

# **Escape Room em VR**

## **Sala de fuga com Assistente Virtual**

**Fábio Dias**

Versão Final após defesa  
Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Informática**  
(2<sup>o</sup> ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Frutuoso Gomes Mendes da Silva

**julho de 2025**

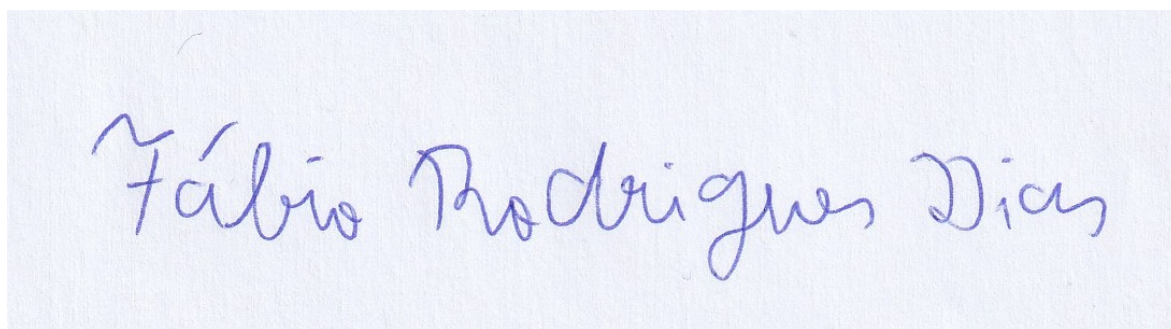


# Declaração de Integridade

Eu, Fábio Dias, que abaixo assino, estudante com o número de inscrição M14167 de Engenharia Informática da Faculdade (indicar), declaro ter desenvolvido o presente trabalho e elaborado o presente texto em total consonância com o Código de Integridades da Universidade da Beira Interior.

Mais concretamente afirmo não ter incorrido em qualquer das variedades de Fraude Académica, e que aqui declaro conhecer, que em particular atendi à exigida referenciação de frases, extratos, imagens e outras formas de trabalho intelectual, e assumindo assim na íntegra as responsabilidades da autoria.

Universidade da Beira Interior, Covilhã 16/07/2025



Fábio Rodrigues Dias



# **Agradecimentos**

Gostaria de agradecer o Doutor Frutuoso Silva pela sua orientação, disponibilidade, paciência, e por responder minhas dúvidas.

Aos estudantes do mestrado de Design e Desenvolvimento de Jogos Digitais da UBI por ajudarem com os testes do jogo.

Projeto desenvolvido no "Instituto de Telecomunicações" sob orientação do Prof. Frutuoso Silva.



# Resumo

A Realidade Virtual (RV) é uma tecnologia que tem tido um grande crescimento nos últimos anos devido ao aparecimento de óculos de RV mais acessíveis ao público. A RV é uma tecnologia que permite criar simulações imersivas num mundo virtual, e por isso é utilizada em muitas áreas, da indústria à medicina e aos videojogos. Uma sala de fuga (ou Escape Room) é um jogo interativo e imersivo em que um grupo de participantes é fechado numa sala temática e tem um tempo limitado para escapar. Para isso, os jogadores devem resolver puzzles, encontrar pistas e completar tarefas que exigem raciocínio lógico, trabalho em equipa e criatividade.

Este relatório detalha o desenvolvimento de uma aplicação de RV que simula uma Escape Room Virtual (i.e., uma sala de fuga virtual), onde o jogador tem de resolver puzzles para poder escapar. À semelhança das salas de fuga físicas, foi criada uma assistente virtual que pode dar dicas ao jogador para o auxiliar a resolver os puzzles. Esta assistente virtual é baseada em inteligência artificial (IA) recorrendo ao plugin Convai, e o jogador pode falar com ela para obter dicas. Para a resolução dos puzzles, o jogador tem o poder de manipulação do tempo, podendo parar, avançar ou recuar o tempo em objetos específicos, para permitir a resolução dos puzzles. Os puzzles são criativos incentivando o raciocínio lógico e/ou obrigando o jogador a recorrer ao poder de manipulação do tempo. Neste projeto pretendeu-se juntar a RV com a IA e conceitos de videojogos, como é o caso do uso de poderes pelo jogador, permitindo que a temática das salas possa estar associada a um poder do jogador.

## Palavras-chave

Realidade Virtual

Sala de Fuga

Inteligência Artificial

Assistente Virtual

*Unity*

*Convai*

# Abstract

Virtual Reality (VR) has experienced significant growth in recent years, largely driven by the increasing accessibility of VR glasses to the public. VR is a technology that enables the creation of immersive simulations in a virtual world, and is therefore utilized in various fields, including industry, medicine, and video games.

An escape room is an interactive and engaging game in which a group of participants is locked in a themed room and has a limited amount of time to escape. To do this, players must solve puzzles, find clues, and complete tasks that require logical reasoning, teamwork, and creativity.

This report outlines the development of a VR application that simulates a virtual escape room, where players must solve puzzles to escape. Similar to physical escape rooms, a virtual assistant has been implemented to provide hints and assist players in solving the challenges. Powered by artificial intelligence (AI) and integrated through the Convai plugin, the assistant allows players to interact with it through voice to receive helpful tips.

To solve the puzzles, the player has the ability to manipulate time —stopping, advancing, or rewinding it on specific objects— to enable puzzle completion. The puzzles are creatively designed to encourage logical reasoning and often require the player to strategically use time manipulation to find solutions.

The goal of this project was to combine VR with AI and video game ideas, like giving players powers that can be linked to the rooms' themes.

## Keywords

Virtual Reality  
Escape Room  
Artificial Intelligence  
Virtual Assistant  
Unity  
Convai

# Índice

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Enquadramento . . . . .	1
1.2	Motivação . . . . .	1
1.3	Objetivos . . . . .	1
1.4	Organização do documento . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Estado da arte</b>	<b>3</b>
2.1	Introdução . . . . .	3
2.1.1	Limitações de VR . . . . .	3
2.1.2	Vantagens de VR . . . . .	4
2.1.3	Plataforma . . . . .	4
2.1.4	Outras Aplicações . . . . .	5
2.2	<i>Eye tracking</i> . . . . .	5
2.3	<i>AR e MR</i> . . . . .	5
2.4	Trabalhos Relacionados . . . . .	6
2.4.1	<i>Escape Rooms</i> . . . . .	6
2.4.2	Jogos de Realidade Virtual . . . . .	6
2.5	UI em Realidade Virtual . . . . .	6
2.6	Movimentação . . . . .	10
2.7	Inteligência Artificial . . . . .	11
<b>3</b>	<b>Tecnologias e ferramentas utilizadas</b>	<b>13</b>
3.1	Introdução . . . . .	13
3.2	Equipamento Utilizado . . . . .	13
3.2.1	<i>Meta Quest Link</i> . . . . .	13
3.2.2	<i>Sidequest</i> . . . . .	13
3.3	<i>Unity</i> . . . . .	13
3.3.1	<i>Unity VR template</i> . . . . .	14
3.4	<i>Visual Studio Code</i> . . . . .	15
3.5	<i>ProBuilder</i> . . . . .	15
3.6	<i>Blender</i> . . . . .	15
3.6.1	<i>Sketchfab</i> . . . . .	15
<b>4</b>	<b>Engenharia de Software do projeto</b>	<b>17</b>
4.1	Introdução . . . . .	17
4.2	Processo de planeamento . . . . .	17
4.3	Ferramentas utilizadas . . . . .	17
4.4	Requisitos funcionais . . . . .	18
4.5	Requisitos não funcionais . . . . .	18
4.6	Diagramas de atividades . . . . .	18

<b>5</b>	<b>Desenvolvimento do Projeto</b>	<b>23</b>
5.1	Introdução . . . . .	23
5.1.1	Controlos . . . . .	23
5.2	Poderes . . . . .	24
5.2.1	Introdução . . . . .	24
5.2.2	Uso de poderes . . . . .	24
5.2.3	Objetos com física . . . . .	24
5.2.4	Objetos sem física . . . . .	24
5.2.5	Escolha de poderes . . . . .	24
5.3	<i>Conversational AI for Virtual Worlds (Convai)</i> . . . . .	26
5.4	Implementação do NPC . . . . .	27
5.5	Puzzles . . . . .	28
5.5.1	Sala 1 . . . . .	28
5.5.2	Sala 2 . . . . .	28
5.5.3	Sala 3 . . . . .	34
<b>6</b>	<b>Testes preliminares</b>	<b>39</b>
6.1	Introdução . . . . .	39
6.2	Sessões de teste . . . . .	39
6.2.1	Sessão guiada . . . . .	39
6.2.2	Segunda sessão . . . . .	40
6.3	Conclusão . . . . .	43
<b>7</b>	<b>Conclusão e trabalho futuro</b>	<b>45</b>
7.1	Introdução . . . . .	45
7.2	Trabalho realizado . . . . .	45
7.3	Trabalho futuro . . . . .	45
	<b>Bibliografia</b>	<b>47</b>

## Lista de Acrónimos

<i>AR</i>	Augmented Reality (Realidade Aumentada)
<i>HUD</i>	Heads Up Display (Interface Visual)
<i>MR</i>	Mixed Reality (Realidade Mista)
<i>NPC</i>	Non Playable Character (Personagem não jogável)
<i>UBI</i>	Universidade da Beira Interior
<i>UI</i>	User Interface (Interface do Utilizador)
<i>VR</i>	Virtual Reality (Realidade Virtual)



# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Enquadramento

Uma *Escape Room* é um jogo de aventura físico e mental em que os jogadores resolvem uma série de puzzles e desafios para escapar de uma sala ou série de salas. Estes jogos são geralmente jogados em grupo e têm um tempo limite para serem completados. Existem *escape rooms* físicas e digitais, as físicas requerem que os jogadores se desloquem a um local específico para jogar, enquanto as digitais podem ser jogadas em qualquer lugar mas não apresentam tanta interatividade. A Realidade Virtual (RV) é uma tecnologia que permite criar simulações imersivas num mundo virtual, e por isso é utilizada em muitas áreas, da indústria à medicina e aos videojogos. Assim, esta é uma boa ferramenta para a criação de *Escape Rooms* digitais.

### 1.2 Motivação

A realidade virtual é uma tecnologia que tem vindo a crescer nos últimos anos e tem sido utilizada em várias áreas, como a medicina, a educação, entre outras. Neste caso pretende-se utilizar a realidade virtual para fins de entretenimento, mais concretamente para a criação de uma *Escape Room*. Grande parte dos jogos em realidade virtual são jogos de ação, a utilização de comandos que simulam as mãos de um utilizador num ambiente virtual cria uma experiência única que muitos desenvolvedores exploraram para revolucionar a forma como jogamos tanto em jogos de combate com armas, ou corpo a corpo ou jogos com formas novas de movimentar o jogador. No entanto, outra característica fornecida pela realidade virtual é a imersão e a interação com o ambiente, que pode ser explorada para criar *Escape Rooms* em que o jogador se sinta mais imerso e envolvido no jogo, logo neste projeto pretende-se explorar essa vertente da realidade virtual.

### 1.3 Objetivos

Este projeto tem como objetivo desenvolver uma *Escape Room* em realidade virtual. O jogador irá estar trancado numa série de salas com o objetivo de escapar através da resolução de puzzles e desafios. O jogador terá um tempo limite para escapar da sala e se não conseguir dentro desse tempo, perde o jogo. Esta sala é virtual e será jogada através de óculos de realidade virtual. Além disso, a sala possui uma assistente virtual que pode dar dicas ao jogador para a resolução dos puzzles, recorrendo à inteligência artificial, ou seja, o jogador pode falar com a assistente virtual. A aplicação foi desenvolvida em *Unity* e testada no dispositivo *Oculus Quest 2* da *Meta*.

## **1.4 Organização do documento**

De modo a refletir o trabalho que foi feito, este documento encontra-se estruturado da seguinte forma:

1. O primeiro capítulo – Introdução – apresenta o projeto, a motivação para a sua escolha, o enquadramento para o mesmo, os seus objetivos e a respetiva organização do documento.
2. O segundo capítulo – Estado da arte – descreve o estado da realidade virtual bem como características comuns presentes na realidade virtual, bem como apresentar alguns trabalhos relacionados.
3. O terceiro capítulo – Tecnologias e ferramentas utilizadas – lista todos os programas e equipamento que será utilizado no desenvolvimento do projeto
4. O quarto capítulo - Engenharia de Software - descreve a engenharia de software utilizada no projeto, incluindo o processo de desenvolvimento, as ferramentas utilizadas e as metodologias aplicadas.
5. O quinto capítulo – Desenvolvimento do projeto - descreve todas as etapas de desenvolvimento do projeto
6. O sexto capítulo - Testes preliminares - descreve os testes preliminares que foram feitos ao projeto com vista à sua melhoria.
7. O sétimo capítulo - Conclusões e Trabalho Futuro - apresenta as principais conclusões relativas ao desenvolvimento do projeto e apresenta sugestões de melhoria para o futuro

# Capítulo 2

## Estado da arte

### 2.1 Introdução

A realidade virtual é uma tecnologia que permite criar simulações imersivas num mundo virtual. O método mais comum para dar esta experiência ao utilizador é o uso de óculos de realidade virtual que substituem o que o utilizador vê por um mundo completamente virtual, ajustando-se também à posição e orientação da cabeça do utilizador para fornecer uma experiência visual imersiva. O termo "posição e orientação" é referido várias vezes neste relatório e irá ser substituído por "pose" para simplificar a leitura. Com este dispositivo o utilizador pode experienciar o mundo digital como se este estivesse realmente dentro dele. Para além de óculos VR temos também comandos VR que permitem ao utilizador interagir com o mundo digital. Estes comandos semelhantemente aos óculos registam a pose das mãos do utilizador mas também incluem botões e por vezes *joysticks* para permitir ao utilizador manipular objetos ou alterar a sua pose. A Indústria VR ainda é relativamente jovem e tal como os comandos de jogo no seu tempo ainda não têm um design universal.

