, quando comparados com grupos submetidos a procedimentos tradicionais pré-cirúrgicos [1]. Três casos de estudo apresentaram resultados semelhantes quando foi utilizada a tecnologia RA [2,3,4]. O uso de realidade aumentada em pacientes pediátricos oferece algumas vantagens em relação à realidade virtual. Ambas conseguem com sucesso distrair a criança do *stress* associado aos procedimentos pré-cirúrgicos através de estímulos lúdicos. Porem a RA permite que as crianças estejam constantemente cientes do ambiente que as rodeia e que possam comunicar e interagir com as pessoas à sua volta enquanto usufruem da tecnologia [5]. Para alem disso, devido a estarem em constante contacto visual com espaço à sua volta, minimiza a probabilidade de o paciente sentir náuseas, também conhecidas como *cybersickness*, muito frequente em utilizadores da tecnologia RV [6].

## Aplicações reais

Além da literatura científica, várias aplicações reais têm sido implementadas com sucesso em ambientes clínicos, mostrando resultados promissores na redução da ansiedade pré-cirúrgica em crianças.

Leila Draz da faculdade de Medicina da *Alexandria University* no Egito, e a sua equipa de investigadores conduziram um estudo intitulado “Effect of an augmented reality game on preoperative anxiety in pediatric patients undergoing anesthesia induction: a randomized clinical trial”, que envolveu o uso de uma aplicação lúdica com recurso à realidade aumentada, com o intuito de reduzir a ansiedade das crianças no período pré-operatório. 101 crianças com idades compreendidas entre os 5 e os 17 anos de idade foram incluídas no estudo. Os integrantes do estudo foram divididos em dois grupos: grupo A com 64 crianças, submetidas a técnicas tradicionais de preparação para cirurgia, e grupo B com 37 crianças que usaram realidade aumentada para reduzir a ansiedade. A aplicação faz uso da tecnologia RA, com o auxílio dos Hololens 2, óculos de sobreposição virtual criados pela google e são utilizadas técnicas de *gamification* de forma a tornar toda a experiência mais interativa. O jogo segue a história de “Constellation”, que guia o jogador numa jornada onde este aprende sobre técnicas de relaxamento através de respiração e movimentos físicos. São ainda mencionados os procedimentos médicos que irão suceder e as sensações a estes associados. O jogador pode ainda explorar a sala do bloco operatório e ao visualizar pósteres físicos estrategicamente colocados na sala, são despoletadas animações que dão continuação à narrativa.

A ansiedade dos pacientes foi avaliada antes de qualquer procedimento, seja o tradicional ou com uso de RA, e ambos os grupos apresentaram níveis semelhantes de ansiedade. Após a intervenção a ansiedade foi medida novamente, sendo que o grupo A teve um aumento significativo em comparação com a primeira medição. Por outro lado, o grupo B demonstrou níveis menores de ansiedade na segunda medição, quando comparado ao grupo A, e a maioria dos integrantes revelou vontade de repetir a experiência.

Outro exemplo notável deste cenário é o desenvolvimento do jogo “Ane, uma Aventura no Mundo da Anestesia” pela Dra. Débora Cumino, coordenadora do Departamento de Anestesiologia do Sabará. A aplicação foi criada após uma tese de doutoramento e uma tese de mestrado sobre métodos para reduzir a ansiedade das crianças antes da administração da anestesia. Este jogo lúdico tem como objetivo informar a criança sobre o que irá acontecer no processo de hospitalização, anestesia e cirurgia. A aplicação mostrou uma nova ferramenta de informação e distração que pode ser utilizada no cuidado do paciente pediátrico, permitindo aos profissionais de saúde fornecer informação e distração numa linguagem apropriada à faixa etária.

## Desafios e considerações

Embora os benefícios da RA na redução de ansiedade em crianças sejam promissores, existem desafios que precisam ser considerados. Entre eles, destacam-se o custo de desenvolvimento e implementação da tecnologia RA, a introdução necessária para a sua utilização, por ser uma tecnologia recente e ainda pouco explorada para este efeito, e a garantia de que o conteudo demonstrado é de fácil compreensão para as crianças. Ainda assim os estudos revisados e as aplicações reais demonstram que a RA pode melhorar a experiência hospitalar das crianças, tornando-as menos assustadas e mais informadas. O desenvolvimento contínuo e a implementação dessas tecnologias têm o potencial de transformar a abordagem atual para a preparação cirúrgica pediátrica, beneficiando tanto os pacientes quanto os profissionais de saúde.

## Realidade aumentada

A Realidade Aumentada é uma tecnologia que permite sobrepor elementos digitais a um ambiente real. Esta sobreposição procura expandir a visão real que uma pessoa possuí, acrescentando, entre outras coisas, informação, gráficos ilustrativos sobre a temática abordada e desenhos elaborados com o intuito de aumentar o nível de espetáculo. Deste modo, a RA é definida como uma tecnologia de baixo nível de imersão, uma vez que, por norma, não existe a possibilidade de interação com os elementos digitais que esta apresenta.

Ao abordar a Realidade Aumentada, importa notar que este é um conceito que suscita muitas dúvidas e dificuldade na sua compreensão integral. Existe uma dificuldade generalizada no entendimento daquilo em que se consubstancia realmente esta tecnologia. Dificuldade, esta, que deriva da existência de tecnologias muito similares, como é o caso da Realidade Mista e da Realidade Virtual, o que, inevitavelmente, gera confusão ao público geral. Nesta senda, é curial definir estes dois conceitos.

A Realidade Mista é uma tecnologia que, na sua essência, é bastante análoga à RA, uma vez que na RM o conceito base é o mesmo do que na RA. Ou seja, também a RM se traduz na sobreposição de elementos digitais a uma visão de um ambiente real. Contudo, apresente como fato distintivo a possibilidade de interação com os objetos digitais. Como tal, a RM é considerada uma tecnologia que possuí um nível de imersão intermédio, sendo este mais elevado do que na RA, mas inferior ao nível de imersão oferecido pela RV.

Por seu turno, na Realidade Virtual, o conceito base é substituir, por completo a visão que o seu utilizador tem do mundo real, por uma de um mundo virtual. Assim, é curial afirmar que existe uma diferença notória entre a RV e a RA, desta forma a dificuldade em distinguir estas duas tecnologias não é tão preponderante. Para além disso, é de relevo notar que o nível de imersão presente na Realidade Virtual é considerado alto, sendo este substancialmente mais elevado do que na Realidade Aumentada e superior ao presente na Realidade Mista.

Contudo, é, ainda, possível englobar todas as tecnologias supramencionadas na Realidade Estendida. Este conceito foi, precisamente, criado com o objetivo de servir de termo genérico para todo o tipo de tecnologia que altera a visão que uma pessoa tem do mundo real, através da adição de elementos digitais. Ainda assim, releva mencionar que a RE não está limitada às tecnologias mencionadas, sendo possível afirmar que todo o tipo de tecnologia que mistura o mundo real com o virtual é englobado por este termo.

### Tipos de Realidade Aumentada

Existem diversas abordagens à RA que se diferenciam, maioritariamente, no fim da sua utilização, assim como na maneira que são empregues. É importante realçar que, a mesma aplicação de RA pode conter vários tipos de Realidade Aumentada presentes.

### Realidade Aumentada baseada em marcadores

A Realidade Aumentada baseada em marcadores, também conhecida por RA de reconhecimento de imagem, consiste no *scan* de padrões que se encontram no mundo real, tais como, por exemplo, códigos *Quick Response* (QR), vídeos, imagens ou texto. Estes padrões necessitam de ser distintos do ambiente onde se encontram, ser facilmente reconhecíveis e processáveis por câmaras de dispositivo como telemóveis ou *tablets*.

O processo de funcionamento deste tipo de RA consiste em apontar, por exemplo, a câmara de um telemóvel para um marcador, onde, após o reconhecimento e processamento do marcador em questão, vai ser mostrado, no ecrã do telemóvel, o objeto digital que lhe corresponde.

### Realidade Aumentada baseada na localização

No caso da RA baseada na localização, vai ser necessário recolher e processar informação de um dispositivo. Esta informação é providenciada pela câmara, pelo *Global Positioning System* (GPS), compasso digital, acelerómetro do referido dispositivo. Para além deste processo, é também, feito uma previsão sobre qual o ponto de foco do utilizador.

Neste tipo de Realidade Aumentada, os elementos digitais, que estão associados a uma certa localização física vão ser mostrados ao utilizar, quando a localização do seu dispositivo corresponder à localização física associada aos elementos.

### Realidade Aumentada baseada na projeção

A Realidade Aumentada baseada na projeção, também denominada por RA espacial, envolve a utilização de projetos fixos e câmaras para a projeção de informação sobre um contexto físico. Releva notar que este tipo de RA é utilizado para criar ilusões de profundidade, orientação e posição de um objeto real.

É, ainda, importante realçar que, apesar de na Realidade Aumentada não ser possível haver interação entre os objetos digitais e o mundo real, neste tipo específico de RA, esta interação é possibilitada. Isto é possível através da alteração do contexto do espaço físico, onde está a ser projetada a informação.

### Realidade Aumentada baseada na superimposição

A RA baseada na superimposição 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 para o correto funcionamento deste tipo de Realidade Aumentada.