#### 2.1.1 Limitações de VR

Como esta tecnologia ainda é recente existem muitas limitações que impedem que esta tecnologia seja mais utilizada.

- **Preço:** O preço de um par de óculos VR reduziu para um preço mais acessível mas continua a ter um preço elevado de entrada o que dificulta a entrada nesta nova plataforma. Para além disso certas aplicações devem ser corridas num computador e a imagem transferida para os óculos. Para o computador ser capaz de processar a aplicação pode necessitar de um grande poder de processamento aumentando o preço de acesso a uma boa experiência
- **Problemas de saúde:** Ao contrário da maior parte das plataformas, a realidade virtual é capaz de provocar desconforto físico e até problemas de saúde em casos extremos, o que desencoraja pessoas mais sensíveis a estes problemas a adotar esta plataforma. O principal problema encontrado em realidade virtual é a cinetose. O ambiente virtual consegue criar a ilusão de movimento, os olhos do utilizador conseguem reconhecer um mundo físico e reconhecer movimento dentro deste. No entanto, o corpo humano possui sensores físicos que detetam movimento e se o utilizador ver movimento mas não o sentir isto pode causar cinetose, ou enjoo de movimento. Diferentes pessoas são afetadas de forma diferente sendo algumas pessoas muito sensíveis ou praticamente imune[1]. O principal culpado para enjoo provém de movimento vertical, sendo o mais

comum e muito desorientador para muitos utilizador, no entanto ainda mais desorientador é o movimento rotacional no eixo vertical. Este movimento não é comum nestes jogos mas foi encontrado um jogo que permite realizar um mortal para trás, Hellsweeper VR. Este movimento é extremamente desorientador, causando enjoo até em utilizadores que não são normalmente afetados por enjoo de movimento. Para além da discrepância entre a simulação do movimento e o movimento real se a qualidade da imagem não for adequada o utilizador também pode sentir enjoo, isto pode acontecer por latência da imagem e da captura da pose ou simplesmente uma imagem de má qualidade causada por um *refresh rate* baixo ou uma resolução baixa [2]. Estes problemas de saúde podem ser aliviados com experiência, mas parte da população não consegue interagir com realidade virtual e esta barreira pode ser muito difícil de ultrapassar para muitas pessoas não as deixando utilizar esta tecnologia. Para além disso, mesmo com condições ótimas a exposição prolongada a imagens com muito movimento irá a certa altura afetar grande parte dos utilizadores. Também importante de mencionar é o peso do dispositivo que podem causar dores no pescoço e problemas na visão devido à presença de ecrãs tão perto do olho.

### 2.1.2 Vantagens de VR

A grande vantagem do uso de realidade virtual é a imersão que esta tecnologia proporciona. É possível criar uma experiência muito mais imersiva do que qualquer outra plataforma. O utilizador pode experienciar o mundo digital como se este fosse real. Isto é especialmente útil para aplicações de treino ou simulação onde o utilizador pode experienciar situações que seriam impossíveis ou perigosas de experienciar. Para além disso a realidade virtual é uma plataforma muito mais interativa do que qualquer outra. O utilizador pode interagir com o mundo digital de uma forma muito mais natural do que com um rato e teclado, sendo capaz de fisicamente agarrar e manipular objetos.

### 2.1.3 Plataforma

Existem dois métodos para correr aplicações na realidade virtual. A aplicação pode correr num dispositivo externo, normalmente um computador, e enviar a imagem para os óculos VR, ou pode ser corrida diretamente no dispositivo. Cada método tem as suas vantagens e é possível também disponibilizar ambas as plataformas.

Em primeiro lugar, temos correr a aplicação num dispositivo externo. Os computadores, em geral, possuem maior capacidade de processamento e maior capacidade de armazenamento do que os óculos VR. Isto permite correr aplicações mais complexas e com maior qualidade gráfica. Para além disso, torna-se mais fácil a manipulação dos ficheiros para alterações de aplicações, popularmente chamados de mods. No entanto, este método não é portátil e necessita de um computador para correr a aplicação, para além disso a comunicação deve ser realizada de uma de duas maneiras, ambas com as suas desvantagens. O uso de um cabo pode impedir a movimentação dos braços do utilizador para além de limitar o espaço disponível ao movimento do utilizador. O uso de comunicação sem fios pode introduzir latência e

aumenta o risco de perda de ligação. Para além disso o uso de um dispositivo externo implica configuração adicional que pode ser uma inconveniência para o utilizador.

Como exemplo, ao longo do estudo de aplicações VR certos jogos requerem os seguintes passos para se poder iniciar a aplicação. Primeiro é necessário ligar os óculos *quest 2* ao computador através do *quest link*. Após confirmar a ligação será necessário iniciar a aplicação SteamVR, um programa que vários jogos usam para correr. Apenas depois de inicializar o SteamVR é que o utilizador pode correr o jogo. Ambas as aplicações requerem instalar software adicional no computador para além de introduzir pontos de falha, ocasionalmente ocorrendo problemas de ligação no *meta link* ou no *SteamVR*.

Por outro lado, correr a aplicação diretamente no dispositivo permite o uso dos óculos em qualquer lado para além de necessitar de menos configuração. No entanto, a capacidade de processamento e armazenamento é limitada e a qualidade gráfica da aplicação é mais reduzida. Para além disso, a aquisição de aplicações que não estão na loja oficial do dispositivo requer o uso de um dispositivo externo para instalar a aplicação e o uso dos recursos de processamento dos óculos resulta num consumo de energia maior diminuindo a quantidade de tempo em que se podem utilizar os óculos que em certos modelos já é limitada.

Com estes pontos em mente a melhor opção é deixar o utilizador final escolher a plataforma que prefere, tentando disponibilizar ambas as opções.

#### 2.1.4 Outras Aplicações

Para além de entretenimento a realidade virtual pode ser utilizada para criar simulações para fins educativos[3]. Estes ambientes virtuais podem simular os elementos para que o utilizador possa realizar uma atividade sem os custos ou os riscos associados a esta atividade[4], como um corpo humano para aprender anatomia e realizar operações no corpo humano[5] ou a cabine de um veículo que simula o seu comportamento através dos seus controlos[6]

## 2.2 *Eye tracking*

*Eye tracking* é uma tecnologia que permite detetar a posição do olhar do utilizador. Originalmente criada para ecrãs normais através de uma câmara esta tecnologia foi adaptada para realidade virtual. Usando sensores especiais nos óculos VR é possível detetar a posição do olhar do utilizador e permitir ao utilizador interagir com a interface. Os óculos disponíveis não possuem esta tecnologia, logo não será explorada neste projeto, no entanto, é uma tecnologia que merece ser mencionada.

## 2.3 *AR e MR*

Para além da realidade virtual existem outras tecnologias que permitem interagir com o mundo digital, realidade aumentada e realidade mista. Realidade aumentada é uma tecnologia que permite sobrepor elementos digitais ao mundo real, um exemplo muito conhecido foi

a aplicação *Pokémon Go* que utilizando a câmara de um telemóvel conseguia projetar pokémons no mundo real. Realidade mista é uma tecnologia que combina elementos de realidade virtual e realidade aumentada, os utilizadores observam o mundo real mas podem interagir com elementos digitais.

## **2.4 Trabalhos Relacionados**

### **2.4.1 *Escape Rooms***

Originalmente as *Escape Rooms* foram criadas como locais físicos que as pessoas podem visitar, mas inevitavelmente foram adaptadas para o meio digital, permitindo que as pessoas joguem a partir de casa e fornecendo uma maior variedade de puzzles e salas para explorar. Infelizmente a experiência de jogar uma *Escape Room* digital não é a mesma que jogar uma *Escape Room* física, pois a interação com o ambiente é limitada e a sensação de estar preso numa sala é muito menos intensa. Com a realidade virtual é possível alcançar um meio termo entre as duas experiências, permitindo que o jogador explore o ambiente e interaja com os objetos tal como numa *Escape Room* física, mas sem sair de casa.

Por exemplo, Taraldsen et al. [7] e Veldkamp et al.[8] apresentam uma revisão sobre o uso de salas de escape na educação. Piernas et al.[9] mostrou que uma *Escape Room* virtual é uma ferramenta eficaz para aumentar a interação dos alunos com os materiais de estudo. As salas de escape, que promovem os atributos da gamificação, são aplicadas em todos os níveis educacionais em ambientes de aprendizagem físicos e digitais, com resultados positivos [10]. A implementação da inteligência artificial em salas de fuga é um tema que também está a ser explorado para melhorar a interatividade, personalização e assistência ao jogador[11].

### **2.4.2 Jogos de Realidade Virtual**

Não foram utilizados jogos de realidade virtual como referência direta para este projeto, no entanto, é importante analisar outros jogos de realidade virtual para se poder padronizar a experiência do utilizador. Ou seja, é importante que os jogos em realidade virtual se comportem de forma semelhante para que o utilizador poder prever o comportamento do jogo, por exemplo, analisar os controlos utilizados por outros jogos e a interação com objetos como portas ou alavancas, o consumo de recursos, o funcionamento do inventário. Estas características serão analisadas com mais detalhe na secção seguinte

## **2.5 UI em Realidade Virtual**

Os jogos de realidade virtual frequentemente não possuem uma interface fixa como e jogos tradicionais. Objetos fixos no ecrã do utilizador seriam distrativos e possivelmente desorientar o utilizador, portanto é utilizada outro tipo de interface.

Nas experiências com realidade virtual foram observadas dois tipos principais de interface. Grandes botões que aparecem fixos no mundo virtual em vez de fixos no ecrã do utilizador, o

utilizador interage com os seus comandos podendo clicar botões, arrastar *sliders*, semelhante a uma interface clássica mas que se encontram no mundo virtual<sup>2.1</sup>. Apesar de ser mais comum fora de jogo por vezes esta informação aparece também em jogo, normalmente em tutoriais que com mensagens flutuantes perto de objetos descrevendo ações ao utilizador.

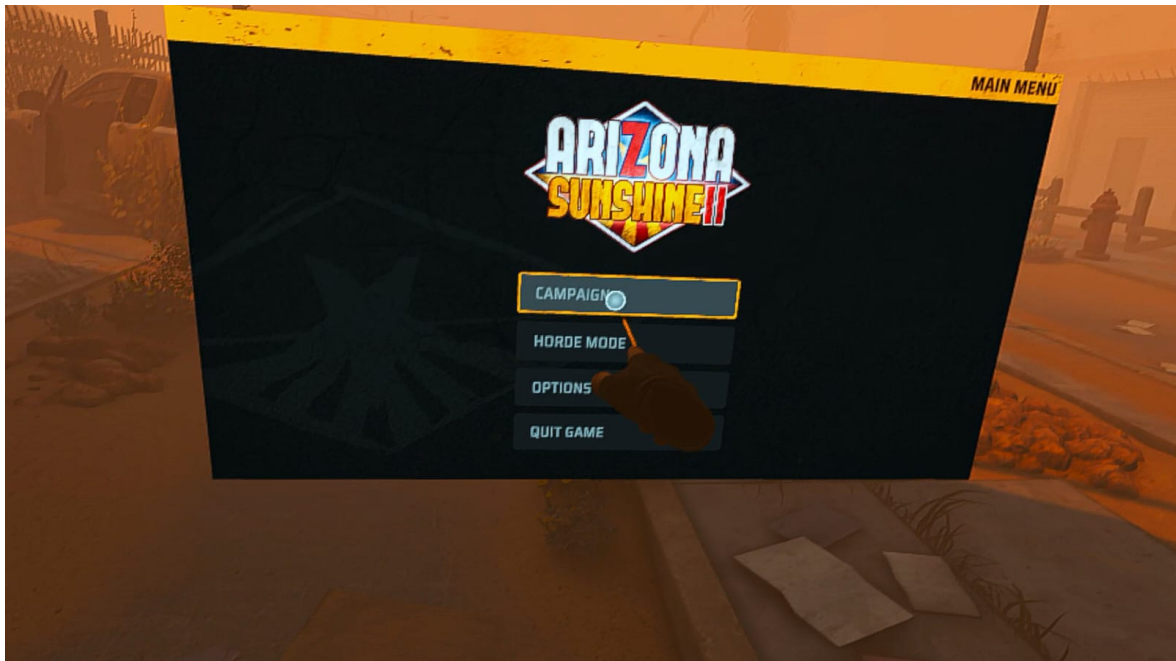


Figura 2.1: Menu interagido com a mão

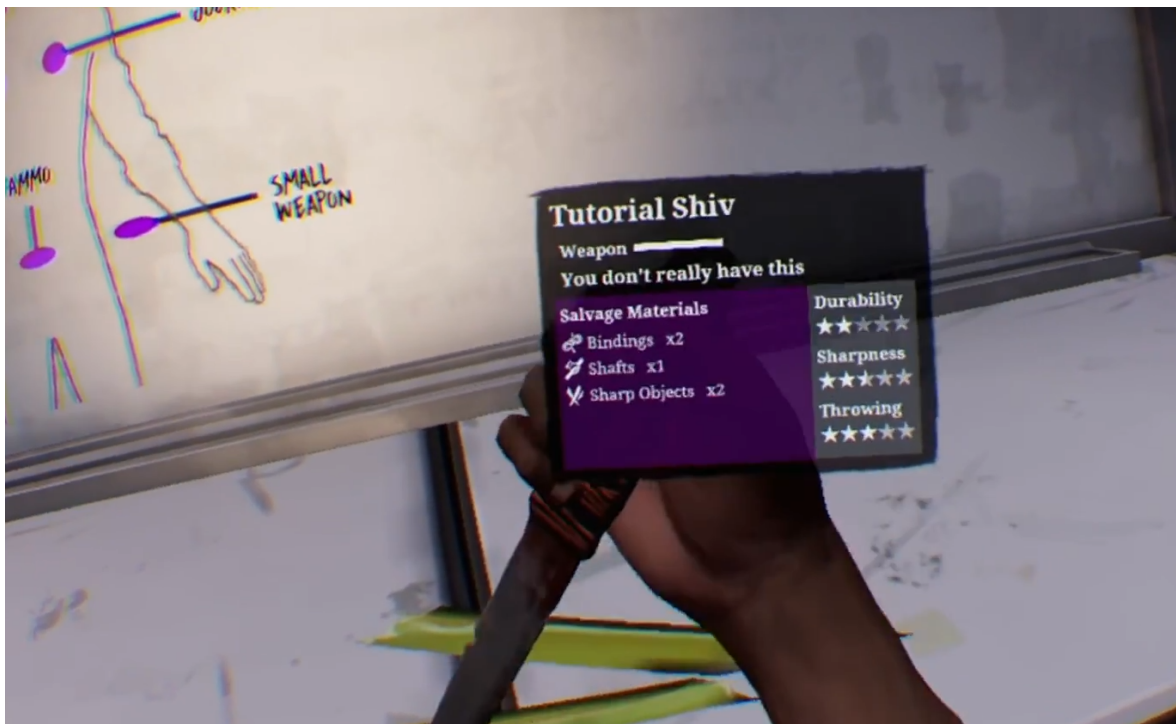


Figura 2.2: Mensagem que flutua ao pé de um item

No entanto, informação em jogo tem um aspeto diferente. Os HUDs contém informação fornecidas ao utilizador sobre o estado do jogo e são normalmente visualizadas nas mãos dos

utilizadores, é comum utilizar um pequeno ecrã virtual que fornece informação ao utilizador como a sua vida ou munição, etc 2.22.3. Outra tática utilizada é simplesmente não mostrar informação. Vários jogos tentam criar uma experiência imersiva tanto dentro como fora da realidade e a decisão de não mostrar informação ao utilizador é comum em vários jogos de realidade virtual, devido ao facto de a imersão ser um aspeto mais importante do que em jogos tradicionais.



Figura 2.3: Relógio que mostra a vida do utilizador

Como exceção a esta regra certa informação pode ser conferida ao utilizador com visuais fixos no ecrã. Por exemplo, se o jogador for magoado uma borda vermelha pode aparecer no ecrã 2.4 como um alerta visto o jogador não ter acesso tão fácil á sua vida. Esta exceção provem

da urgência da informação e como não se encontra no centro do ecrã não é tão distrativo.

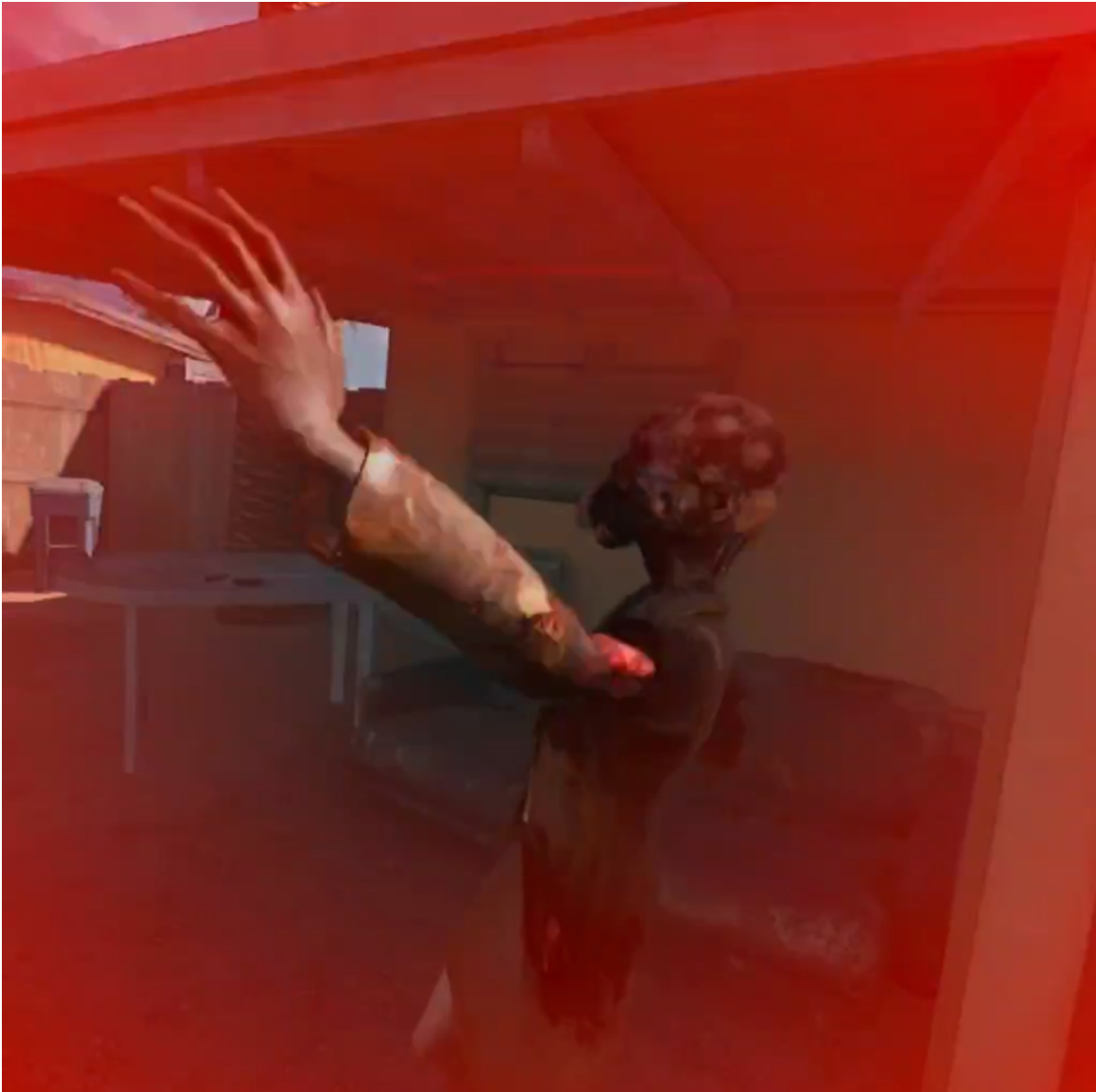


Figura 2.4: Bordas do ecrã ficam vermelhas após o jogador ser magoado

Certos objetos físicos podem ser guardados pelo jogador num inventário. Este inventário normalmente é acessado movendo um objeto para uma certa posição no corpo do jogador, e dependendo deste removido desta posição para reutilizar 2.5. Objetos essenciais ao jogador podem também voltar para a sua posição quando largados pelo utilizador, isto acontece para itens essenciais ao jogo em que a perda de imersão é justificada pela necessidade do item ao jogo ou para conveniência em jogos em que a imersão não é tão importante. Os itens normalmente são guardados em zonas visíveis ao utilizador ou em zonas fora do campo de visão do utilizador que devem ser agarrados com base na posição relativa do utilizador como a cintura ou por cima do ombro.

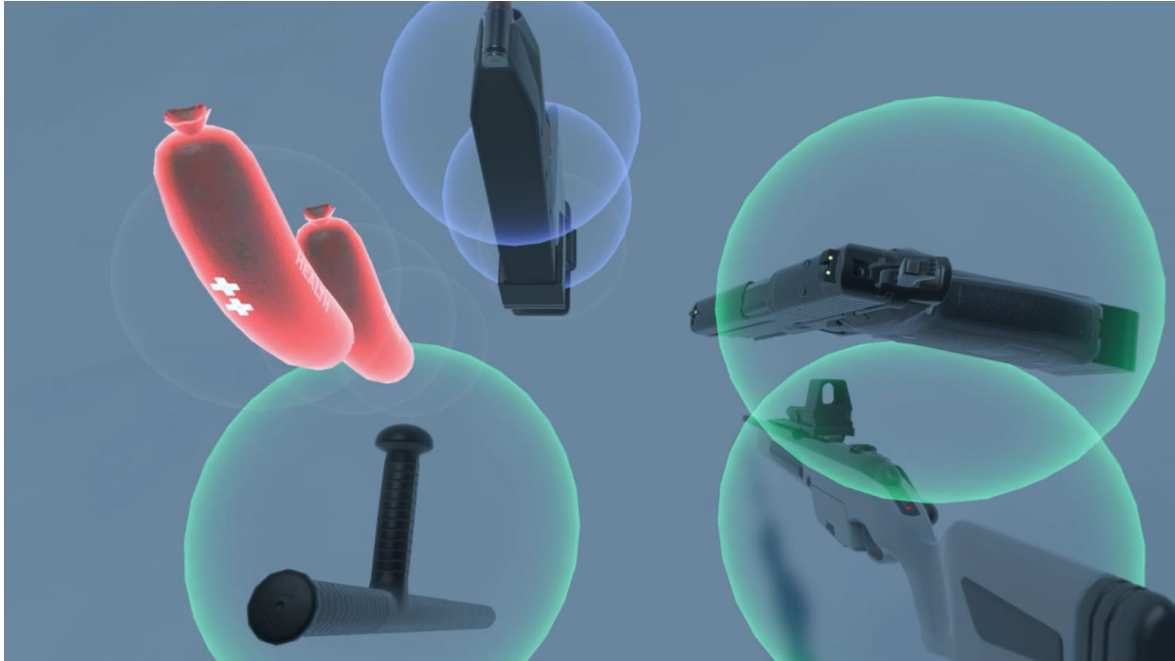


Figura 2.5: Zonas onde o jogador pode pousar, neste caso esferas azuis significam duplicação de itens e verde retorno após ser largado

## 2.6 Movimentação

A movimentação do jogador no mundo pode ser realizada de duas formas, movimentação física e movimentação virtual. A movimentação física é realizada pelo utilizador, o utilizador move-se no mundo real e o seu movimento é traduzido para o mundo virtual, normalmente não existe espaço suficiente para o utilizador se deslocar onde pretende, para além da velocidade poder ser lenta para o tamanho do espaço, logo este movimento é normalmente utilizado para pequenos ajustes na posição do jogador, por exemplo, para poder observar objetos com mais detalhe ou esquivar obstáculos. Para além da movimentação física, a movimentação virtual é utilizada para deslocar o jogador. Existem duas maneiras principais para movimentar, teletransporte e movimento livre. No teletransporte o jogador seleciona um ponto no mundo virtual, normalmente com o seu comando como se fosse um ponteiro de UI, e o jogador é teletransportado para esse ponto, ou movimenta-se rapidamente para esse ponto. Este movimento é mais utilizado por utilizadores mais sensíveis a desorientação ou enjoo de movimento, este movimento permite também aos jogadores imediatamente evitar perigos apesar de ser menos imersivo e considerado ligeiramente desonesto. Para além disso pode ser necessário limitar a distância máxima a que o jogador se pode movimentar num período de tempo ou o jogador terá uma velocidade praticamente infinita, podendo eliminar certos obstáculos que o desenvolvedor pretende que o jogador enfrente. De seguida temos a movimentação livre em que o jogador se movimenta de forma contínua, o jogador escolhe uma direção, com a orientação dos óculos ou com a orientação dos comandos e movimenta-se com o *joystick* ou alternativamente fazendo o jogador mover os braços simulando movimento. É bom fornecer ao utilizador várias alternativas para que este possa escolher a opção que mais lhe adequa.

Adicionalmente, o movimento vertical pode também ser necessário. Esta adição deve ser feita com cuidado, visto ser a principal causa de enjoo e desorientação no movimento. É importante tentar garantir que cada destino que o jogador tenha de alcançar possa ser alcançado sem perturbar jogadores mais sensíveis. A forma mais fácil de fazer isto é fazer com que todos os pontos altos ou baixos tenham escadas que possam teletransportar o jogador ao topo ou ao fundo destas para que este não tenha de ser perturbado. Por outro lado se o jogo for muito dependente em movimento pode não ser possível permitir um jogador mais sensível a este jogar o jogo, nestes casos a melhor opção é ignorar estas práticas e focar na implementação do movimento, para garantir a melhor experiência possível ao público alvo. No entanto, é essencial avisar possíveis consumidores que o jogo não é apropriado para pessoas sensíveis a movimentação.

## **2.7 Inteligência Artificial**

A utilização de agentes de inteligência artificial em ambientes virtuais tem crescido significativamente, especialmente com os avanços em processamento de linguagem natural e aprendizado de máquina. Existem várias ferramentas e aplicações diferentes que oferecem diálogo com um agente de inteligência artificial. Adicionalmente, existem plataformas que oferecem suporte para implementação em jogos o que simplifica a adição deste agente no ambiente virtual. Foram examinadas duas plataformas com esta capacidade, [12]*Inworld* e [13]*Convai*. *Inworld* foca-se em personagens com personalidade e consciência de contexto e utiliza modelos avançados para simular emoções, intenções e memória de curto e longo prazo. No entanto, essa plataforma exige uma licença de uso por isso não foi possível utilizar neste projeto. A plataforma *Convai* foi escolhida por não requerer uma licença e por ser mais simples de implementar em motores de jogo como o *Unity* ou *Unreal Engine*.

Existem outras ferramentas de IA que não foram referidas, pois aqui focamo-nos apenas em plugins disponíveis para os motores de jogos.



# Capítulo 3

## Tecnologias e ferramentas utilizadas

### 3.1 Introdução

Para o desenvolvimento deste projeto foram utilizadas várias ferramentas para auxiliar o desenvolvimento do projeto. O software essencial usado neste projeto foi o motor *Unity*, mas também foram usados outros softwares para a realização deste projeto. As próximas secções irão listar todo o software utilizado bem como a sua aplicação e motivo de escolha.

### 3.2 Equipamento Utilizado

No desenvolvimento deste projeto foram proporcionados um par de óculos *quest 2* da companhia *meta*. Estes óculos são um exemplo de um dispositivo VR autónomo, ou seja, não necessitam de um dispositivo externo para correr aplicações, sendo ainda possível conectar a um computador. Estes óculos possuem um processador e armazenamento próprio e correm aplicações diretamente no dispositivo. Para além disso, estes óculos possuem comandos com sensores de pose que permitem ao utilizador interagir com elementos de UI ou objetos com as suas mãos ou simplesmente com um ponteiro criado por estes.

Apesar dos óculos serem autónomos a elaboração do projeto foi efetuada com uma ligação a um computador. Desta forma a aplicação pode ser testada de imediato no motor de jogo *Unity*.