Importa realçar que, este tipo de RA é o mais conhecido, tendo adquirido especial destaque nos últimos dez anos. Durante a última década, a popularidade da RA baseada na superimposição cresceu, significativamente, devido a dois fatores, sendo estes, as redes sociais, através da larga disponibilização de filtros que alteram a cara das pessoas, e o lançamento de jogos digitais, que utilizam elementos de RA.

### Realidade Aumentada baseada na delineação

Por último, a Realidade Aumentada baseada na delineação recorre à utilização de câmaras especiais, construídas em conformidade com o sistema visual humano, para desenhar arestas ao redor de um objeto. Isto implica que este tipo de RA empregue técnicas que confiram, ao dispositivo utilizado, a capacidade de reconhecer objetos.

Este tipo de RA é especialmente pensado e, por consequência, maioritariamente encontras nas indústrias da arquitetura, *design* interior, planeamento urbano e, mais recentemente, na indústria automóvel. Este último caso é o que gera, na população geral, maior discussão, impulsionando a procura cada vez maior dos carros inteligentes e, por consequência, potenciando o incessante desenvolvimento desta indústria.

### Tecnologias

Existem várias tecnologias utilizadas no desenvolvimento da Realidade Aumentada. Estas podem ser divididas no seu âmbito em *hardware* e *software* sendo que, cada uma, corresponde a diferentes requisitos da Realidade Aumentada.

### Hardware

No que respeita ao *hardware*, para uma correta experiência de RA, é necessária a presença de processadores, ecrãs, sensores e *inputs* de dados.

O processador é responsável por interpretar os *inputs* de dados, de modo a decidir como proceder com a experiência de RA. Neste componente o único requerimento é que este seja suficientemente eficaz para garantir um bom desempenho da experiência.

Existem vários tipos de ecrãs que podem ser utilizados para uma experiência de Realidade Aumentada. Neste âmbito, podem distinguir-se os ecrãs *Optical See-through* e os ecrãs *Video See-through*. No primeiro caso, o utilizador visualiza o mundo real da maneira a que está acostumado, com a presença de elementos digitais acrescentados através da RA. Por outro lado, no segundo caso, o utilizador vai visualizar o ambiente real através de um *feed* capturado pelas câmaras do dispositivo.

Os sensores são, atualmente, utilizados para capturar movimentos e reconhecer sons e ou vozes, de modo a permitirem o reconhecimento visual e de áudio da aplicação de RA.

O componente de *input* de dados junta os sensores a outras entradas de dados como, por exemplo, câmaras, com o objetivo de obter a maior quantidade de dados possível e necessária para continuar com o correto funcionamento da experiência de RA.

Neste seguimento, é importante notar que os dispositivos mais utilizados são os *smartphones*. Estes são considerados os dispositivos ideais para uma experiência de RA, uma vez que, possuem todos os requerimentos necessários para proporcionar uma boa experiência de RA ao utilizador, a saber óculos, *Head-mounted Displays* (HMD) e *Head-up Displays* (HUD). Releva ressalvar que, estes dois últimos, também são utilizados em aplicações de Realidade Mista e Virtual.

### Software

No âmbito de *software*, existem variadas abordagens utilizadas que, maioritariamente, se distinguem pela quantidade e qualidade de *features* que cada uma oferece.

Assim, é imperativo realçar os seguintes *softwares:* *AR Core* e *AR Kit*, que são *Software Development Kits* (SDK) utilizados para executar a experiência de RA em dispositivos *Android* e *iOS*, respetivamente; *Unity* e o *Unreal Engine*, utilizados, especialmente, para o desenvolvimento de jogos digitais, devido ao seus respetivos motores de jogo e *AR Foundation*, utilizado pelo *Unity* para o desenvolvimento de jogos para dispositivos móveise o *Vuforia*, que são *frameworks* utilizadas no desenvolvimento de aplicações de RA.

# Proposta da Solução

## Requisitos

Para uma melhor visualização das funcionalidades que a aplicação deve ter, foi definida uma lista de requisitos. Esta abordagem permitiu perceber o que era necessário cumprir para que a aplicação atingisse as funcionalidades finais e, deste modo, possibilitou uma organização mais eficaz no desenvolvimento do jogo. Os requisitos foram divididos em duas partes, os requisitos funcionais e os requisitos não funcionais.

### Requisitos Funcionais

Os requisitos funcionais definem o que a solução deve fazer na sua versão final.

* Implementar um jogo de memória com o uso de cartas físicas
  + Deteção de marcadores físicos
  + Associar marcadores a modelos 3D
* Conteúdo Educacional
  + Explicação clara e simplificada dos procedimentos médicos
  + Uso de personagens amigáveis e uma narrativa envolvente para explicar os procedimentos
  + Demonstração dos procedimentos com o uso de RA, de uma forma interativa
* Dispositivos
  + Utilização do dispositivo móvel de fácil acesso e utilização por parte das crianças
* Interface de Usuário (UI) intuitiva e atraente
  + Design de interface adaptado para crianças, com botões grandes, ícones intuitivos e elementos gráficos de fácil reconhecimento
  + Feedback visual e sonoro para cada ação do jogador

### Requisitos Não Funcionais

Os requisitos não funcionais, por outro lado, os parâmetros ou limitações do sistema, neste caso, os requisitos que a aplicação deve seguir para que trabalhe corretamente:

* Utilização de um dispositivo que contenha a *framework AR Core*, ou seja, exclusivamente um dispositivo Android.
* Desempenho
  + Resposta rápida às interações do jogador
  + Uso eficiente dos recursos do dispositivo, de modo a garantir a fluidez do jogo
* Usabilidade
  + Facilidade de uso por parte das crianças, sem necessidade de aprendizagem prévia
  + Interface simples sem sobrecarregar o jogador com informação
* Escalabilidade
  + Capacidade de adicionar novos procedimentos e conteúdos educativos sem necessidade de reescrever funcionalidades implementadas anteriormente
* Manutenção
  + Código fonte bem documento, de modo, facilitar a manutenção e futuras atualizações

## Arquitetura

A arquitetura do projeto foi dividida em três camadas.

### Apresentação

Nesta camada incluem-se a interface do usuário (UI), com todos os elementos visuais, o motor de jogo, neste caso o motor de jogo *Unity* e o módulo de realidade aumentada, inicialmente idealizado para a *framework Vuforia* e mais tarde substituída pela *framework ARFoundation*.

### Lógica de Negócio

Esta camada é responsável pela gestão da sessão de jogo que controla o progresso e o estado deste. Tambem controla as mecânicas de jogo, implementando as regras, a lógica de colisões, eventos e interações. A maior parte desta camada é baseada em scripts, que são executados no decorrer do jogo.

### Recursos

Esta camada inclui todos os recursos necessários para a execução do jogo como modelos 3D, texturas, sons e animações.

TODO - Diagrama

## Vertente Didática

Durante as reuniões realizadas com as enfermeiras do hospital de Leiria foi nos explicado a importância de demonstrar previamente os procedimentos pré-cirúrgicos às crianças, com isto, foram escolhidos 3 procedimentos a serem explicados durante o jogo. Nomeadamente a aplicação do penso analgésico, colocação do garrote e inserção do cateter.

A explicação detalhada destes procedimentos é fundamental, pois quando as crianças sabem o que irá acontecer, isso as ajuda a acalmar e a aliviar a ansiedade. Entender o que está por vir proporciona uma sensação de controle e segurança, reduzindo o medo do desconhecido e tornando a experiência hospitalar menos stressante para os pequenos pacientes.

## Vertente Lúdica

Além das explicações dos procedimentos, a aplicação incorpora uma vertente lúdica de forma a tornar a experiência mais agradável para as crianças. O jogo de memória foi a ferramenta escolhida para distrair e cativar as crianças. Ao se focarem na atividade, as crianças desviam a atenção da ansiedade e do medo, permitindo que relaxem e se divirtam.

O jogo possui uma narrativa envolvente que entretém as crianças ao longo da sua jornada. A história foi cuidadosamente elaborada para capturar a imaginação dos pequenos pacientes, proporcionando uma experiência imersiva que torna a espera e a preparação para os procedimentos mais leves e suportáveis. A combinação de elementos lúdicos e informativos ajuda a criar um ambiente mais positivo e acolhedor para as crianças.

## Protótipo

Foi desenvolvido um protótipo não funcional utilizando a plataforma *Figma*, com o objetivo de delinear aquele que seria o fluxo do jogo e nos auxiliar no seu desenvolvimento. No entanto, à medida que o desenvolvimento progredia, foram tomadas decisões que divergiam da ideia original representada no protótipo. Essas alterações ocorreram devido a diferentes razões, incluindo o tempo necessário para o desenvolvimento de certas funcionalidades, a necessidade de manter a coerência ao longo do jogo e modificações solicitadas pelas enfermeiras que acompanharam o projeto. Estas profissionais de saúde, familiarizadas tanto com o ambiente hospitalar quanto com as crianças que futuramente jogarão o jogo na ala pediátrica do hospital, contribuíram de maneira significativa para essas mudanças.

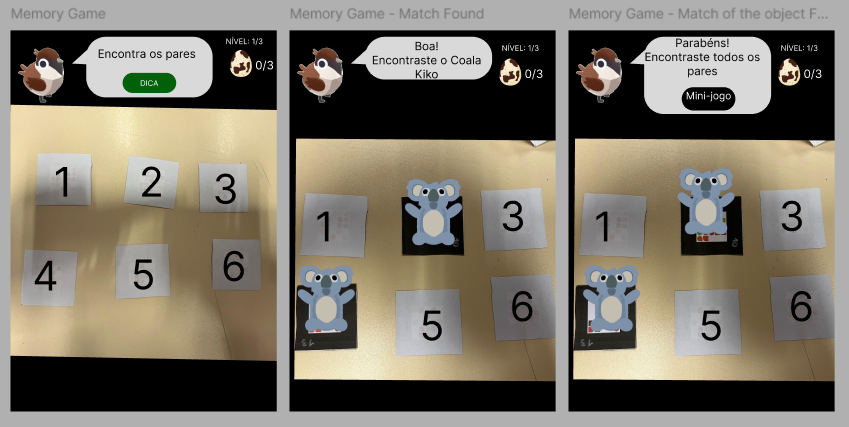
O jogo começa com uma pequena introdução da personagem principal, o pássaro, ao qual foi atribuído o nome de Alfredo, e da sua história da qual o jogador fará parte. O Alfredo acompanha o jogador ao longo do jogo, atuando como um "companheiro" de forma a garantir que a criança se sinta sempre acompanhada e nunca perdida. É ainda nesta parte do jogo que são explicados ao jogador os objetivos a serem cumpridos de forma a terminar o jogo com sucesso.

A screenshot of a video game

Description automatically generated

Depois de o jogador estar familiarizado com o ambiente do jogo, ele é conduzido para o primeiro desafio. Este desafio consiste num jogo de memória utilizando cartas físicas e a tecnologia de realidade aumentada baseada em marcadores. O objetivo é que o jogador ao apontar a câmara do dispositivo móvel para os marcadores presentes na parte debaixo de cada carta revele o modelo 3D de um animal, e desta forma tentar encontrar os pares de animais iguais. A explicação do funcionamento do jogo é feita de forma interativa pelo companheiro Alfredo. Este jogo de memória será jogado posteriormente outras duas vezes, de forma intercalada com outros minijogos. A mecânica do jogo permanecerá a mesma; a única mudança relevante será os animais que o jogador encontra em cada carta, que irão variar conforme o minijogo que se sucede, pois estes fazem parte da narrativa do jogo, garantindo continuidade e coerência à história.

Para completar o jogo de memória o jogador precisa encontrar os três pares de animais iguais. Uma vez completado, o jogador é direcionado para um minijogo onde irá aprender sobre um dos procedimentos médicos aos quais será submetido no futuro. Durante o decorrer do jogo, foi idealizada a criação de um botão de ajuda denominado “Dica”, para ser utilizado caso o jogador esteja a ter dificuldades em encontrar os pares. Após um determinado intervalo de tempo sem que o jogador encontre um par ou ao atingir um certo número de tentativas sem sucesso, o botão fica disponível para auxiliar o jogador. Ao pressionar o botão “Dica”, o jogo auxilia o jogador, mostrando quais cartas contêm um par através de números presentes na parte superior das cartas ou destacando as cartas que contêm um par com elementos digitais visíveis. Isso proporciona uma maneira eficaz de garantir que o jogador não fique frustrado e mantenha a experiência de jogo dinâmica.



Existem três minijogos, cada um referente a um procedimento médico específico, os minijogos estão ordenados dos procedimentos menos evasivos para os mais evasivos. No primeiro minijogo o jogador irá aprender sobre a aplicação do penso EMLA e da pomada analgésica; no segundo, sobre a aplicação do garrote e no terceiro, sobre a aplicação do cateter. As mecânicas necessárias para completar os minijogos envolvem clicar nos elementos 3D representativos dos utensílios médicos e arrastá-los para realizar as ações necessárias.

No protótipo inicial, os passos necessários para completar os minijogos e os procedimentos médicos em si eram explicados pelo companheiro Alfredo, mais tarde em conjunto com as enfermeiras surgiu a necessidade de criar uma metáfora entre os animais e os utensílios médicos de forma a mitigar a desconfiança das crianças. Por exemplo, o facto de o Coala dar abraços foi associado ao garrote apertar o braço. Dessa forma, os animais descobertos previamente no jogo de memória foram usados para explicar os procedimentos médicos a eles associados, tornando a explicação mais lúdica e acessível para as crianças.



O mecanismo de recompensa utilizado, baseia-se em ajudar o companheiro Alfredo a encontrar os seus ovos perdidos. Inicialmente, planeou-se recompensar o jogador imediatamente após completar um minijogo. No entanto, posteriormente, desenvolveu-se uma ideia mais interativa com o mesmo objetivo. Agora, após completar um minijogo, o jogador ajudará o Alfredo a encontrar um dos seus ovos escondidos em um dos arbustos. Para isso, o jogador precisará procurar os arbustos ao seu redor usando a câmara. Existem três arbustos espalhados no espaço, e em um deles estará o ovo.



O jogo termina quando o jogador encontra os 3 ovos do Alfredo, após isto é redirecionado para a cena final onde será congratulado e terá duas opções: recomeçar o jogo ou sair da aplicação.



## Dispositivos Android

Dado que os jogos digitais fazem parte da cultura das crianças e adolescentes da atualidade e considerando que a maioria está familiarizada com o uso de dispositivos móveis, optou-se pela utilização de um tablet. Essa escolha excluiu outros dispositivos, como os óculos de sobreposição virtual, como o Hololens da Google, com os quais as crianças não estão tão familiarizadas evitando assim a necessidade de um processo prévio de aprendizagem do dispositivo, permitindo que a criança comece a jogar de imediato.

De forma a testar o jogo à medida do seu desenvolvimento foi requisitado um tablet Samsung Galaxy Tab S5e no suporte DEI. Todas as funcionalidades relativas ao jogo foram implementadas e testadas com base neste dispositivo. A escolha do tablet foi fundamentada por duas razões: as suas dimensões e a compatibilidade com a plataforma ARCore, essencial para o desenvolvimento de um jogo com realidade aumentada.

As dimensões do *tablet* em questão são ideais para o público-alvo, visto que o jogo será jogado por crianças que precisam manusear o *tablet* enquanto interagem com cartas físicas. O tamanho do tablet é suficientemente grande para que os elementos digitais do jogo sejam facilmente interpretáveis, sem se tornarem confusos, e suficientemente pequeno para que as crianças possam manuseá-lo confortavelmente.

## Jogo com a Framework Vuforia

Inicialmente, para efeitos de introdução à tecnologia de RA foi utilizada a f*ramework Vuforia*, devido à sua extensa documentação e funcionalidades básicas que permitiram explorar e ganhar conhecimentos relativos à implementação da tecnologia Realidade Aumentada de maneira eficaz e rápida. Deste modo, foi desenvolvido um jogo de memória, semelhante ao utilizado na aplicação final, recorrendo à *framework* em questão.

Conforme o projeto avançou, percebemos que a *ARFoundation*, sendo uma *framework* desenvolvida pela *Unity Technologies*, oferecia uma integração mais fluida e uma maior compatibilidade com outras ferramentas e *plugins* do ecossistema *Unity*, reduzindo assim a complexidade do desenvolvimento e manutenção do jogo a longo prazo. Outro fator determinante foi o licenciamento. *ARFoundation*, como parte da *Unity*, não requer licenças adicionais para uso comercial que poderá vir a ser o caso.

# Desenvolvimento

## Unity

O jogo foi implementado utilizando o motor de jogo do *Unity*, aproveitando as suas ferramentas para criar os ambientes interativos. A lógica do jogo e as suas funcionalidades foram implementadas através de scripts em C#, garantido um comportamento dinâmico e responsivo.

### Recursos

No âmbito dos recursos é importante mencionar a vasta documentação existente sobre o *Unity* assim como, os vários cursos de aprendizagem disponibilizados no *Unity Learn*. Para além destes, temos ainda, a *Unity Asset Store*, um local onde se pode adquirir recursos, grátis ou pagos, como ferramentas, *add-ons*, modelos em duas e três dimensões, texturas, áudios, entres vários outros. É de realçar, ainda, a existência de outros recursos *on-line* fornecidos por outros utilizadores do *Unity* e a ajuda fornecida pelo professor Doutor Roberto Ribeiro e pela Professora Doutora Anabela Marto que sempre se mostraram disponíveis para oferecer sugestões e esclarecer qualquer dúvida que surgisse ao longo do desenvolvimento do jogo.

### Editor

O editor *Unity* é o local por onde se desenvolve o jogo. Este têm várias funcionalidades sendo as mais relevantes: a hierarquia de objetos na cena (1), a janela de interação com a cena (2), o *inspector* onde, se pode editar diversos parâmetros sobre cada objeto e o sistema de acesso a ficheiros (4).

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Ao clicar num dos objetos da cena na hierarquia a sua informação vai aparecer no *inspector*, local onde é possível ver e editar vários dos parâmetros deste. Aqui vai, também, ser possível adicionar componentes ao objeto tais como, *scripts*,que permitem controlar o objeto enquanto o jogo corre, física, como Rigidbody, colisões, como o BoxCollider, entre vários outros. É de notar, ainda, que é possível ter variáveis de um script no inspector utilizando o atributo [SerializeField] aquando da declaração destas.