#### 3.2.1 *Meta Quest Link*

Para os óculos poderem ser conectados ao computador é necessário usar um programa para realizar esta ligação. O *Meta Quest Link* [14] permite realizar esta ligação tanto por cabo como por Wi-Fi.

#### 3.2.2 *Sidequest*

Se o utilizador desejar correr o jogo diretamente nos óculos poderá instalar a aplicação diretamente nestes. Os óculos não permitem instalar aplicações diretamente a partir do ficheiro e por isso foi utilizado o *sidequest* para instalar a aplicação nos óculos[15].

### 3.3 *Unity*

Foi utilizado o motor de jogo *Unity* [16] para desenvolver a *Escape Room* devido à experiência prévia com este motor de jogo e a facilidade de desenvolver projetos em realidade

virtual. Com um motor de jogo pode-se facilmente criar um ambiente 3D e adicionar objetos com física com o qual o jogador consegue interagir como se estivesse num ambiente real. O *Unity* permite também lançar a aplicação em vários dispositivos, neste caso para Windows e para Android, o sistema operativo do *Oculus Quest 2*. O *Unity* em si é também compatível com o *Oculus Quest 2*, o que facilita a implementação de funcionalidades específicas deste dispositivo, permitindo testar a aplicação diretamente no *Unity* sem ter de compilar a aplicação.

### 3.3.1 *Unity* VR template

O motor de jogo da *Unity* contém também um *template* para um projeto em realidade virtual que foi utilizado para auxiliar o desenvolvimento deste trabalho. Este *template* contém um pacote com vários elementos para o desenvolvimento de projetos em realidade virtual. Neste projeto os principais componente utilizados foram:

- ***XR Origin***: O tratamento de todos os inputs recebidos pelos óculos e os comandos são tratados por este objeto.
  - A pose dos óculos é utilizada para posicionar e orientar a câmara, assim o utilizador consegue observar o espaço e realizar pequenos ajustes na sua posição
  - A pose dos comandos permite criar comandos ou mãos virtuais para o utilizador poder observar as suas mãos no mundo virtual facilitando a interação com objetos que dependem da posição dos comandos ou da sua orientação
  - O estado de cada botão, para determinar se este está a ser pressionado ou não e dar mais ações que o utilizador pode utilizar como agarrar ou largar objetos, as mecânicas de tempo implementadas. A manipulação do *joystick* esquerdo permite também alterar a posição do jogador e o direito a orientação da câmara, permitindo-lhe percorrer distâncias que não seja possível no espaço do utilizador ou simplesmente para ser mais conveniente. É necessário ter cuidado a implementar este movimento e se possível fornecer ao utilizador a habilidade de alterar certos parâmetros deste movimento para impedir enjoo ou desorientação causada pela diferença de perceção entre o movimento real e virtual.
- ***XR Grab interactable***: Este componente permite ao utilizador fisicamente manipular objetos fornecendo várias opções de customização sobre o movimento criado por estes objetos. Este componente é utilizado para criar objetos que o utilizador pode agarrar e largar, como uma arma ou um objeto que o utilizador pode interagir com, como um botão ou uma alavanca.
- ***XR Knob***: Este componente permite ao utilizador rodar um objeto virtual, como uma porta ou um botão, rodando a sua mão no espaço.
- ***XR Ray Interactor***: Este componente está associado aos comandos que o utilizador segura. Um raio é lançado a partir do comando e quando este raio colide com um objeto, este objeto é selecionado, a partir daqui o utilizador pode interagir com este objeto, como agarrar ou ativar.

Este template contém também uma cena de exemplo que contém um ambiente simples com vários objetos para desenvolvedores observar as *features* pré implementadas bem como o código associado para copiar ou adaptar ao seu projeto.

### **3.4 *Visual Studio Code***

O visual studio code foi utilizado para criar os scripts associados aos vários componentes do programa e foi escolhido devido à previa experiência com o programa e ao suporte com o *Unity* que auxiliou na criação destes. Estes scripts foram implementados com a linguagem *c#*.

### **3.5 *ProBuilder***

O pacote ProBuilder [17] é um asset criado pela *Unity technologies* que permite criar e manipular objetos 3D, este foi usado juntamente com o Blender 3.3 para criar os objetos existentes no jogo.

### **3.6 *Blender***

Blender [18] é um software usado para criar animações, efeitos visuais, arte e modelos 3D, este programa foi usado para a criação de objetos 3D que aparecem na sala.

#### **3.6.1 *Sketchfab***

Contudo nem todos os modelos foram criados com Blender, alguns dos modelos utilizados no projeto foram importados do site sketchfab.com [19]



# Capítulo 4

## Engenharia de Software do projeto

### 4.1 Introdução

Este capítulo descreve a engenharia de software utilizada no projeto, incluindo o processo de desenvolvimento, as ferramentas utilizadas e as metodologias aplicadas. A engenharia de software é uma disciplina que se preocupa com a aplicação de princípios de engenharia para o desenvolvimento de software de alta qualidade. Neste projeto, foram aplicados princípios de engenharia de software para garantir que o jogo fosse desenvolvido de forma eficiente e eficaz, com foco na qualidade do produto final.

### 4.2 Processo de planejamento

Ao início do projeto foram planejados os objetivos principais do jogo, as mecânicas do tempo e os puzzles que as envolvem. Uma série de detalhes foram definidos para cada puzzle bem como alguns aspectos adicionais como diferentes métodos para selecionar e utilizar os poderes, a estrutura geral das salas e características opcionais dependente do tempo disponível para o desenvolvimento do projeto. Nesta etapa inicial foi também implementada e testada a mecânica de alterar o tempo de objetos com física no *Unity* visto ser uma mecânica central do jogo e a mais complexa de implementar. Após a primeira apresentação do projeto foi sugerido adicionar uma componente de inteligência artificial ao jogo levando a ideia de adicionar uma personagem que ajudasse o jogador a resolver os puzzles. Esta personagem foi implementada com a plataforma *Convai*, que permite criar personagens com inteligência artificial que podem interagir com o jogador através de diálogos e ações. A personagem do *Convai* foi integrada no jogo e foi programada para ajudar o jogador a resolver os puzzles, fornecendo dicas e informações sobre os objetivos do jogo.

### 4.3 Ferramentas utilizadas

As ferramentas principais utilizadas no desenvolvimento do jogo foram o motor de jogo *Unity*, o software *meta quest link* para testar o jogo no dispositivo *Oculus Quest 2* e a plataforma *Convai* para a implementação da personagem com inteligência artificial. Outras ferramentas utilizadas foram o *Visual Studio Code* para a edição de código, e o *Blender* e o *sketchfab* para a criação ou aquisição de modelos 3D.

## 4.4 Requisitos funcionais

Os requisitos funcionais do jogo incluem a capacidade de o jogador interagir com os objetos do ambiente, resolver os puzzles desenvolvidos, e utilizar os poderes de manipulação do tempo. O jogador deve ser capaz de selecionar e utilizar os poderes de forma intuitiva, e o jogador deve poder comunicar com o NPC para receber dicas e informações sobre os objetivos do jogo. O jogo deve ser jogável em realidade virtual, com uma interface de utilizador adaptada para um dispositivo de realidade virtual. O jogo deve também ser capaz de processar e renderizar os gráficos em tempo real, garantindo uma experiência fluida e imersiva para o jogador.

## 4.5 Requisitos não funcionais

Para utilizar a aplicação é necessário um par de óculos *meta quest 2*, outros óculos de realidade virtual que funcionam de forma independente assumem-se ser compatíveis mas não foram testados. Adicionalmente os óculos *meta quest 2* não suportam nativamente instalar aplicações e é necessário uma ligação a um dispositivo externo como um computador ou com a aplicação *Meta Horizon* para smartphone. Alternativamente a aplicação pode também ser corrida num computador e ter a sua imagem transmitida para os óculos com software como o *Meta Quest Link* se este tiver capacidade de processar e renderizar o programa. Adicionalmente a personagem do *Convai* requer uma ligação à internet e que o serviço esteja disponível, visto que a geração de texto por inteligência artificial é realizada nos seus servidores. No entanto, a comunicação com o NPC é completamente opcional, e se o utilizador desejar, poderá jogar o jogo sem uma ligação à internet sem ter a personagem disponível.

## 4.6 Diagramas de atividades

Para melhor demonstrar a estrutura dos puzzles foram desenhados diagramas de atividades para cada sala para demonstrar a sequência de ações que o jogador deve realizar para completar cada puzzle4.14.24.3.

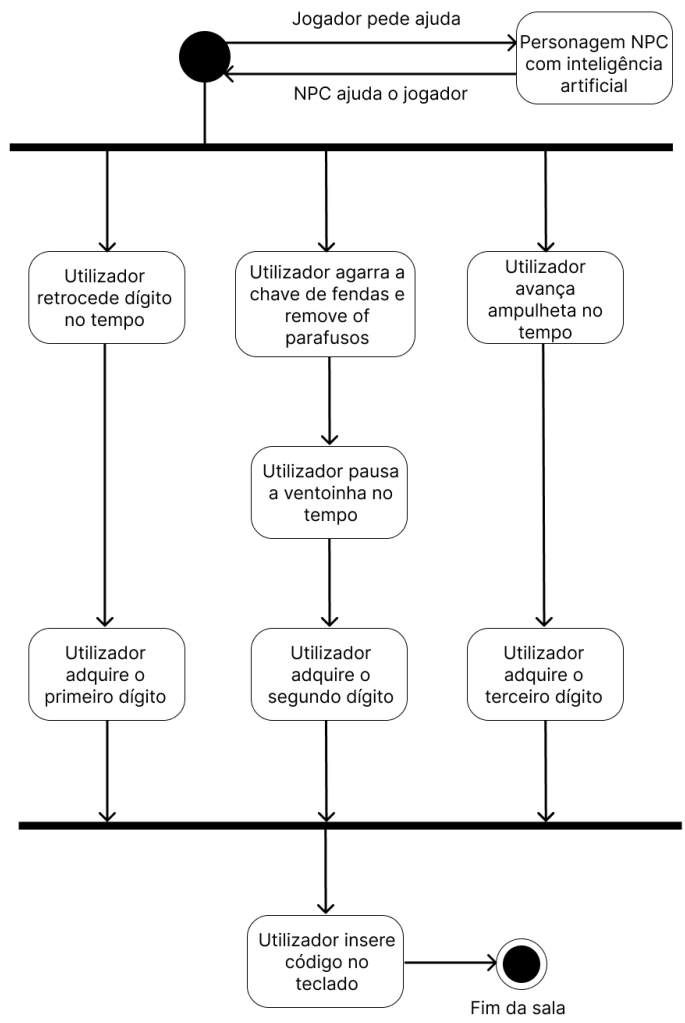


Figura 4.1: Fluxogramas da primeira sala

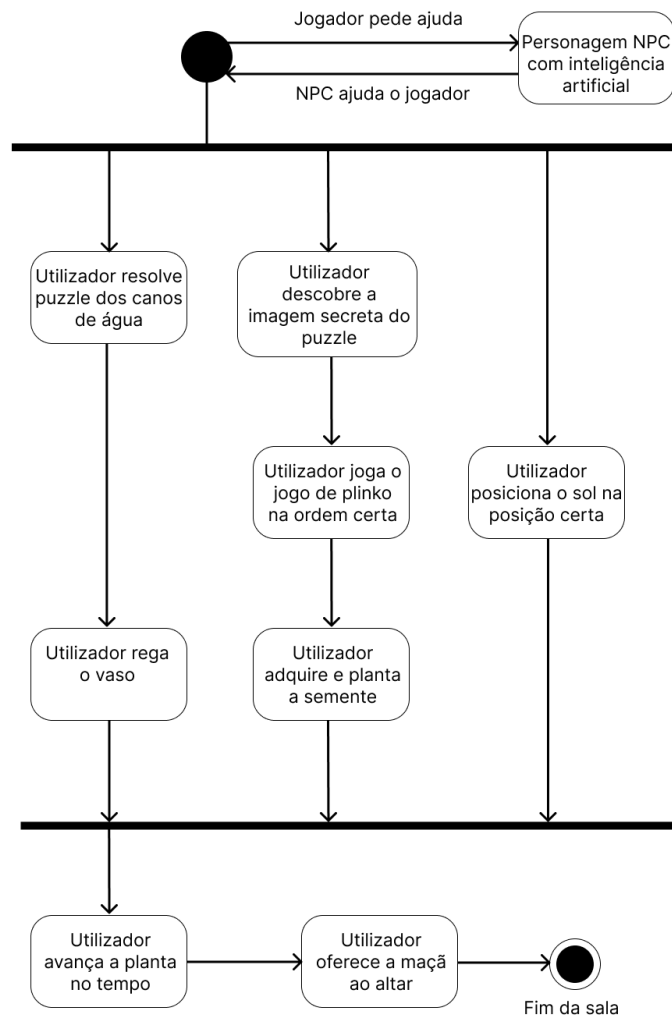


Figura 4.2: Fluxogramas da segunda sala

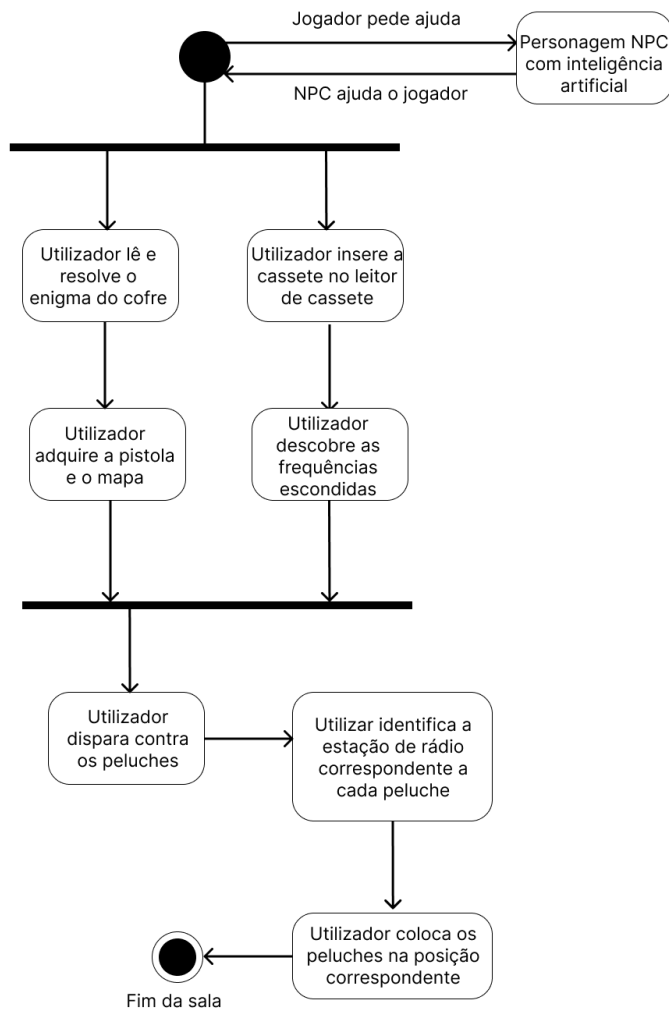


Figura 4.3: Fluxogramas da terceira sala



# Capítulo 5

## Desenvolvimento do Projeto

### 5.1 Introdução

Como o *Escape Room* é jogado em realidade virtual e muitos jogadores não estão familiarizados com a realidade virtual é importante explicar os controlos do jogo. Certos controlos são intuitivos se o jogador já tiver utilizado *gamepads* modernos, mas é importante explicar os controlos para esclarecer problemas que o jogador possa ter com os controlos. Adicionalmente o modo de utilização das habilidades deve ser explicado ao jogador para que este não tenha problemas com o uso destas

#### 5.1.1 Controlos

Os controlos do jogo são semelhantes aos de outros jogos de realidade virtual e com os de *gamepads* modernos. O *joystick* esquerdo é utilizado para mover o jogador e o *joystick* direito é utilizado para olhar à volta e teletransportar o jogador, estas ações podem também ser realizadas com o movimento da cabeça do jogador. Os gatilhos dos comandos servem uma função análoga ao clique esquerdo do rato, sendo o método principal para o utilizador interagir com objetos e elementos de interface. O botão *grip* como o seu nome indica serve para agarrar objetos, agarrar objetos não é uma ação exclusiva à realidade virtual mas a manipulação de objetos é uma ação importante em muitos jogos de realidade virtual e por isso tem um botão dedicado universal a quase todos os jogos e aplicações de realidade virtual. Os botões A, X e Y tem funções mais simples de abrir menus e iniciar conversa com o NPC. Estas ações são explicadas com o uso da imagem que é apresentada ao jogador na primeira sala do jogo 5.1.

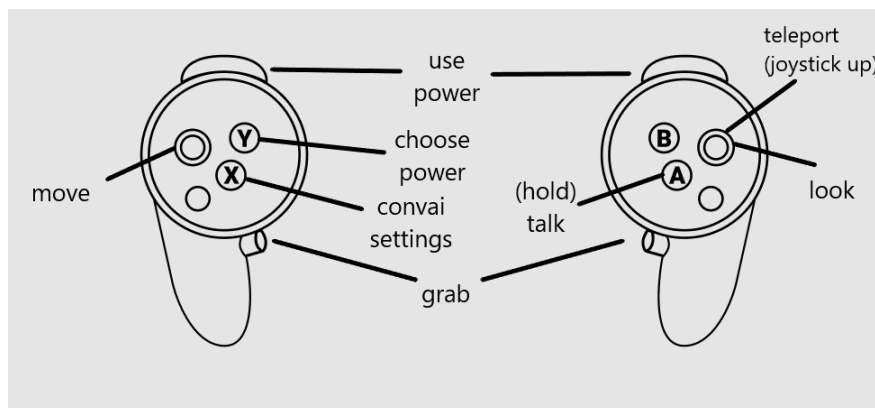


Figura 5.1: Controlos do jogo

## 5.2 Poderes

### 5.2.1 Introdução

O jogador terá acesso a habilidades de manipulação do tempo. Poderá parar, recuar ou avançar objetos no tempo. Esta habilidade poderá ser usada em 2 tipos de objetos: objetos com física e objetos sem física. Os objetos com física são objetos que podem ser movidos agarrados e manipulados pelo jogador, e poderá usar esta habilidade para congelar a posição de objetos ou fazê-los recriar o seu movimento invertidamente. Para objetos sem física, o comportamento destes irá depender do tipo de objeto. Por exemplo, uma ampulheta com areia poderá ter areia a cair mais depressa ou voltar para a parte de cima da ampulheta.

### 5.2.2 Uso de poderes

O método de utilização dos poderes não foi clara para alguns jogadores. Estes assumiram que o menu de escolha do poder necessitava de estar aberto ou que a aplicação dos poderes é imediata e global e não no objeto selecionado. Para esclarecer a utilização dos poderes foi adicionado um tutorial constituído por um conjunto de slides que demonstram passo a passo como utilizar os poderes.

### 5.2.3 Objetos com física

Objetos com física estão limitados a ser recuados e parados no tempo, visto que não faz sentido avançar a posição de um objeto que não se move no tempo. O jogador poderá parar um objeto no tempo e todos os componentes que controlam a física do objeto irão ser desativados, deixando o objeto suspenso na posição em que se encontrava até o jogador resumir o tempo no objeto. Para recuar um objeto no tempo será preciso guardar a posição e orientação do objeto a cada frame, e quando o jogador recuar o objeto no tempo este irá usar estas posições guardadas para simular o recuo no tempo.

### 5.2.4 Objetos sem física

Os objetos sem física não têm um comportamento definido, cada objeto tem uma lista de comportamentos que podem acontecer para certos poderes que são ativados ao comando do jogador. Para facilitar a implementação de novos objetos existe um único script que reage ao jogador ativar um poder e um ID é conferido ao objeto para selecionar o comportamento a ativar.

### 5.2.5 Escolha de poderes

É necessário definir como o jogador irá selecionar o poder a utilizar, se cada ação tiver um botão diferente será difícil colocar cada ação num botão, especialmente com os dois botões necessários para o NPC. Outro método para selecionar o poder será com um painel com opções. Com um único botão o jogador poderá abrir um painel com os poderes e selecionar o poder a utilizar. Esta opção torna a seleção de poderes mais simples mas torna a alteração

do poder a utilizar mais lenta, e não permite ao jogador usar dois tipos de poderes rapidamente5.2, mas como o objetivo do jogo é criar desafios mentais e não de destreza este método serve para o projeto.

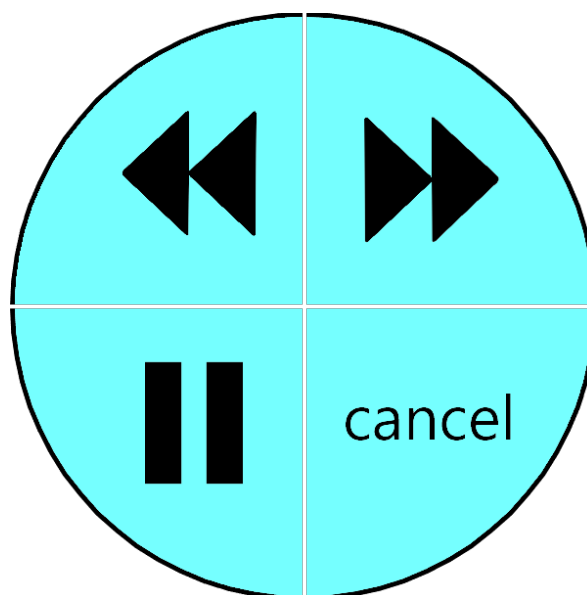


Figura 5.2: Menu para seleção de poderes

### 5.3 *Conversational AI for Virtual Worlds (Convai)*

Presente na *Escape Room* estará um NPC com o objetivo de auxiliar o jogador a escapar, semelhante a operadores que existem em *Escape Rooms* físicas. Esta personagem irá oferecer dicas e guiar o jogador na resolução dos puzzles caso este tenha dificuldade em resolvê-los. Para implementar esta funcionalidade foi utilizada a plataforma *Convai*, que fornece as ferramentas para criar uma personagem presente no mundo virtual capaz de ouvir e responder ao utilizador bem como incluir uma interface própria para a realidade virtual.

A escolha desta plataforma foi feita devido à sua facilidade de uso e integração com o motor de jogo *Unity*. Após a criação de uma conta o *website* do *Convai* permite criar a personalidade da personagem bem como fornecer-lhe conhecimento adicional e alterar outras definições como a voz da personagem, a pronúncia de certas palavras o modelo de geração de texto entre outras. Após a sua criação o ID da é adicionado ao *template* para personagens do *Unity* e estará pronta para interagir com o utilizador. O *Convai* fornece também funcionalidade para controlar ações da personagem como andar e interagir com objetos e comentar em eventos que ocorram sem o jogador iniciar a conversa. Para além disso, conhecimento da personagem pode ser alterado durante a execução do programa e adaptar as respostas para apenas auxiliar o jogador nos puzzles presentes na sala e que ainda não tenham sido resolvidos. Com estes simples passos e com a interface de realidade virtual a personagem pode ser adicionada ao jogo e pronta para conversar 5.3.



Figura 5.3: Personagem de *Convai*

## 5.4 Implementação do NPC

O papel principal da personagem será ajudar o jogador a resolver os puzzles presentes na sala, no entanto não deve imediatamente dar a resposta ao jogador. A personagem deverá primeiro referir alguns objetos presentes na sala com que o utilizador deve interagir, seguido de algumas dicas do que o jogador deve fazer e só se o jogador ainda necessitar de ajuda é que deve dizer ao jogador como resolver o puzzle. Esta implementação é difícil porque o texto gerado por inteligência artificial é difícil de controlar e tende a gerar texto com base nos detalhes colocados na descrição da personagem, e um simples "olá" pode causar a personagem a imediatamente dar a resposta a puzzles presentes na sala. O modelo gerador de texto tenta sempre gerar várias frases de texto na sua resposta, e como a descrição da personagem não contém nenhum elemento de personalidade, simplesmente tendo instruções para como interagir com o utilizador, o modelo gera sempre texto sobre as respostas do puzzle. Para prevenir isto, foi adicionado que a personagem gosta de jogar videojogos, é uma "gamer", e que gosta de fazer referências a vários jogos, e esta adição permitiu que o modelo pudesse gerar texto sobre um assunto muito extenso e evitar dar a resposta dos puzzles ao utilizador. Para controlar o conhecimento que a personagem tem sobre a sala em que se encontra foi utilizada a funcionalidade de design narrativo que serve para controlar as ações da personagem com base em acontecimentos do jogo e dialogo do jogador e o conhecimento dinâmico que controla o que a personagem sabe sobre o jogo. O design narrativo é um fluxograma, que permite dar informações mais gerais sobre o jogo e reagir a decisões do jogador, é utilizado para informar a personagem da sala em que está e qual o objetivo final da sala. O design narrativo permite também que a personagem fale sobre eventos que ocorram sem o jogador iniciar a conversa, podendo comentar sobre o progresso do jogador. O conhecimento dinâmico é simplesmente texto que a personagem tem que pode utilizar nas suas respostas, e é utilizado para informar a personagem de todos os puzzles presentes na sala e o estado de cada um deles. O conhecimento dinâmico será controlado por um array de strings que contém descrições de todos os puzzles do jogo, este array é unido numa só string e fornecida à personagem. Após o jogador resolver um puzzle, a descrição do puzzle é alterada para informar a personagem que o puzzle foi resolvido e se o jogador adquiriu algo que irá necessitar no futuro, não é suficiente remover a posição do array pois a personagem baseia as suas respostas também na conversa que está a ter com o jogador, e se um puzzle já foi mencionado na conversa a personagem irá continuar a referir-se a ele como se não fosse resolvido. Apesar de várias medidas de prevenção, a personagem pode ainda dar a resposta ao jogador ou dizer que um puzzle resolvido ainda não tenha sido resolvido. Testes foram realizados para garantir que o sistema de conhecimento dinâmico continua a funcionar logo o problema deriva do modelo de linguagem utilizado pelo *Convai* o qual apenas pode ser alterado pelo *Convai*. Como muitos aspetos da inteligência artificial esta tecnologia é melhorada ao longo do tempo por isso no futuro a implementação de uma personagem assistente de *escape room* possivelmente será mais fácil.

## 5.5 Puzzles

Nesta seção serão listados todos os puzzles presentes no jogo e a sua implementação. Para além disso é detalhada a informação fornecida à personagem do Convai para poder ajudar o jogador a resolver os puzzles.

### 5.5.1 Sala 1

A primeira sala tem como foco ensinar o jogador a usar os seus poderes e a interagir com os objetos presentes na sala e a personagem do Convai, bem como, aprender a utilizar os óculos e comandos de realidade virtual se este não tiver experiência com realidade virtual. O objetivo desta sala é adquirir um código de 3 dígitos escondido na sala, e este objetivo é partilhado com a personagem do Convai através do design narrativo. Cada dígito deste código está escondido num puzzle diferente que o jogador terá de resolver com cada um dos seus poderes.

Para o poder de recuar no tempo, o jogador terá de recuar a pintura de um dígito muito desgastado numa parede para descobrir o primeiro dígito<sup>5.4</sup>. Para o poder de parar o tempo, o jogador terá de agarrar numa chave de fendas, o que o ensinará também a agarrar objetos, abrir uma conduta de ventilação e parar uma ventoinha para descobrir o segundo dígito por detrás desta<sup>5.5</sup>. Por fim, o poder de avançar no tempo será utilizado para fazer a areia de uma ampulheta cair rapidamente e descobrir o terceiro dígito que se encontra escondido na ampulheta e deve ser agarrada e manipulada para ser visível<sup>5.6</sup>. Cada dígito tem uma cor diferente para informar o jogador da ordem em que os dígitos devem ser introduzidos num comando presente na parede da sala. Cada um destes puzzles é fornecido à personagem do Convai através do conhecimento dinâmico, e quando o dígito é revelado o conhecimento dinâmico é alterado para a personagem saber que o puzzle foi resolvido.