### Packages

Umas das funcionalidades mais importantes da plataforma *Unity* é a sua capacidade de importar e exportar *packages*, que é efetuado pelo *Unity Package Manager*, o sistema oficial de gestão de *packages* do *Unity*. Através da utilização deste recurso, é possível encontrar e partilhar pacotes de elementos de desenvolvimento por toda a comunidade do *Unity*. Para fazer uso desta ferramenta, o utilizador necessita de, primeiro, encontrar e subscrever um package na *Unity Asset Store*. Posteriomente, este, terá de recorrer à opção *Package Manager*, dentro do separador *Window* do editor, para importar o pacote que subscreveu. Após realizado este processo, os elementos importados são disponibilizados nos *Assets* do projeto para a sua utilização no desenvolvimento do jogo.

A screenshot of a computer

Description automatically generated

### Scenes

A ferramente *Unity*, possui a capacidade de dividir várias etapas de um jogo em cenas diferentes. Cada cena tem um objetivo diferente das demais. Isto permite uma organização superior do projeto e garantir a manutenção deste assim como, facilitar futuras atualizações.

No caso específico do jogo desenvolvido, foram utilizadas cinco *scenes* para dividir as etapas designadas mais importantes do jogo.

### Sistema de partículas

O sistema de partículas, disponibilizado pela plataforma *Unity*, é uma componente que simula entidades como líquidos, nuvens e chamas através da geração e animação de um número elevado de imagens 2D, as quais denominados de partículas. Estas partículas possuem vários campos que permitem a sua customização na janela *Inspector*. Com isto, é de realçar que, este sistema permite a criação de todo o tipo de componentes que envolvem partículas, como é o caso de confettis, algo que acabou por ser utilizado no desenvolvimento do jogo abrangido por este relatório e que vai ser explanado posteriormente, no capítulo 4. Para além destes, o sistema em questão foi utilizado para elaboração da ilusão de folhas a cair de arbustos que se encontram a abanar.

Por fim, é de mencionar que, este sistema requer capacidade por parte do *hardware* do dispositivo para o seu correto funcionamento. Um dispositivo que não possua hardware suficiente para os requisitos do sistema de partículas vai ter como consequência um desempenho substancialmente inferior que, até pode acabar por comprometer a qualidade da experiência por parte do jogador. Com isto, é importante realçar que, ao longo do desenvolvimento do jogo, foi encontrado este constrangimento. De modo a resolver o problema, foram feitos testes de desempenho utilizando várias configurações diferentes para o sistema de partículas. Esta metodologia sucedeu na eliminação do constrangimento mencionado.

### Áudio

O *audio source* é uma componente do *Unity* que reproduz um *clip* de áudio através de um *audio listener* ou de um *audio mixer*. Esta componente pode ser configurada para reproduzir qualquer tipo de áudio, podendo este ser 2D, 3D ou de um outro tipo de mistura. A componente oferece, também, liberdade para escolher o melhor tipo de colunas para o *clip* que se pretende reproduzir assim como, para escolher a distância relativa ao volume do áudio. Existem, ainda, muitas outras configurações possíveis nesta componente de modo que o seu utilizador tenha o máximo de liberdade possível para reproduzir sons da maneira que entenda ser a melhor.

Durante o desenvolvimento do jogo, esta componente, mostrou-se instrumental no aperfeiçoamento do sistema de feedback que o jogador obtém ao longo da sua experiência. Através do recurso a esta componente, o jogador, através do seu sistema de audição, tem a capacidade de compreender se está a progredir, a errar ou se consegui-o concluir um dos objetivos do jogo.

### Scripts

De modo a possibilitar a alteração do estado do jogo em tempo real, ou seja, durante a experiência, o *Unity* oferece a integração de *scripts*, escritos com recurso à linguagem de programação C#. Estes scripts mostraram-se fundamentais no desenvolvimento do jogo já que, sem eles, não seria possível o desenvolvimento alcançar patamares que seriam desejáveis.

Neste âmbito, é importante realçar a linguagem de programação C#, desenvolvida com o objetivo de ser orientada a objetos. A utilização desta linguagem, neste contexto, permite ao programador do jogo, definir instruções a serem executadas quando o *script* em questão é chamado, através do método *Start*, e definir instruções a serem executadas a cada *frame* do jogo, através da função *Update*. É de notar, ainda, que o programador não está limitado a apenas estes dois métodos já que, existem muitos mais no teor dos mencionados. Para além disso, também é possível o programador construir métodos customizados de modo a melhor satisfazer os seus requisitos.

Com isto, durante o desenvolvido do jogo, foi definido que cada *scene* deveria possuir um script para controlar as mecânicas e um outro para controlar os elementos de interface (UI). Esta decisão foi tomada de modo a garantir a organização do código. É de notar que, devido às suas características, as *scenes* de início e fim do jogo foram exceção a esta regra já que, não justificavam a presença de um *script* para apenas controlar os elementos da sua interface, ou seja, cada uma possui, apenas, o seu script de controlo. Foram criados, também, *scripts* de modo a controlar o sistema de áudio do jogo e o companheiro, personagem que irá acompanhar o jogador ao longo do jogo, descrito posteriormente. Para além destes, foram constituídos *scripts* de modo a implementar a funcionalidade de tratamento de colisões e a implementar o efeito de máquina de escrever ao texto. Este último foi obtido no GitHub, do pacote de livre acesso *Typewriter Version 2*, do usuário rioter00. Deste pacote apenas o script TW\_MultiStrings\_All foi utilizado, tendo sofrido uma pequena alteração de modo a detetar linebreaks quando os caracteres “\n” estivessem presentes no texto das mensagens. Por fim, é de notar que, estes scripts e as suas funções irão ser abordados em maior detalhe no subcapítulo 4.3.

### AR Session e XR Origin

A *AR Session* e a *XR Origin* são componentes integrantes da Realidade Estendida que permitem o acontecimento de uma experiência de Realidade Aumentada na plataforma *Unity*.

A componente *AR Session* controla o ciclo de vida de uma experiência de Realidade Aumentada. Esta refere-se a uma instância da experiência de RA, sendo de especial importância mencionar que, sem esta, não é possível existir a experiência de Realidade Aumentada.

Por sua vez, a componente *XR Origin*, contém a câmara de Realidade Aumentada, o que, por consequência, permite a interação e o *tracking* de objetos num espaço de Realidade Estendida. É de notar que, esta componente vai definir o tipo ou os tipos de RA a utilizar e, vai permitir atribuir uma biblioteca de imagens de referência que podem ser utilizadas pela Realidade Aumentada.

### Prefabs

De modo a aumentar a organização de um projeto *Unity*, esta ferramenta oferece a funcionalidade de criação e gestão de *prefabs*, um elemento que é constituído por um modelo. Ao criar um *prefab*, o programador, tem a possibilidade de configurar o modelo que lhe é relativo, alterando dimensões, rotações e adicionar componentes a este, de modo a, de uma maneira geral, definir a lógica do modelo. Após efetuado este processo, é possível reutilizar esta configuração para todo o objeto que é criado através do *prefab*. Com isto, é possível compreender que, com a utilização desta funcionalidade, não é necessário configurar o mesmo modelo várias vezes, facilitando o processo de desenvolvimento.

## Blender

A aplicação Blender foi utilizada para criar os elementos digitais, que aqui denominamos por modelos, com os quais o jogador interage durante todo o jogo. Todos os modelos presentes no jogo da memória e nos minijogos, local onde são explicados os procedimentos médicos, foram criados e exportados do Blender diretamente para o *Unity*.

### Modelação

Todos os modelos foram criados utilizando técnicas simples de modelação, com base num estilo de modelação *low poly* por duas razões principais: primeiro, por uma questão estética, facilitando a interpretação dos modelos por parte dos jogadores uma vez que, o jogo se destina a crianças num ambiente hospitalar, onde a simplicidade e a clareza visual são essenciais para que seja proporcionada uma experiência acessível; em segundo, para garantir que cada modelo tenha poucos vértices, evitando sobrecarregar o jogo com modelos pesados e difíceis de processar.

### Texturização

Foram exclusivamente utilizados nós *Principle Bidirectional Scattering Distribution Function* *(BSDF)* para texturizar os modelos uma vez que, os ficheiros de exportação do *Blender*, e posteriormente de importação no *Unity* serem ficheiros *Filmbox (FBX)*. que permitem juntamente com os modelos exportar também os materiais BSDF associados a cada modelo de forma simples e sem perda de qualidade.

### Exportação de modelos

Como supramencionado brevemente no subcapítulo anterior foram utilizados ficheiros fbx. para exportar os modelos do Blender diretamente no Unity. A escolha deste tipo de ficheiros deve-se à ampla compatibilidade entre as duas plataformas no processamento deste tipo de ficheiros garantido que são importados corretamente sem perda de informação ou necessidade de conversões adicionais.

## BraveHearts AR Jogo

O enredo do jogo gira em torno da cativante história de Alfredo, um pássaro cujos ovos foram perdidos após uma tempestade levar o seu ninho. O jogador é imerso numa jornada emocionante onde ajuda Alfredo a recuperar os seus preciosos ovos. Ao longo dessa aventura, o jogador depara-se com novas personagens, a borboleta Aurora, o Coala Kiko e a abelha Mel. Cada uma dessas personagens não apenas acompanha Alfredo e o jogador na sua busca pelos ovos, mas também desempenham um papel crucial ao ensinar, de maneira lúdica e envolvente, sobre os procedimentos médicos que o jogador enfrentará após completar o jogo.