### 5.5.2 Sala 2

A segunda sala tem como objetivo criar e oferecer uma maçã a um altar, esta informação é partilhada com a personagem do Convai como o objetivo desta sala. A aquisição desta maçã envolve vários passos que necessitam que o jogador resolva vários puzzles. No altar encontra-se um livro que contém os ingredientes para criar a maçã: uma semente, água, e sol<sup>5.7</sup>.

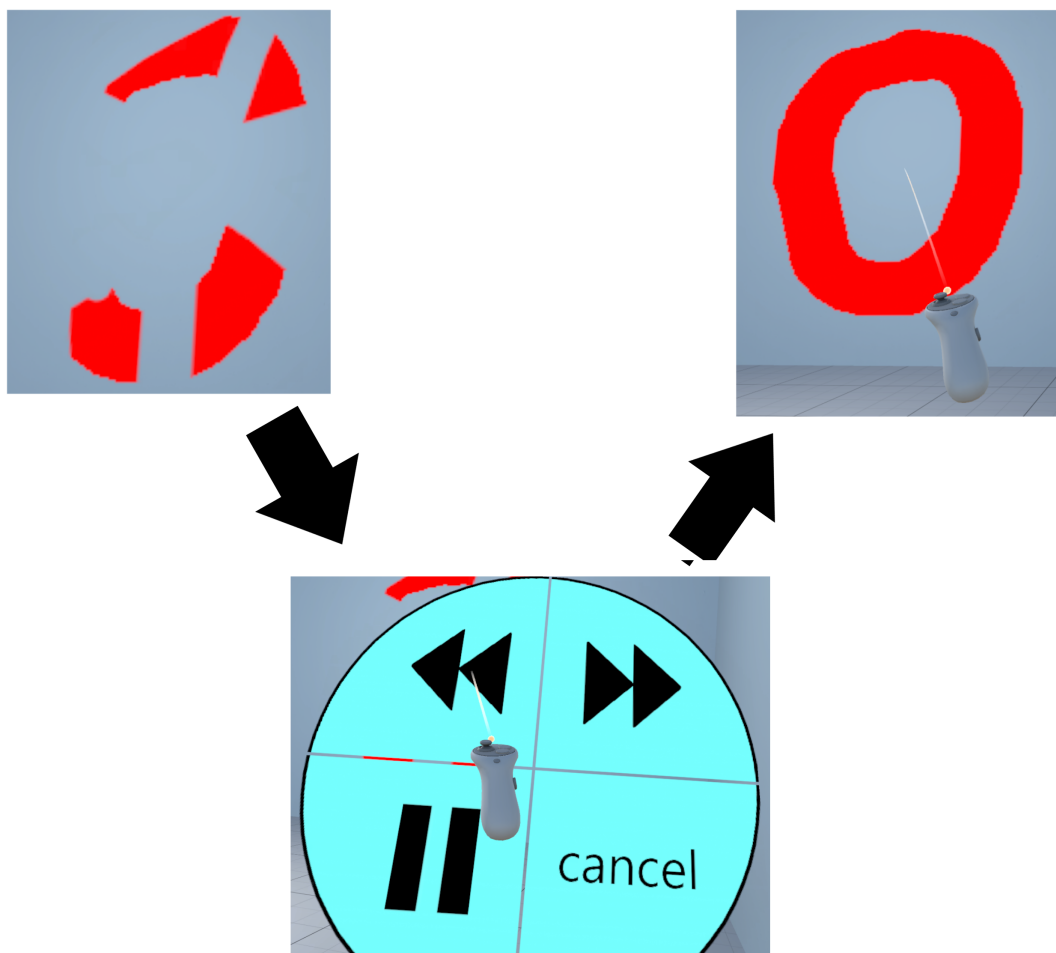


Figura 5.4: Primeiro Puzzle

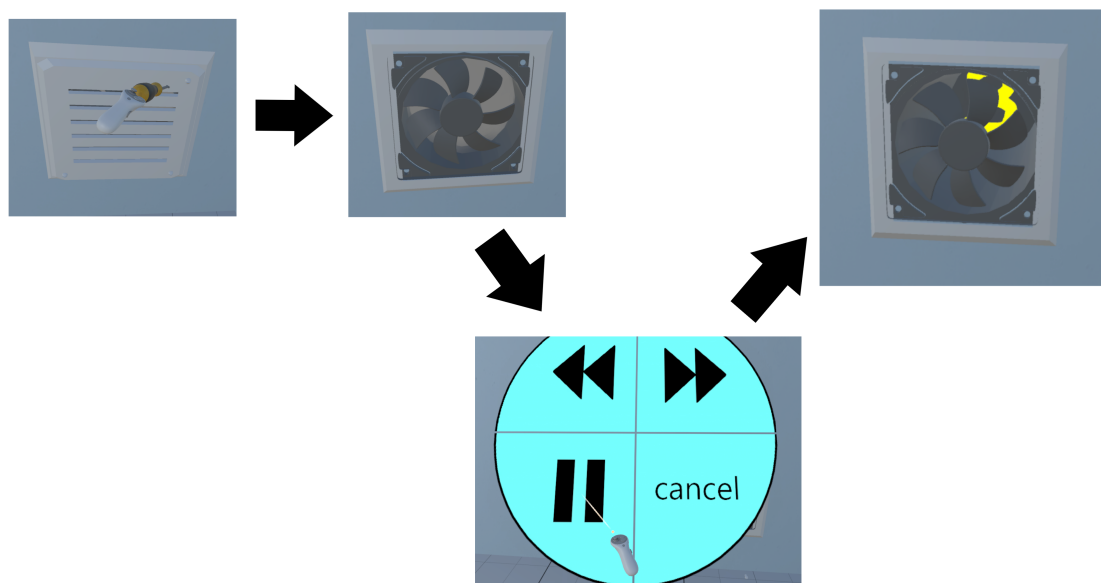


Figura 5.5: Segundo Puzzle

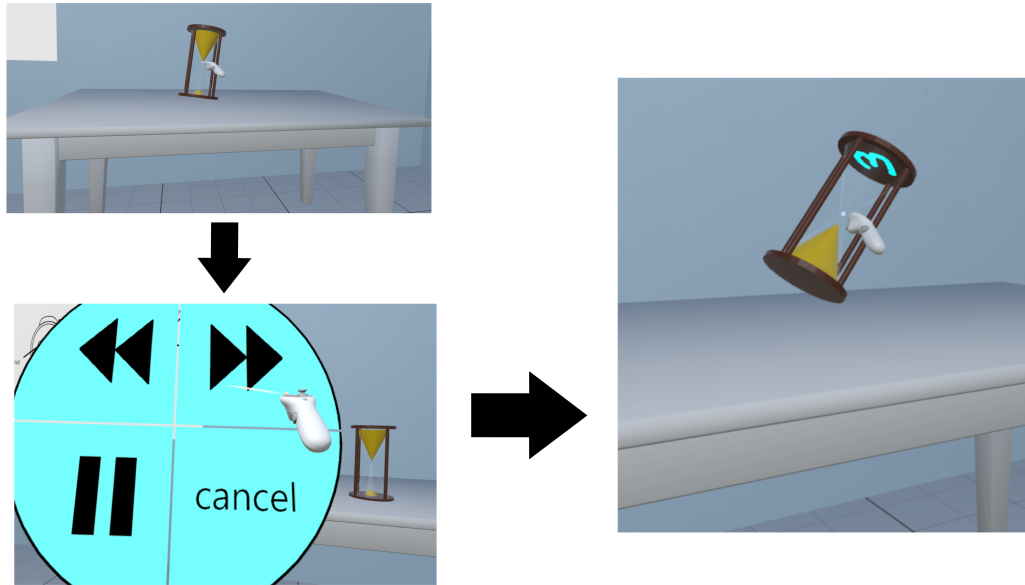


Figura 5.6: Terceiro Puzzle



Figura 5.7: Instruções de aquisição da maçã

Numa mesa da sala encontra-se um conjunto de peças que formam uma imagem. Esta imagem revela a localização de uma folha que o jogador terá de encontrar com a chave para outro puzzle. Esta folha contém a série de números de 1 a 4 em posições que parecem aleatórias, mas correspondem às posições de uma máquina de plinko presente na sala 5.8.

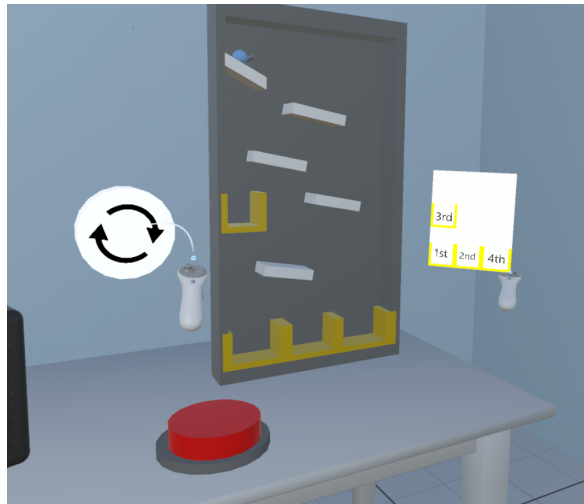


Figura 5.9: Máquina de plinko

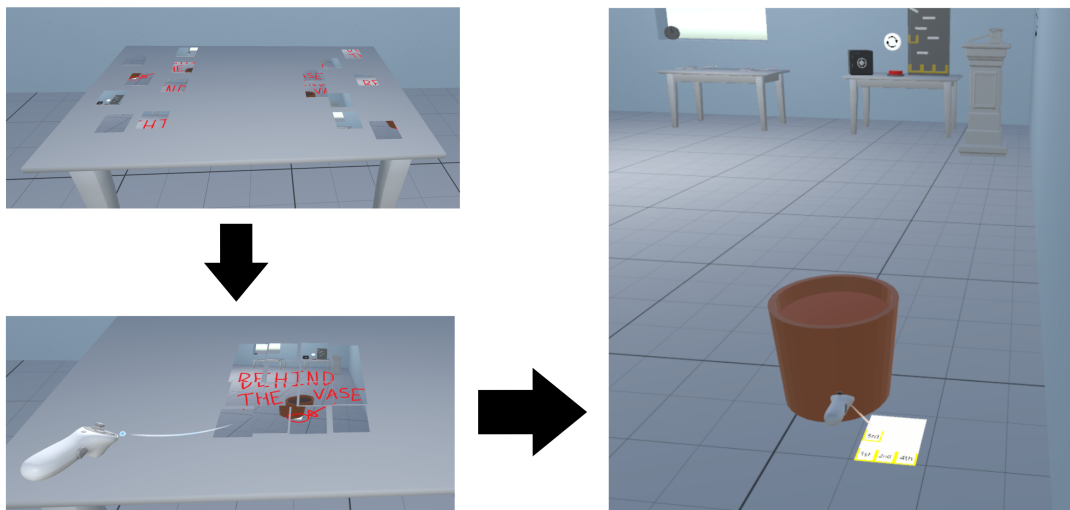


Figura 5.8: Puzzle com imagem secreta

Ao carregar no botão à frente da máquina de plinko a bola da máquina irá cair e o jogador terá de manipular as plataformas para fazer a bola cair nas quatro posições em pela ordem pretendida. A máquina tem apenas 1 bola, logo para fazer a bola cair nas posições restantes o jogador terá de reutilizar esta bola, o que pode fazer recuando a posição desta no tempo até ao topo ou até a próxima posição ser alcançável. Após a bola cair nas quatro posições, um cofre será aberto que contém a semente para plantar uma macieira<sup>5.9</sup>.

Numa das paredes da sala encontra-se uma série de canos de água desorganizados<sup>5.10</sup>. O jogador terá de orientar estes canos para permitir que a água dos canos chegue até ao regador de água que se encontra no fim. Quando a água conseguir chegar até ao fim o regador é cheio com água e o jogador poderá usa-lo para regar o vaso onde plantará a semente da macieira. Para certificar que os canos estão ligados cada entrada tem um colisor que deteta se está em contacto com outro cano. Quando o jogador tentar abrir a torneira um simples algoritmo de

*pathfinding* irá determinar se a água consegue chegar até ao regador.

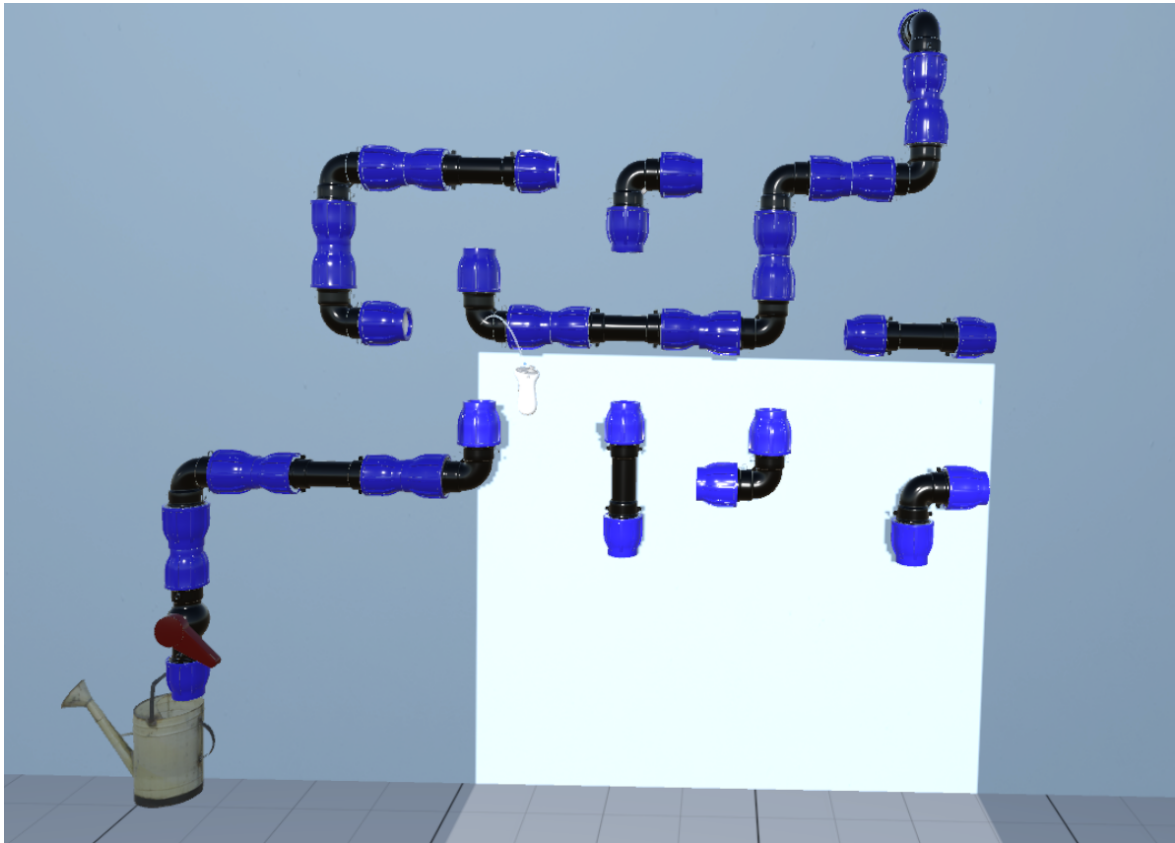


Figura 5.10: Canos de água

Outra parede da sala tem uma janela aberta por onde se pode ver o sol. A trajetória da luz é visível e as zonas diretamente iluminadas são distinguíveis. O vaso onde será plantada a semente encontra-se fora da zona iluminada e o jogador terá de manipular o tempo do sol para o movimentar de forma a iluminar o vaso<sup>5.11</sup>.