### Buddy

O *Buddy,* o pássaro Alfredo, foi criado com o intuito de proporcionar uma sensação de acompanhamento e companheirismo aos jogadores. Considerando que o jogo é destinado às crianças da ala pediátrica do Hospital de Leiria, identificou-se a necessidade de criar um “companheiro” que pudesse estabelecer uma relação de empatia com as crianças, tornando a experiência do jogo mais acolhedora e envolvente.

Esta personagem foi concebida para que as crianças não se sintam sozinhas durante o jogo, oferecendo apoio constante e guiando-as através das diversas etapas e desafios. Ao criar essa conexão emocional, o Buddy ajuda a aliviar a ansiedade e o medo associado aos procedimentos médicos, transformando a experiência do jogo uma jornada compartilhada e menos intimidante.

Após uma sessão de *brainstorming* com as enfermeiras do Hospital de Leiria, foi decidido adotar uma temática animal para todo o jogo. Nesse contexto, optou-se por fazer do “Buddy” um pequeno e amigável pássaro, que não causasse medo nas crianças.

Com base neste critério, escolheu-se o modelo 3D do pássaro em questão. O modelo 3D foi obtido através da *asset store* do pacote Quirky Series – Free Animals Pack. Este modelo já vinha com animações associadas, o que facilitou dar vida à personagem, tornando-a mais dinâmica e expressiva, fortalecendo a sensação de companhia e empatia com as crianças.

A cartoon of a bird

Description automatically generated

### Start Scene

Ao abrir a aplicação, o jogador é apresentado ao seu novo companheiro de aventura, o pássaro Alfredo. Nesta cena inicial, é feita a introdução à aventura e aos objetivos que o jogador e Alfredo irão enfrentar juntos. Alfredo conta sua triste história sobre como perdeu seus ovos durante uma tempestade. O objetivo do jogador é ajudá-lo a encontrá-los, dando início a uma jornada repleta de aprendizagem e diversão.

Esta introdução é feita através de um balão de fala, o que dá vida à personagem Alfredo. Foi usado um sprite de imagem de balão de fala, que recebeu cortes (slices) para permitir sua expansão conforme o tamanho do texto da fala da personagem. Um container foi utilizado para restringir o texto dentro do balão, o jogador pode navegar pelas mensagens do Alfredo através de um botão “Seguinte” presente no canto inferior direito do balão. Ao finalizar o discurso, esse botão é substituído por um botão "Jogar", que leva o jogador ao primeiro desafio, o jogo de memória.

Foi ainda implementado um efeito de máquina de escrever ao texto, com recurso ao script TW\_MultiStrings\_All, que cria a sensação de que o texto está a ser escrito no momento e que a personagem está realmente a falar com o jogador, dando assim mais vida à personagem. Esta técnica de representação do discurso foi posteriormente utilizada para todas as personagens ao longo do jogo.

A cartoon bird on a table

Description automatically generated

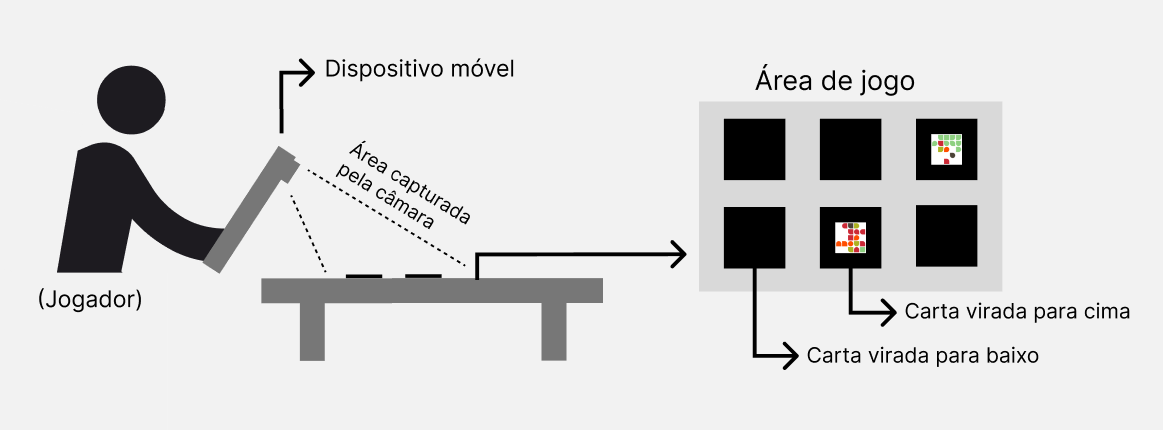
### Jogo de memória

Feita a introdução, é agora a altura de começar a jogar o jogo. O primeiro desafio é exclusivamente focado na parte lúdica do jogo; aqui, o jogador não irá aprender sobre os procedimentos médicos, mas vai unicamente divertir-se. O desafio é um jogo de memória simples composto for 6 cartas, ou seja, 3 pares.

A inovação para tornar a experiência diferente de um tradicional jogo de memória é a introdução da tecnologia de RA. Quando o jogador vira as cartas para tentar encontrar os pares, não irá obter resultados, uma vez que as cartas são todas diferentes. Para completar o jogo com o sucesso o jogador precisa de usar a câmara do dispositivo móvel, 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.

A logo with colorful squares

Description automatically generated



A mecânica do jogo consiste, como supramencionado, no reconhecimento de padrões, que neste caso denominados de marcadores, presentes em cartas físicas que, ao serem detetados, irão mostrar no ecrã do dispositivo móvel o modelo de Realidade Aumentada aos quais foram associados, atribuídos na janela *Inspector* a um vetor de *GameObjects*, de modo a serem tratados sempre que é iniciado um jogo de memória. Com o objetivo de facilitar a implementação, foi considerado que o nome dos modelos, ao serem carregados no início do jogo, deveria corresponder ao nome do marcador que lhe diz respeito e que os modelos de RA relativos a animais que não correspondem ao nível atual devem ser destruidos. Para garantir a correta funcionalidade desta mecânica é de notar a existência de dicionários, que permitem associar os marcadores aos modelos de RA e aos seus respetivos estados, sendo estes relativos ao estado de atividade do modelo, ou seja, se o modelo está ativo ou não, e, também, guardar os pares do respetivo nível. Continuando neste ponto, é importante realçar que, os pares são definidos aleatoriamente no início de cada jogo de memória tendo em conta que, se o jogador decidir voltar ao ecrã inicial e, posteriormente, decidir retornar ao jogo da memória, os pares serão definidos aleatoriamente de novo e o progresso do nível é restabelecido às configurações iniciais considerando que, o progresso no geral é mantido, sendo este guardado numa variável estática que salvaguarda o seu valor ao longo do todo jogo. Ou seja, o progresso do nível em questão é perdido, mas o progresso do jogo no seu global não.

Com isto, é importante notar a presença de um indicador de quantos animais foram encontrados em cada nível, implementado com o objetivo de facilitar a compreensão do estado de progresso do nível. Este indicador está representado com uma imagem alusiva ao animal do nível e é incrementado sempre que o jogador encontra um par com sucesso, sendo que volta às configurações iniciais sempre que o jogador decidir seguir o caminho de voltar ao ecrã inicial supramencionado. Ao encontrar três pares o jogador é convidado pelo pássaro Alfredo a brincar com o animal do nível. Com isto, o jogador, ao carregar no botão de brincar, vai entrar no minijogo respetivo do animal do nível, de acordo com a analogia estabelecida, inframencionada na secção 4.3.4. Por fim, é de notar que, para salvaguardar as regras do jogo, não é permitido que o jogador possua mais do que duas cartas viradas para cima. Isto é efetuado através do mecanismo de deteção que, se estiver a detetar três ou mais marcadores, irá desativar todos os modelos relativos a estes, informando o jogador através do sistema de mensagens e de áudio que só pode ter duas cartas viradas para cima ao mesmo tempo.

É, ainda, de realçar que, inicialmente, foi planeada a implementação de um sistema de dicas, de modo a facilitar a jogabilidade do jogo, para os casos onde o jogador não conseguisse encontrar um par durante um determinado intervalo de tempo ou de tentativas. Ficou decidido que, este sistema, iria funcionar através da presença de números nas cartas físicas, de modo a ser possível oferecer dicas ao jogador relativo a pares que estes ainda não tenha encontrado. Esta funcionalidade acabou por não ser implementada devido a constrangimentos de tempo.

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, que dependem da narrativa da história e serão usados para explicar o minijogo subsequente. No primeiro nível, os animais descobertos nas cartas são borboletas, e o jogador terá de encontrar os pares de borboletas iguais. No segundo nível, os animais são coalas, e no terceiro, abelhas.

As instruções necessárias para completar o jogo de memória são explicadas pelo próprio Alfredo e permitem ser revistas.

A group of white paper squares on a white surface

Description automatically generated

A group of butterflies on papers

Description automatically generated

A group of butterflies on a table

Description automatically generated

### Minijogos

Os minijogos foram concebidos como forma de introduzir a explicação dos procedimentos médicos aos quais a criança será submetida no futuro, evitando que a experiência se tornasse demasiado teórica e monótona. Como mencionado anteriormente, foi procurado um equilíbrio entre a vertente lúdica, representada pelo jogo de memória e a procura pelos ovos, e a vertente didática, onde a criança aprende através da interação com os utensílios médicos que serão usados pelos enfermeiros na vida real.