Figura 5.11: Raios de sol que iluminam o vaso

Quando todos os passos anteriores forem completados o jogador poderá avançar o tempo no



Figura 5.12: Macieira com uma maçã

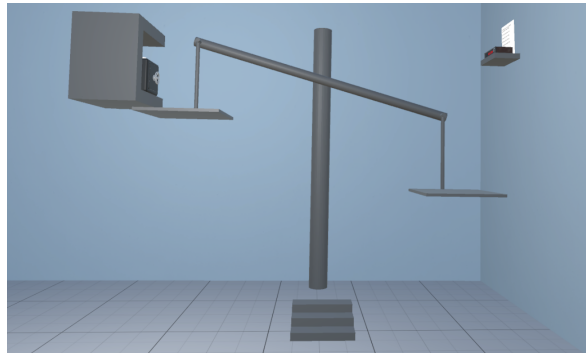


Figura 5.13: Roda Gigante

vaso para fazer a macieira crescer e adquirir a maçã que necessitará para oferecer ao altar 5.12.

### 5.5.3 Sala 3

Na última sala o jogador encontrará uma roda gigante que lhe fornece acesso a objetos posicionados em plataformas altas na sala. A movimentação vertical do jogador pode causar desorientação e náusea a muitos jogadores, especialmente a jogadores inexperientes em realidade virtual, mas esta roda foi adicionada, rodando lentamente, para testar a reação dos jogadores a este tipo de movimento e verificar os sintomas de desorientação. Estes sintomas foram de facto observados e por isso a roda gigante pode ser pausada pelo jogador e o jogador pode teletransportar-se para as plataformas para alcançar os objetos necessários sem sofrer desorientação ou náusea. Adicionalmente, foi colocado um conjunto de slides que explicam estas instruções ao jogador para garantir que o jogador não tente andar na roda gigante se não se achar capaz de lidar com a desorientação 5.13.

A partir da roda gigante o jogador pode alcançar um cofre e um rádio. O cofre contém uma folha com uma pequena história de um pirata que perdeu o olho esquerdo e que escondeu o seu tesouro no cofre à frente do jogador e que requiere um código para abrir. Quando o jogador agarrar a folha descobre um conjunto de números escondidos debaixo da folha colocados de forma estranha. De acordo com o enigma o jogador deve fechar o seu olho esquerdo para revelar um conjunto de quatro números. Este efeito foi realizado com um material que apenas renderiza os dígitos na lente direita tornando a imagem confusa se o utilizador tiver ambos os olhos abertos. Quando uma imagem é mostrada apenas a um olho a cor parece tornar-se translúcida, realçando os dígitos corretos, para evitar este efeito o material que é

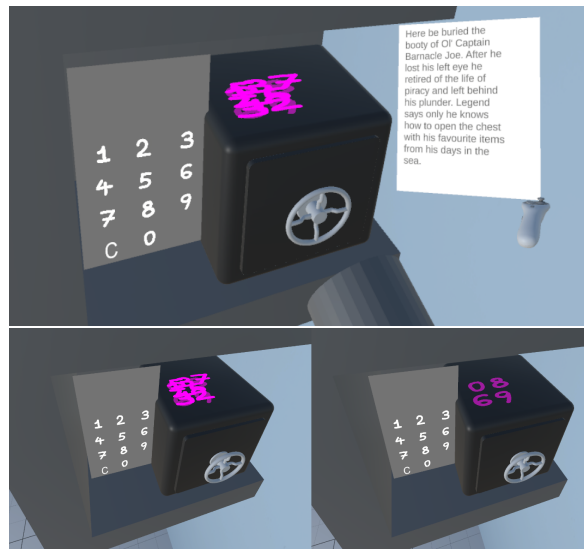


Figura 5.14: Cofre com combinação

renderizado em ambas as lentes tem o canal alfa reduzido para que os dígitos sejam indistiguíveis se ambos os olhos estiverem abertos<sup>5.14</sup>.

Com o código o jogador poderá abrir o cofre e adquirir uma pistola e um mapa. A pistola pode ser usada para disparar para um conjunto de peluches inacessíveis ao jogador, e um mapa de todas as salas dividido em coordenadas<sup>5.15</sup>.

No canto da sala encontra-se uma televisão com uma cassete e um leitor de cassetes. Ao inserir a cassete no leitor um vídeo começa a tocar que mostra uma publicidade dos peluches. A publicidade contém uma seção dedicada a cada um dos peluches com um excerto de áudio tocado invertidamente<sup>5.16</sup>. O jogador terá de recuar o vídeo no tempo para decifrar o que é dito em cada excerto de áudio. Estes excertos de áudio contém frequências de rádio para cada peluche. Ao colocar as frequências no rádio o jogador irá ouvir um apresentador de rádio que diz o nome da estação antes de começar a tocar música. Junto ao rádio encontra-se uma folha que indica em que coordenadas podem ser ouvidas cada uma das estações de rádio. O jogador terá de usar toda a informação adquirida para realizar este raciocínio:

- A publicidade contém uma frequência de rádio para cada peluche.
- O rádio nomeia a estação de rádio de cada frequência.
- Cada estação de rádio tem uma coordenada associada.
- O mapa mostra as salas divididas e com coordenadas.
- O jogador deve colocar cada peluche na respetiva coordenada.



Figura 5.15: Conteúdo do cofre



Figura 5.16: Publicidade com mensagem secreta

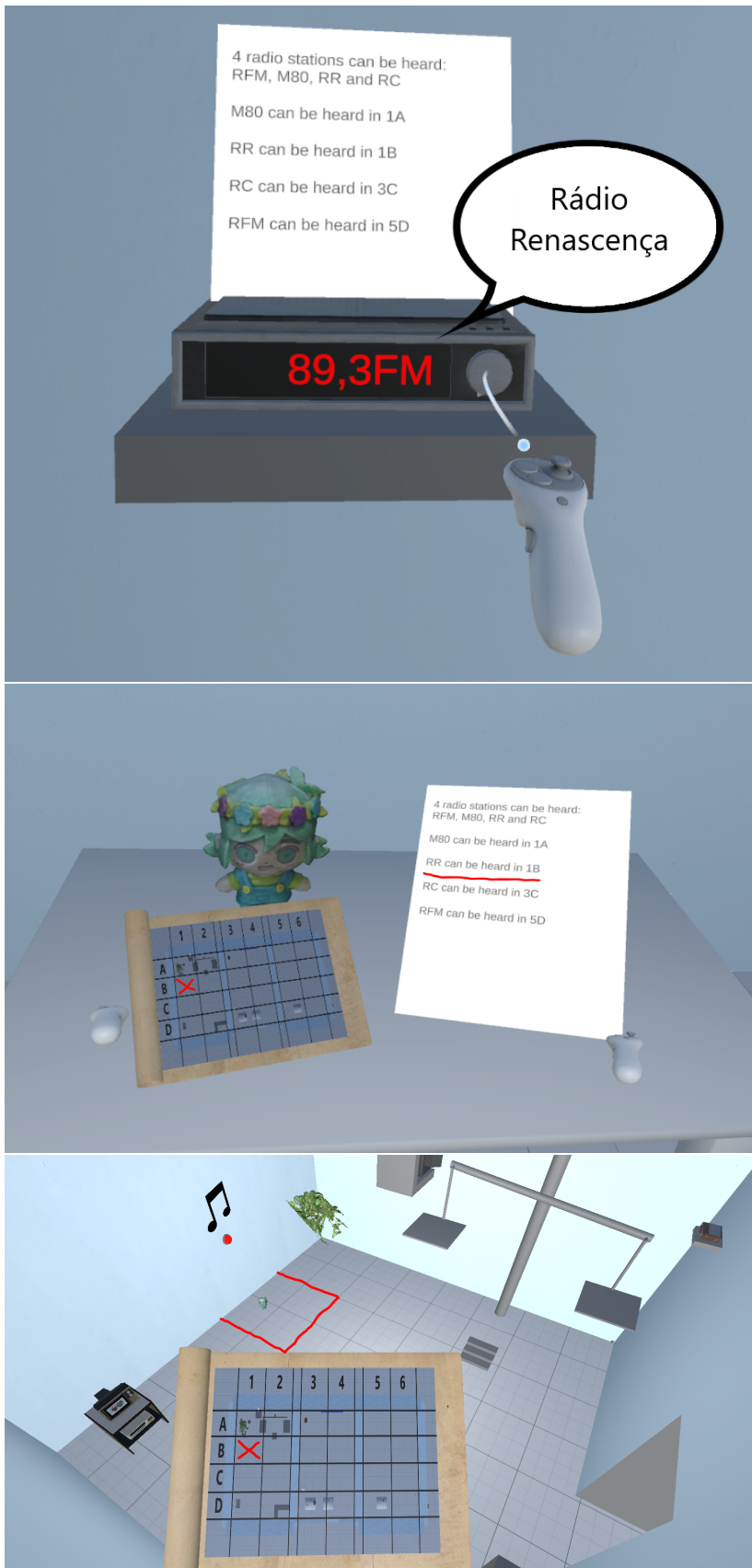


Figura 5.17: Estação de rádio e a solução do puzzle



# Capítulo 6

## Testes preliminares

### 6.1 Introdução

Ao criar software é essencial adquirir feedback dos utilizadores para melhorar o produto. Em jogos o feedback também é importante para garantir que o jogador tem uma boa experiência no jogo visto que os desenvolvedores terão opiniões parciais sobre o jogo visto o terem criado. Adicionalmente, num jogo de puzzles, como o que está a ser desenvolvido, os desenvolvedores não conseguem observar os puzzles com a mesma perspetiva que os jogadores visto saberem todos os aspetos de cada puzzle. Não só os desenvolvedores não conseguem julgar a dificuldade de um puzzle de forma objetiva como também não conseguem prever as reações dos jogadores a certos elementos dos puzzles e não perceber a função de certos objetos.

### 6.2 Sessões de teste

#### 6.2.1 Sessão guiada

O primeiro teste foi efetuado por uma pessoa sem experiência com realidade virtual ou com jogos e por isso foi guiada pelos puzzles. Apesar de não se ter adquirido feedback sobre os puzzles esta sessão permitiu descobrir aspetos a ser melhorados. Nomeadamente a clareza dos controlos do jogo e alterar a cor de certos objetos para melhorar a visibilidade para pessoas com problemas de visão6.1.