Existem três minijogos, cada um representativo de um procedimento médico específico. Esses procedimentos foram cuidadosamente escolhidos pelas enfermeiras do Hospital de Leiria, visando preparar as crianças para as experiências que irão vivenciar. Os procedimentos foram representados do menos evasivo para o mais evasivo e pela sua ordem realização real, o primeiro minijogo ensina sobre a aplicação do penso EMLA e da pomada analgésica, o segundo aborda a aplicação do garrote, e o terceiro explica a inserção do cateter. Ainda com a ajuda das enfermeiras foi criada uma metáfora entre os animais descobertos no jogo de memória e cada sensação associada ao procedimento. As instruções necessárias para completar os minijogos são fornecidas pelo respetivo animal associado. Essas instruções podem ser revisitadas a qualquer momento, o jogador pode aceder novamente às explicações carregando no botão presente no balão de fala do animal.

Dado que o público-alvo do jogo são crianças, procurou-se ao máximo reduzir o número de mecânicas necessárias para completar os minijogos, garantindo que a explicação dos procedimentos fosse facilmente absorvida. A simplificação das mecânicas também visou minimizar a curva de aprendizagem, tornando a experiência mais acessível e intuitiva. Dessa forma, as crianças podem se forcar na aprendizagem e na diversão, sentindo-se mais preparadas e confiantes em relação aos procedimentos médicos futuros.

### Minijogo 1 – Penso EMLA

O primeiro minijogo tem como objetivo explicar o procedimento da aplicação do penso EMLA. O penso EMLA funciona como um anestésico local, e é utilizado antes da punção venosa periférica realizada pelo cateter. Existem duas versões deste penso: uma que é apenas um adesivo aplicado diretamente no local da futura punção, e outra que envolve a aplicação de uma pomada antes de colocar o adesivo.

Foi escolhido representar no jogo a segunda variante, que utiliza a pomada. Essa escolha foi fundamentada no facto de que, embora os procedimentos das duas variantes sejam semelhantes, a segunda inclui o elemento adicional da pomada, tornando o minijogo mais interessante, interativo e, potencialmente, mais conforme o procedimento real. A inclusão da pomada adiciona um nível extra de complexidade, evitando que o minijogo se torne demasiado simples e, ao mesmo tempo, proporcionando uma oportunidade educacional mais rica para as crianças.

Com isto, é importante notar que as ações necessárias para completar minijogo são: arrastar a pomada para a parte de superior da mão, carregar no penso para o abrir e, em seguida, arrastar o penso já aberto para o local onde previamente aplicada.

Neste primeiro minijogo, é introduzida a mecânica de interagir com os objetos 3D que se encontram no ecrã, carregando neles e arrastando-os para os locais objetivo. De modo a detetar que o objeto chegou ao local desejado, foram utilizadas componentes de colisão que o *Unity* oferece. Mais especificamente, foi feito especial uso da componente *BoxCollider* para criar, ao redor de cada objeto e local de destino desejado, um paralelepípedo relativo à posição que este ocupa no espaço. É, ainda, importante realçar que, de modo que as mecânicas de movimentação de objetos funcionem corretamente, é necessário adicionar, a cada objeto que se deseja movimentar a *tag* Object, que permite distinguir os objetos que devem ser movimentados dos que não devem ser movimentados, e a componente *RigidBody*, também disponibilizada pelo *Unity*. Esta componente permite fazer uso do motor de jogo do *Unity*, através da atribuição de propriedades físicas ao objeto do qual faz parte. Com isto, é de notar que, em cada objeto que possuí a componente *RigidBody*, é desativada a física de gravidade que, para o caso específico do desenvolvimento do jogo abrangido por este relatório, não é relevante e, também, não permitia o correto funcionamento das mecânicas desejadas. Para além disso, na componente *BoxCollider* dos objetos que requerem movimento é utilizada a configuração *IsTrigger*, de modo que, ao ser detetada uma colisão, seja executado automaticamente código específico para tratar da referida colisão. É importante realçar que, no caso da pomada e do penso, foi necessário criar objetos adicionais para permitir que estes sejam colocados no local correto após completar o seu respetivo desafio. Por fim, é de notar os constrangimentos causados pelo desenvolvimento destas mecânicas. O jogo foi desenvolvido tendo em conta as três dimensões que compõe o espaço, algo que não permitia o correto funcionamento das mecânicas deste minijogo. De modo a corrigir este problema e a garantir o correto funcionamento da aplicação, tomou-se a decisão de apenas permitir que os objetos sejam movimentados em duas dimensões, neste caso nos eixos das abscissas e das ordenadas. Isto teve como consequência a colocação dos objetos que não necessitam de ser movimentados, como é, por exemplo, o caso do braço, mais atras dos demais. Para além deste constrangimento, é de notar que as configurações das componentes *RigidBody* e *BoxCollider* também exigiram um intervalo de tempo de desenvolvimento considerável para garantir a sua qualidade. Para isto, cada uma destas componentes, exigiu trabalho de pesquisa de modo a encontrar as melhores configurações possíveis para estas.

As instruções para completar o minijogo são fornecidas pela personagem, a borboleta Aurora. A escolha de uma borboleta foi baseada na ideia de que a aplicação da pomada e do penso proporciona uma sensação leve e delicada, semelhante ao toque de uma borboleta.

A cartoon of a hand

Description automatically generated

A hand with a white square on it

Description automatically generated

### Minijogo 2 – Garrote

O segundo minijogo centra-se em explicar o procedimento da colocação do garrote. Este dispositivo médico é utilizado pelos enfermeiros para facilitar a localização da veia onde será realizada a punção. Ao ser aplicado no braço da criança e apertado, o garrote temporariamente interrompe o fluxo sanguíneo, destacando assim as veias para facilitar o procedimento.

Importa notar que, uma vez que os procedimentos são sequenciais, ao iniciar o minijogo 2 o jogador se deparará com os resultados das ações realizadas no minijogo anterior. Assim, terá à sua frente o braço com a pomada e o penso aplicados.

Com isto, é importante notar as ações necessárias para completar o minijogo. Estas incluem: remover o penso presente no braço, desinfetar o local pressionando o desinfetante, limpar o local arrastando o pano para a mesma zona, aplicar o garrote arrastando-o para o início do antebraço e pressionar repetidamente até este ficar apertado.

Neste minijogo, são utilizadas as mecânicas aprendidas anteriormente, como carregar e arrastar objetos 3D, junto com uma nova mecânica de pressionar repetidamente o mesmo objeto. As mecânicas utilizadas no minijogo anterior possuem um *modus operandi* semelhante neste minijogo. Estas irão se aplicar aos objetos: penso, desinfetante, pano e garrote. A nova mecânica introduzida neste minijogo é, como mencionado anteriormente, o pressionar repetidamente o mesmo objeto. Esta, é utilizada no garrote, após a colocação deste no braço, de modo a simular o apertar deste. A mecânica é bastante análoga à de carregar num objeto, sendo utilizadas as mesmas componentes e lógica para o seu funcionamento. A diferença entre esta e a mecânica de carregar está no facto de, ao apertar o garrote, o jogador necessita de efetuar esta ação repetidamente, neste caso três vezes, de modo a concluir o objetivo. É de realçar que, durante o desenvolvimento deste minijogo, foram encontrados constrangimentos com a funcionalidade do garrote, mais em específico no âmbito da deteção de colisão. O garrote, devido a possuir um perfil diferente dos demais objetos, obrigou a que fossem experimentadas diferentes configurações de colisões. Este problema, apesar de ter requisitado um intervalo de tempo considerável, acabou por ser resolvido com sucesso, através de uma configuração especifica da componente *BoxCollider* do garrote e do local no braço onde este se posiciona.

As instruções para completar o minijogo são fornecidas pela personagem, o coala Kiko. A escolha de um Coala foi baseada na ideia de que a aplicação e o aperto do garrote proporcionam uma sensação parecida a um abraço de um coala.

A cartoon hand with a white mark on it

Description automatically generated

A cartoon hand with a red watch

Description automatically generated

### Minijogo 3 – Cateter

O último minijogo tem como objetivo explicar o procedimento da inserção do cateter para realizar a punção venosa. Este procedimento é composto por várias etapas detalhadas que nos foram explanadas pelas enfermeiras. No entanto, para manter a eficiência e evitar que o jogo se tornasse demasiado extenso e teórico, foram selecionadas apenas as etapas mais importantes e relevantes para a jogabilidade.

Este jogo reúne as mecânicas aprendidas nos dois minijogos anteriores. Assim como no minijogo 2, o jogador começará com os resultados das suas ações anteriores, neste caso, com o garrote já colocado no braço. As mecânicas são semelhantes às dos minijogos anteriores e, por consequência, não requerem que voltem a ser detalhadas. Durante o desenvolvimento deste minijogo, foram encontrados vários constrangimentos devido ao facto de este requisitar vários objetos pertencentes a minijogos anteriores, para serem utilizados em conjunto com uma coleção considerável de novos objetos. Isto, acabou por ter como consequência uma substancial instabilidade do código e várias falhas no processo de garantia do seu correto funcionamento. Este problema encontrava-se, especialmente, na lógica de código sendo que, acabou por ser resolvido através de uma análise profunda e detalhada desta mesma que resultou numa reescrita deste mesmo.

As ações necessárias para completar o minijogo incluem: carregar no desinfetante, arrastar o pano para limpar o local, inserir o cateter no local desinfetado arrastando-o para lá, aplicar o adesivo sobre o cateter e, por fim, colocar a tala que envolve o braço.