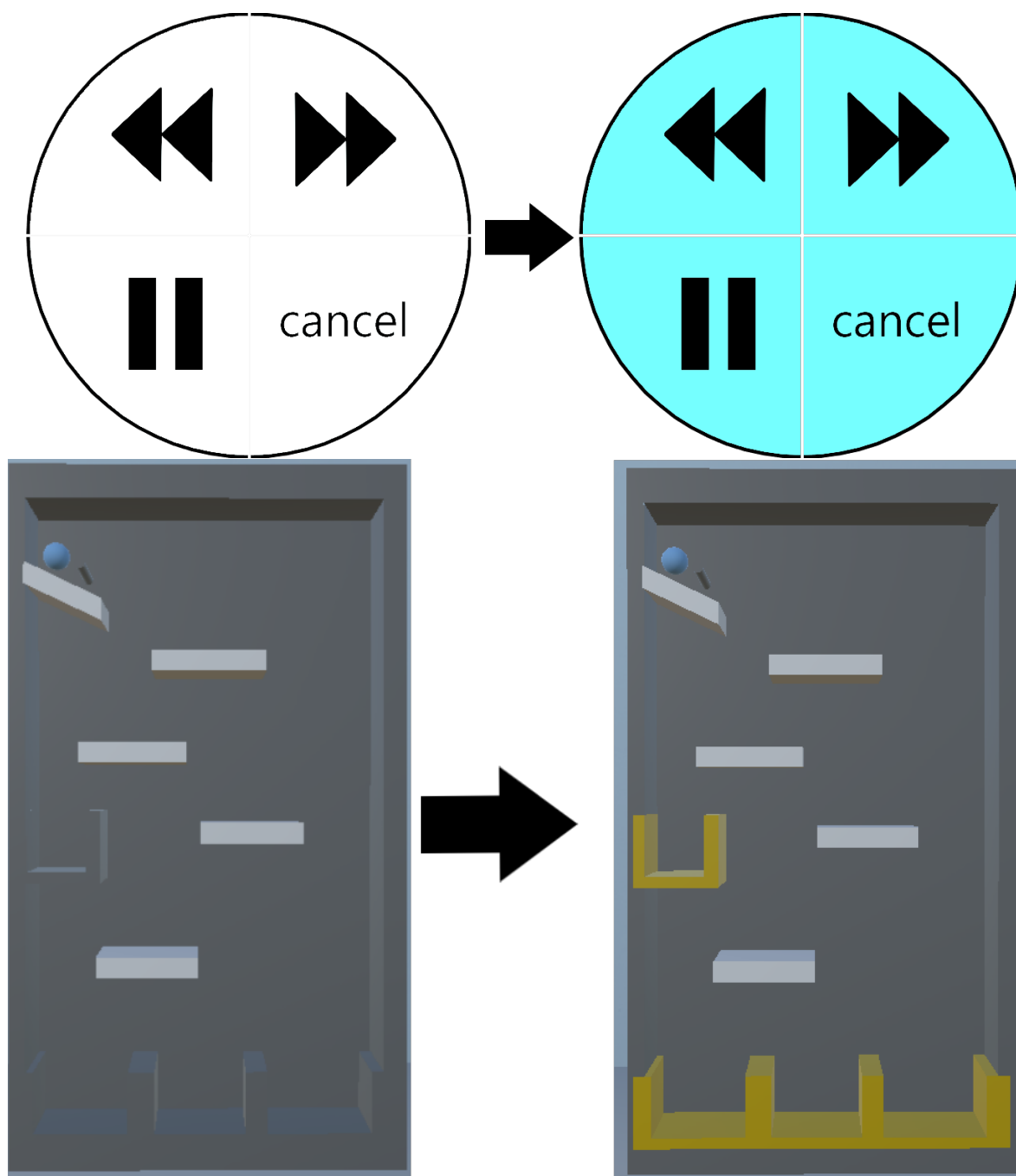


Figura 6.1: Alteração de cores

### 6.2.2 Segunda sessão

A segunda sessão de testes foi realizada na universidade com o auxílio de estudantes do mestrado de Design e Desenvolvimento de Jogos Digitais da UBI. Quatro estudantes testaram a aplicação, dois deles tendo já experiência prévia no uso de dispositivos de realidade virtual. Esta sessão infelizmente não foi muito eficiente devido a problemas técnicos. O software do computador e dos óculos não estavam atualizados o que levou a várias perdas de ligação entre os óculos e o computador, essencial para que a experiência do jogador possa ser observada para serem tomadas notas, e no fim a última pessoa a testar o jogo teve que jogar apenas nos óculos. Adicionalmente a personagem do *Convai* não estava a funcionar corretamente e por

isso não foi possível testar as conversas com a personagem. No entanto, os testes realizados serviram para adquirir vários problemas a serem resolvidos tanto nos puzzles como na interação com os objetos. Apesar dos problemas os testadores em geral desfrutaram da experiência do jogo, excluindo o último testador os alunos não tinham experiência com realidade virtual e compartilharam as suas dificuldades com o jogo.

### **6.2.2.1 Críticas dos jogadores**

Durante o teste foi compilada uma lista de problemas encontrados pelos jogadores, alguns já conhecidos e outros novos. A lista de problemas foi a seguinte:

Problemas gerais:

- Os controles não são claros, especialmente para jogadores inexperientes em realidade virtual.
- Alguns jogadores não perceberam o funcionamento dos poderes de tempo, acreditando que o menu de escolha do poder necessita de estar aberto ou que a aplicação dos poderes é imediata e global e não no objeto selecionado.

Sala 1:

- Não é claro que o primeiro dígito corresponde a tinta desgastada na parede, e o jogador não percebeu que a teria de recuar no tempo.
- Os jogadores não descobriram o dígito escondido na ampulheta, não tentaram observar a ampulheta e assumiram que avança-la no tempo servia simplesmente para demonstrar o poder ou que a sua utilização acionou um evento. Isto poderá ocorrer também porque a ampulheta não é um objeto que o jogador possa agarrar e por isso não é analisada.

Sala 2:

- O gatilho de um comando ativa a função associada ao botão mesmo que o jogador esteja a apontar para um objeto com o outro comando, ou seja o botão esquerdo aciona uma ação para o objeto que está a ser apontado com o comando direito e vice-versa.
- O puzzle com os canos de água é mais difícil do que esperado e muitos jogadores assumiram que o caminho da água necessitava do uso de todos os canos, o que não é o caso.
- Os jogadores focaram-se na máquina de plinko apesar de não terem a folha com a ordem dos números, acreditando que não necessitavam de informação adicional para a resolver. Adicionalmente nenhum jogador percebeu que os números na folha correspondiam à ordem em que a bola tinha de cair, acreditando ao invés que os números correspondiam a um código numérico. A folha será alterada para adicionar os indicadores ordinais aos números para esclarecer que correspondem a uma ordem e será desenhado um balde em cada número para ser mais fácil associar aos baldes da máquina de plinko.

- Alguns jogadores não se aperceberam que o botão da máquina de plinko requer que o jogador coloque a sua mão no botão para o pressionar e não apontando com o comando e usar o gatilho.
- Os jogadores não perceberam que o círculo junto da máquina de plinko controlava a orientação das plataformas. Setas que simbolizam rotação serão adicionadas.
- Um dos baldes da máquina de plinko é difícil de alcançar necessitando de muita destreza no controlo das plataformas. Como o objetivo principal de uma *escape room* é apresentar um desafio mental e não físico será facilitado o acesso a este balde.
- O jogador não foi introduzido à mecânica de enviar objetos para trás no tempo e por isso não tentou usar mandar a bola da máquina para trás no tempo, acreditando que necessita de usar mais bolas ou que existia um botão que reiniciava a sua posição. Adicionalmente o seu tamanho pequeno dificulta apontar para ela especialmente em movimento.
- O pedestal com o livro é demasiado alto e um jogador teve dificuldade a ler o livro.
- As peças do puzzle que formam uma imagem da sala são difíceis de manipular e adicionalmente a mensagem de que os jogadores devem inspecionar por de trás do vaso não foi recebida pelos jogadores.
- Os jogadores perceberam que o sol pode ser movido o que não era esperado, mas não notaram que a trajetória dos raios de sol se estavam a mover visto que apenas se notava por detrás deles. Adicionalmente a posição do sol era testada com base num intervalo de posições mas alguns jogadores rodaram o sol 360 graus e fizeram o sol sair deste intervalo apesar de estar na posição correta.
- Os jogadores não notaram que o regador deitou água no vaso.

### Sala 3:

- A roda gigante presente na sala causa desorientação nos jogadores apesar de se movimentar lentamente. Este facto era esperado visto a roda gigante alterar a posição vertical do jogador mas ainda assim considerou-se pertinente incluir a roda para confirmar a hipótese. Para além disso a roda pode ser pausada permitindo aos jogadores acessar os objetos necessários para resolver o puzzle, mas será adicionado teletransporte para as plataformas para que os objetos possam ser acessados sem ter que ser movido na roda gigante.
- Nesta sala o jogador tem muitos objetos a sua disposição mas não tinha sítios para os pousar. Pousar os objetos no chão não resulta em problemas no jogo mas é simplesmente algo que vai contra intuição humana de pousar objetos em mesas ou prateleiras ou outros objetos altos.

- O puzzle final é demasiado complexo necessitando que o jogador utilize muita informação sem poder escrever informação em algum lado. Estes puzzles terão de ser simplificados e adicionalmente se possível fornecer ao jogador um sítio para escrever informação.

### **6.3 Conclusão**

Este feedback foi muito importante para melhorar a experiência do jogador e para perceber como o jogador interage com os puzzles. Apesar das críticas o jogo foi bem recebido e os jogadores gostaram da experiência. Estes problemas foram ser resolvidos ou minimizados para melhorar a experiência do jogador.



# Capítulo 7

## Conclusão e trabalho futuro

### 7.1 Introdução

Ao longo do ano letivo foi estudado e desenvolvido um jogo de *escape room* em realidade virtual com um NPC com que o jogador pode comunicar para receber auxílio. O projeto foi concluído com as funcionalidades básicas planejadas e testado por alunos. Neste capítulo será discutido o trabalho realizado, as funcionalidades implementadas e possível trabalho futuro.

### 7.2 Trabalho realizado

O projeto realizado permitiu desenvolver competências em realidade virtual através da implementação de uma *escape room*, no qual foi incluído um NPC com inteligência artificial que serve de auxiliar ao jogador. Esta personagem é um primeiro passo na implementação de personagens que conseguem interagir com o jogador sobre elementos da história e do ambiente de um jogo e de processar comandos verbais dados pelo jogador. Em suma, o projeto desenvolvido possui algumas características inovadoras como a manipulação do tempo sobre os objetos virtuais e ainda a inclusão de um NPC suportado por AI que permite auxiliar o jogador na resolução dos puzzles dando-lhe dicas

### 7.3 Trabalho futuro

Neste projeto foram desenvolvidas 3 salas com puzzles, apesar do tempo que cada jogador demora a terminar o jogo variar, o jogo é de curta duração e poderia beneficiar de salas adicionais ou de adicionar mais puzzles às salas já existentes. Para além da expansão de conteúdo outras funcionalidades poderiam ser implementadas.

A manipulação do tempo é a habilidade principal do jogador, mas outras habilidades poderiam ser adicionadas, numa zona específica da *Escape Room* ou noutra sala completamente independente.

Outras habilidades planejadas são a alteração do tamanho do jogador, para poder atravessar passagens pequenas ou manipular objetos grandes e a criação de objetos de um catálogo pré-definido, para resolver puzzles que requerem objetos não presentes.

A dificuldade dos puzzles é fixa visto que com pouca exceção os puzzles não tem variância na sua resolução. Se o jogador demonstrasse dificuldade em resolver os puzzles, ou pelo contrário se o jogador estivesse a resolver os puzzles muito rapidamente, a dificuldade dos puzzles poderia ser ajustada dinamicamente para melhorar a experiência do jogador. Esta funciona-

idade poderia ser implementada com base no tempo que o jogador demora a resolver cada puzzle, com base no número de dicas que o jogador recebe da personagem assistente.

# Bibliografía

- [1] T. van Gemert and J. Bergström. (2021) Evaluating vr sickness in vr locomotion techniques. última consulta: 8/10/2024. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9419312/authors#authors>
- [2] Varjo. How to reduce motion sickness in vr. última consulta: 8/10/2024. [Online]. Available: <https://varjo.com/learning-hub/motion-sickness/>
- [3] A. A. Mazhar and M. M. A. Rifae, “A systematic review of the use of virtual reality in education,” in *2023 International Conference on Information Technology (ICIT)*, Amman, Jordan, 2023, pp. 422–427.
- [4] S. Choi, K. Jung, and S. D. Noh, “Virtual reality applications in manufacturing industries: Past research, present findings, and future directions,” *Concurrent Engineering*, vol. 23, no. 1, pp. 40–63, 2015.
- [5] A. Yeung, A. Tosevska, E. Klager, F. Eibensteiner, D. Laxar, J. Stoyanov, M. Glisic, S. Zeiner, S. Kulnik, R. Crutzen, O. Kimberger, M. Kletecka-Pulker, A. Atanasov, and H. Willschke, “Virtual and augmented reality applications in medicine: Analysis of the scientific literature,” *Journal of Medical Internet Research*, vol. 23, no. 2, p. e25499, 2021. [Online]. Available: <https://www.jmir.org/2021/2/e25499>
- [6] C. Youngblut, “Educational uses of virtual reality technology,” Institute for Defense Analyses, Alexandria, VA, Tech. Rep. IDA-D-2128, jan 1998, última consulta:13/07/2025.
- [7] L. H. Taraldsen, F. O. Haara, M. S. Lysne, P. R. Jensen, and E. S. Jenssen, “A review on use of escape rooms in education – touching the void,” *Education Inquiry*, vol. 13, no. 2, pp. 169–184, 2020.
- [8] A. Veldkamp, M.-C. P. J. Knippels, and W. R. van Joolingen, “Beyond the early adopters: Escape rooms in science education,” *Frontiers in Education*, vol. 6, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.622860>
- [9] J. M. Piernas, M. C. Parra Meroño, and M. Flores, “Escape rooms virtuales: una herramienta de gamificación para potenciar la motivación en la educación a distancia / virtual escape rooms: a gamification tool to enhance motivation in distance education,” *RIED Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, vol. 27, 2023.
- [10] A. Veldkamp, L. Grint, M.-C. P. J. Knippels, and W. R. Van Joolingen, “Escape education: A systematic review on escape rooms in education,” *Educational Research Review*, vol. 31, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100364>

- [11] R. M. Tawafak, R. Mathew, S. I. Malik, A. Al Sideiri, and G. Alfarsi, "Learning and Entertainment Technology Review: The Fusion of Artificial Intelligence and Escape Room Technology," *ITM Web of Conferences*, vol. 64, p. 01014, 2024, última consulta:13/07/2025.
- [12] I. AI, "Inworld ai: Characters with personality and contextual awareness," 2021, última consulta:13/07/2025. [Online]. Available: <https://www.inworld.ai>
- [13] C. C. Organizers, "Convai: Conversational intelligence challenge," 2018, última consulta:13/07/2025. [Online]. Available: <http://convai.io>
- [14] Meta. Getting started with meta quest link. última consulta: 02/02/2025. [Online]. Available: <https://www.meta.com/help/quest/pcvr/>
- [15] Khronos Group Inc. Home | sidequest. última consulta: 08/06/2025. [Online]. Available: <https://sidequestvr.com/>
- [16] U. Technologies, "Unity," 2005, última consulta:13/07/2025. [Online]. Available: [unity.com](http://unity.com)
- [17] —, "Probuilder," última consulta:13/07/2025. [Online]. Available: [unity.com/features/probuilder](http://unity.com/features/probuilder)
- [18] B. Foundation, "Blender," 1994, última consulta:13/07/2025. [Online]. Available: [blender.org](http://blender.org)
- [19] C. Pinson. (2012) Sketchfab. última consulta: 31/5/2025. [Online]. Available: <https://sketchfab.com/>