As instruções para completar o minijogo são fornecidas pela personagem, a abelha Mel. A escolha de uma abelha foi baseada na ideia de que a inserção do cateter proporciona uma sensação semelhante à picada de uma abelha.

A cartoon hand with a spray bottle

Description automatically generated

A cartoon hand with a syringe

Description automatically generated

### Recompensar o jogador

Ao completar o minijogo, o jogador é levado para um novo desafio, onde deverá procurar um dos ovos do companheiro Alfredo perdido num dos arbustos. Esta etapa foi desenvolvida para proporcionar uma sensação de progresso no jogo. Ao entrar na cena, Alfredo faz uma breve explicação, informando ao jogador que um dos seus ovos está perdido naquela área e pede que ele procure atrás dos arbustos. Esses arbustos aparecerão no espaço ao redor do jogador, e ele precisará usar a câmara do dispositivo para os procurar e carregar neles até encontrar o arbusto que contem o ovo.

Para facilitar a busca para os pequenos jogadores, foram implementadas pequenas dicas visuais que indicam o arbusto correto. O arbusto que realmente contém o ovo abana levemente e solta algumas folhas. A lógica por de trás desta escolha foi, como em todo o desenvolvimento do jogo, ajudar as crianças ao máximo, garantindo que joguem sem frustrações e sem perder muito tempo.

Ao encontrar o ovo, o jogador é congratulado pelo seu companheiro de aventura, Alfredo, e retorna ao segundo nível do jogo de memória, dando continuidade à sua jornada de aprendizado e diversão.

A room with tables and chairs and a cartoon of trees

Description automatically generated

A room with tables and chairs and a cartoon egg

Description automatically generated

A room with tables and chairs and a cartoon egg

Description automatically generated

### Fim

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 parabenizado pelo sucesso na sua missão e recebe duas opções: voltar a jogar o jogo ou sair da aplicação.

A room with tables and chairs

Description automatically generated

### Sistemas de demonstração de progresso

Ao longo do processo de desenvolvimento do jogo, foi definido a importância de estabelecer um sistema capaz de oferecer *feedback* positivo e negativo ao jogador. De modo a cumprir estes requisitos, foram utilizados o sistema de áudio e o sistema de partículas.

O sistema de áudio faz uso de cinco *clips* de áudio, obtidos através do recurso *itch.io* (bibliografia), que permitem ao jogador obter feedback sobre o seu progresso. Mais especificamente, são utilizados três clips de áudio para oferecer feedback positivo ao jogador, um demonstra que o jogador carregou, com sucesso, num botão, outro para demonstrar que o jogador completou um desafio menor, como encontrar um par ou o arrastar da pomada para o local correto, um outro para assinalar que o jogador completou, com sucesso, um desafio que, por sua vez, é utilizada para ajudar o jogador a compreender que completou, com sucesso, o jogo da memória, os minijogos e encontrou o ovo. Para além destes, são utilizados dois clips relativos a feedback negativo, com o intuito de fazer o jogador compreender que falhou na tarefa de completar um desafio menor como, por exemplo, no caso de encontrar dois animais que não são pares e, um outro para avisar o jogador de que este está a descumprir as regras dos jogos como no caso de este decidir virar mais do que duas cartas para cima ao mesmo tempo.

O sistema de partículas faz uso de confettis para oferecer feedback positivo visual ao jogador. Este, vai permitir aumentar a compreensibilidade sobre a conclusão, com sucesso, de um desafio menor do jogo da memória, mais especificamente o encontrar um par, e que encontrou, com sucesso, um dos ovos do pássaro Alfredo. É, ainda, de realçar que este sistema provocou constrangimentos no âmbito do desempenho da aplicação. Inicialmente, foi utilizada a configuração base que o *Unity* oferece para o sistema de partículas que, provou ser excessivamente exigente para com o hardware utilizado durante o desenvolvimento. Tendo isto em conta e com o intuito de melhorar o desempenho do jogo, foram feitos vários testes com configurações diferentes do sistema de partículas. Foi possível encontrar uma configuração que permitiu manter o sistema, em grande parte, da forma que foi inicialmente projetado sendo que, se procedeu à redução da quantidade de partículas que são projetadas, aquando da chamada desta componente, para efetuar a resolução do supramencionado problema.

# Testes

## Planeamento e execução

Durante a fase final de desenvolvimento do projeto foram realizados testes com o intuito de apurar *bugs* e problemas em funcionalidades desenvolvidas assim como, obter uma avaliação global sobre o cumprimento dos requisitos estabelecidos e perspetivas diferentes sobre cada aspeto do jogo.

De modo a tornar possível a execução destes testes, foram construídos dois questionários, com recurso à plataforma *Google Forms*, que permitiram obter informação demográfica sobre os participantes assim como, uma opinião destes sobre a usabilidade do sistema, garantindo a anonimidade do participante. O questionário demográfico, apendice A, consiste em sete perguntas que permitem apurar a idade, o género e as limitações físicas e psicológicas do participante assim como, a experiência que este possuí para com tecnologia no seu geral, Realidade Aumentada, jogos desenvolvidos para dispositivos móveis e sobre as espectativas que este possuí para com uma aplicação de RA. No caso do questionário de usabilidade, anexo A, foi utilizado o *System Usability Scale* (SUS). Este foi constituído, originalmente, em inglês sendo que, foi utilizado a tradução para português do estudo *European Portuguese Validation of the System Usabily Scale* de modo a reduzir constrangimentos linguísticos que os participantes pudessem ter. Para além disso, este questionário consiste em dez perguntas, com respostas de um a cinco, que resultam numa pontuação relativa ao ponto de vista do questionado sobre a usabilidade do sistema. Esta pontuação, é calculada da seguinte forma: para todas as questões enumeradas por um número par, é subtraído o valor da resposta ao número cinco; para todas as questões enumeradas por um número impar é subtraído o valor 1 do valor da resposta; para obter o resultado final, o somatório de todos os valores relativos a cada questão é multiplicado por 2,5. De modo a compreender os resultados obtidos a partir deste questionário, é importante notar que, uma pontuação acima de sessenta e oito traduz-se num ponto de vista de usabilidade acima da média, com um resultado inferior a este traduzindo-se num ponto de vista de usabilidade abaixo da média.

Os testes foram executados em ambientes controlados, ao longo de vários dias. A opção por executar os testes de uma maneira mais flexível recaiu sobre a decisão de favorecer a redução de constrangimentos logísticos que estes poderiam causar aos participantes, algo que teve um impacto positivo na quantidade participantes que foi possível reunir.

O processo de execução de cada teste consistia na resposta ao questionário demográfico supramencionado onde, após término deste, o participante era convidado a jogar o jogo desenvolvido, sendo encorajado a fazer observações sobre os aspetos deste que tivesse uma opinião menos positiva sobre. Após concluir o jogo, o participante era convidado a responder ao questionário relativo a usabilidade do sistema, o qual marcava o término do teste. É de notar que, as observações efetuadas pelos participantes foram registadas e serão descritas e discutidas posteriormente.

## Discussão de resultados

A aplicação foi testada por um total de dez voluntários que, consentiram a recolha e análise dos dados respondidos em ambos os questionários.

Na tabela Y encontram-se os resultados obtidos para o questionário demográfico.

TODO – caption na tabela e arranjar a formatação

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Idade (anos) | Média | 25.4 |  |
| Min-Max | 20-51 |  |
| Género (%) | Masculino | 8 | 80% |
| Feminino | 2 | 20% |
| Outros | 0 | 0% |
| Prefiro não dizer | 0 | 0% |
| Limitações físicas ou psicológicas | Sim | 0 | 0% |
| Não | 10 | 100% |
| Experiência com tecnologia | Nenhuma | 0 | 0% |
| Uso raramente | 0 | 0% |
| Uso algumas vezes | 0 | 0% |
| Uso frequentemente | 0 | 0% |
| Uso diariamente | 10 | 100% |
| Frequencia com que utiliza dispositivos móveis para jogar | Nunca | 0 | 0% |
| Raramente | 4 | 40% |
| Algumas vezes por mês | 2 | 20% |
| Algumas vezes por semana | 0 | 0% |
| Diariamente | 4 | 40% |
| Esperiência com Realidade Aumentada | Nenhuma | 2 | 20% |
| Pouca | 3 | 30% |
| Alguma | 4 | 40% |
| Bastante | 1 | 10% |
| Espectativas para com  um jogo de Realidade Aumentada | Experiência imersiva | 4 | 40% |
| Interatividade com o ambiente real | 7 | 70% |
| Gráficos e animações | 6 | 60% |
| Novidades técnologicas | 3 | 30% |
| Outros | 0 | 0% |

Através da análise da tabela Y, é possível compreender que, os dez voluntários, são, maioritariamente, do sexo masculino e que possuem uma idade média de 25,4 anos, variando esta entre 20 e 51 anos. É de notar 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 espectativas que possuem para um jogo de RA são questões em que as respostas se distribuem de forma equilibrada, com especial enfase, neste último, para a esperança de o jogo de RA possuir um bom nível de interatividade com o ambiente real.

Na tabela X encontram-se os resultados obtidos no questionário SUS.

TODO – caption na tabela

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Questões** | | | | | | | | | | **Avaliações** |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **SUS Score** |
| 4 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1 | 4 | 1 | 95 |
| 2 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1 | 4 | 1 | 5 | 1 | 90 |
| 1 | 1 | 4 | 1 | 3 | 3 | 5 | 1 | 5 | 1 | 77,5 |
| 4 | 2 | 3 | 1 | 4 | 3 | 4 | 1 | 3 | 1 | 75 |
| 4 | 1 | 4 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1 | 95 |
| 3 | 3 | 4 | 1 | 3 | 1 | 5 | 4 | 4 | 1 | 72,5 |
| 1 | 1 | 5 | 1 | 4 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1 | 87,5 |
| 2 | 2 | 3 | 2 | 4 | 1 | 3 | 2 | 5 | 1 | 72,5 |
| 2 | 1 | 5 | 1 | 4 | 1 | 5 | 1 | 4 | 1 | 87,5 |
| 2 | 3 | 5 | 1 | 4 | 3 | 5 | 2 | 5 | 1 | 77,5 |
|  |  |  |  |  |  |  |  | **Média:** | | **83** |

Devido à idade média dos participantes e aos locais onde foram realizados os testes, é possível perceber que os resultados não são conclusivos quanto ao sucesso do projeto desenvolvido no que toca à redução de emoções negativas em ambientes pré-operatórios em pacientes pediátricos. Com isto, é de notar que, os testes, focaram-se essencialmente na usabilidade do sistema, de modo a garantir o seu correto funcionamento. Importa, ainda, realçar que não foi possível constituir um grupo de participantes como foi inicialmente planeado, ou seja, com pacientes pediátricos, devido a constrangimentos temporais, consequente das dificuldades encontradas ao longo do processo de implementação do jogo em questão.

Com isto, os resultados no âmbito da usabilidade do sistema para este grupo de participantes, provam ser satisfatórios. É de notar, que os resultados deste questionário foram, também, afetados pela idade média do grupo em questão. Isto é evidente, por exemplo, na questão sobre a vontade em utilizar o produto novamente, onde cerca de 60% das respostas obtidas atribuíram uma classificação negativa, ou seja, com um valor inferior a três. Isto é totalmente compreensível devido ao facto de o jogo ter sido desenvolvido tendo em conta pacientes pediátricos e não adultos. Para além deste exemplo, este constrangimento é, também, observável em questões que mencionam a complexidade ou facilidade de utilização do produto. Neste caso, as respostas foram globalmente positivas, mas, é de notar que, um adulto, terá mais facilidade em utilizar o produto do que uma criança e requererá, naturalmente, menos ajuda por parte de uma terceira entidade.

Desta forma, é de notar as respostas nas questões relativas à integrabilidade das várias funcionalidades do jogo, inconsistências presentes e opinião sobre a curva de aprendizagem do jogo. Importa realçar que, nestas questões, não foram obtidas respostas negativas, sendo a larga maioria destas positivas e algumas satisfatórias.

É, ainda, de realçar o resultado SUS obtido. Através de uma análise à tabela X, é possível compreender que, nenhum conjunto de respostas relativos a um participante obteve uma pontuação SUS abaixo do valor base estipulado, sendo o baixo 72,5 e o mais alto 95 e a média de 83. Este resultado é, portanto, considerado bom, mas não excelente. É possível estipular, então, que o jogo desenvolvido sucedeu no âmbito da usabilidade do sistema.

Foram, ainda, registas diversas observações efetuadas pelos participante, ao longo do processo de testes. Estas recaíram, sobretudo, no âmbito de feedback visual oferecido ao jogador e da interface do jogo (UI). As mensagens que são apresentadas ao jogador não são explicitas o suficiente, sendo que foi sugerido pelos vários colaboradores, a implementação de mais cores no texto, de modo a chamar a atenção do jogador para a informação apresentada e aumentar a capacidade de este compreender se, por exemplo, encontrou um par ou se chegou ao fim do tutorial da secção onde se encontra. Ainda nas mensagens, foi registado que, seria de valor a expansão desta funcionalidade para introduzir os vários animais que o jogador encontra ao longo do jogo assim como, enriquecer as mensagens presentes na *scene* final do jogo e, também, de modo a facilitar a compreensão por parte do jogador sobre qual é o local correto para colocar os vários instrumentos médicos. Foi sugerido, também, que os botões presentes na interface do jogo fossem realocados para uma outra secção, de modo a facilitar a sua utilização. É de realçar que, nestes dois aspetos e em casos específicos, foram registados alguns *bugs* presentes na aplicação, nomeadamente relacionados com a apresentação das mensagens e da funcionalidade de alguns botões.

É, ainda, de realçar que os participantes realçaram que a jogabilidade do jogo por parte das crianças pode ser complicada pelo facto de estas serem, naturalmente, mais curiosas e menos pacientes na sua jogabilidade, o que poderá ter como consequência o não cumprimento das instruções oferecidas e da não leitura da informação disponibilizada. De modo a combater esta adversidade foi sugerido apresentar as instruções e a informação à medida que estas são necessárias como, por exemplo, só apresentar o que é um garrote quando o jogador chega a essa parte do jogo.

Para além destas observações, foram registados alguns apontamentos relativos a constrangimentos de *hardware*. Mais em específico, os participantes notaram que o *zoom* da câmara do dispositivo móvel utilizado era demasiado elevado. Para além disso, em casos particulares onde o jogador não consegue disponibilizar duas mãos para jogar, um dispositivo móvel de maiores dimensões, como é o caso do *tablet* utilizado, irá dificultar ou mesmo impossibilitar a jogabilidade do jogo, sem a introdução de uma entidade externa que ajude o jogador. Aqui, é ainda importante realçar que, devido às características únicas da anatomia das crianças, esta adversidade pode, também, se estender para os pacientes pediátricos que possuam a capacidade de disponibilizar duas mãos, nomeadamente por consequência do tamanho destas.

# Conclusão e Trabalho Futuro

O desenvolvimento do projeto abrangido por este relatório permitiu obter novas competências no âmbito da investigação, organização e planificação de projetos. Para além disso, permitiu, também, consolidar vários conhecimentos obtidos ao longo curso, bem como conhecer e trabalhar com novas tecnologias, como é o caso do *Unity* e das suas ferramentas.

A principal meta estabelecida para este projeto foi o desenvolvimento de um jogo para dispositivos móveis, utilizando a tecnologia de Realidade Aumentada e o *Unity*, que reduzisse as emoções negativas de pacientes pediátricos em ambientes pré-operatórios. Através da análise dos resultados obtidos durante o processo de testes, é possível concluir que o objetivo, na sua globalidade, foi atingido, já que, foi possível implementar um jogo para dispositivos móveis que utiliza a tecnologia de RA e o *Unity* e que demonstra três procedimentos médicos. É importante realçar que, no âmbito de redução de emoções negativas em crianças que se encontrem a aguardar a sua operação, não é possível obter quaisquer conclusões devido ao facto de os testes não terem sido efetuados com um grupo de participantes pertencentes à faixa etária pretendida.

No âmbito do trabalho futuro relativo a este projeto, é importante mencionar que deve ser reunido no local apropriado, que neste caso se trata de uma sala de espera da ala pediátrica de um hospital, um grupo de voluntários tendo em especial atenção a faixa etária para a qual o jogo foi desenvolvido, de modo que seja possível efetuar mais testes à aplicação. Considerando que, o jogo já foi testado no âmbito da sua usabilidade, estes testes devem dar especial enfase ao âmbito de redução de emoções negativas nos jogadores, mas não obstante de serem registados problemas ou melhorias a efetuar no âmbito da usabilidade já que, os testes já efetuados, foram realizados por pessoas adultas com bastante experiência com tecnologia que, naturalmente, possuem menos dificuldades em trabalhar com o referido jogo.

Para além disto, é de realçar que devem ser corrigidos os *bugs* registados durante os testes já realizados e que, devem ser efetuadas as melhorias no sistema de mensagens e de interface do jogo mencionadas no capítulo anterior, de modo a facilitar a jogabilidade.

Deve, também, ser feita uma reflexão sobre o dispositivo em que o jogo é suposto ser jogado devido, como mencionado no capítulo anterior, às limitações de anatomia presentes nas crianças.

Por fim, é de relevo mencionar a implementação de um sistema de dicas, de modo a facilitar o jogo da memória implementado. Devido às características do público-alvo em questão, estes poderão ter dificuldades em completar o jogo da memória em tempo útil, ou seja, sem perderem interesse no jogo. Atualmente, caso o jogador se encontre na situação referida, a única maneira de combater este acontecimento é através da presença de uma terceira entidade que seja capaz de ajudar o jogador. Através da implementação de um sistema de dicas, como que já foi referido neste relatório, a presença da referida terceira entidade já não seria necessária pois, o jogador seria capaz de obter informação que o ajudasse a encontrar os pares através do, por exemplo, sistema de mensagens do jogo.

FALAR DAS ANIMAÇÔES DOTWEEN

# Bibliografia ou Referências Bibliográficas

Inserir aqui a bibliografia ou referências bibliográficas. Trata-se de um elemento **obrigatório**.

Notas: o sistema a adotar para a apresentação das referências bibliográficas e as suas citações deve:

* Respeitar uma norma estabelecida;
* Seguir as práticas mais disseminadas na área em causa;
* Ser empregue de modo uniforme em todo o documento.

Bibliografia – quando se coloca toda a bibliografia consultada;

Referências bibliográficas – quando se faz referência apenas à bibliografia citada.

# Anexos

Elemento a figurar, **quando aplicável**.

# Glossário

Elemento a figurar, **quando aplicável**.