



**Ana Raquel Lopes Simão**

Licenciada em Engenharia Informática

**Jogo sério para treino de orientação e mobilidade de crianças cegas e amblíopes**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Informática**

Orientadora: Prof. Dra. Sofia Carmen Faria Cavaco, Prof. Auxiliar,  
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade  
Nova de Lisboa

Júri

Presidente: Prof. Dra. Maria Armanda Simenta Rodrigues Grueau  
Arguentes: Dr. João Guerreiro  
Prof. Dra. Sofia Carmen Faria Cavaco



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Dezembro, 2018**

## **Jogo sério para treino de orientação e mobilidade de crianças cegas e amblíopes**

Copyright © Ana Raquel Lopes Simão, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

*Para a minha família*

## AGRADECIMENTOS

Aproveito este espaço para agradecer a todas as pessoas que tornaram a conclusão desta jornada possível. Assim, agradeço à minha orientadora a Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Sofia Cavaco pela oportunidade que me deu de participar neste projeto que foi para mim tão motivador, bem como pela ajuda e orientação ao longo de todo o processo.

Agradeço também ao Sr. Peter Colwell da Associação dos Cegos e Amblíopes de Portugal (ACAPO) pelas considerações e sugestões iniciais que me deu, e à Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carmen Morgado que me auxiliou e esclareceu durante o desenvolvimento deste projeto.

Obrigada a todas as crianças da Escola de Música do Centro de Solidariedade de Pinhal de Frades e do Centro Hellen Keller por todo o entusiasmo durante a validação deste projeto, e por todas as opiniões e sugestões que deram, pois sem eles esta dissertação não teria o mesmo valor. Da mesma forma, agradeço também ao professor Pedro Simão e à professora Joana Silvestre pela colaboração ao permitirem que fosse às suas escolas validar o jogo desenvolvido.

Por fim, mas não menos importante, deixo uma palavra de apreço a toda a minha família e ao meu namorado, pois sem eles nada seria igual. Obrigada.

## RESUMO

---

A visão é o sentido do ser humano que tem a maior responsabilidade em recolher informação sobre o ambiente que nos rodeia, sendo, portanto essencial à nossa aprendizagem, principalmente durante a infância. Assim, a ausência da visão pode prejudicar o desenvolvimento de uma criança, em particular a sua capacidade de orientação e mobilidade. Isto pode resultar na incapacidade de levar uma vida independente devido ao crescente medo de enfrentar situações e ambientes desconhecidos. Estes efeitos negativos podem inclusive afetar a personalidade da criança, minando-lhe a autoconfiança, o que acarreta outros problemas como dificuldades de interação com outras pessoas e o desenvolvimento de hábitos de vida pouco saudáveis como o sedentarismo.

Para combater estes problemas, deveria ser prestado acompanhamento e treino especializado de orientação e mobilidade a todas as crianças com deficiência visual. No entanto, devido à impossibilidade deste cenário, uma alternativa com cada vez mais valor é a utilização da tecnologia como ferramenta educativa, nomeadamente através de jogos sérios desenvolvidos com as necessidades destes indivíduos em mente.

Esta dissertação apresenta o desenvolvimento de um jogo auditivo sério e acessível a pessoas com deficiência visual. Este jogo tem como a plataforma alvo os dispositivos móveis, nomeadamente os *smartphones*, uma tecnologia em larga expansão no mundo, e que está cada vez mais acessível à população, permitindo também uma grande mobilidade por parte do jogador. Esta mobilidade, aliada à capacidade de orientação é detetada através do uso dos sensores incorporados nos aparelhos, que são estimuladas através de vários desafios, cada um deles com um objetivo claro que exige a execução de diferentes movimentos. Desta forma são apresentados diversos ambientes virtual sonoros divertidos, que fazem uso de técnicas de espacialização de som, como a utilização de HRTFs.

**Palavras-chave:** Orientação e mobilidade, jogo educativo, jogo acessível, deficiência visual, jogo auditivo, espacialização de som, HRTF.

---

## ABSTRACT

---

Vision is one of the most important human senses with respect to capturing information about the surrounding environment, therefore essential to our learning as human beings, specifically during infancy. Thus, the absence of vision can jeopardize the development of children and put their orientation and mobility at risk and, in critical cases, resulting in the inability of being able to live an independent life due to the growing fear of facing unknown situations and locations. This negative effects can also affect one's personality, by lowering their self esteem, which could then entail other potential issues such as degraded social interactions with peers and nurturing a sedentary lifestyle.

To overcome these problems, an ongoing monitoring should be conducted and a specialized mobility and orientation training should be performed to all children with vision impairment, but due to the impossibility of this scenario, another alternative that has been growing lately is the use of technology as an educational tool, namely through video games developed with these individuals' necessities in mind.

With this dissertation, we present the development of an audible video game that is completely accessible to visually impaired people. The game targets mobile, namely smartphones, a technology that is expanding in the world, and that is increasingly accessible to the population, also allowing a great mobility by the player. This mobility, along with the ability to orientate is detected through the use of sensors built in the devices, which are stimulated through various challenges, each with a clear goal that requires the execution of different movements. In this way, several fun virtual sound environments are presented, which make use of sound spatialization techniques, such as the use of HRTFs.

**Keywords:** Orientation and mobility, educational game, accessible game, visual impairment, audible game, spatial sound, HRTF

---

# ÍNDICE

<b>Lista de Figuras</b>	<b>ix</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>xi</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Motivação . . . . .	2
1.2 Objetivos e solução proposta . . . . .	3
<b>2 Enquadramento</b>	<b>4</b>
2.1 Som . . . . .	4
2.1.1 Atributos físicos dos sons . . . . .	5
2.1.2 Fenómenos da propagação de ondas sonoras . . . . .	6
2.2 Localização de sons . . . . .	7
2.2.1 HRTF . . . . .	10
2.3 Orientação e Mobilidade . . . . .	11
<b>3 Estado da Arte</b>	<b>13</b>
3.1 Ferramentas para pessoas com deficiência visual . . . . .	13
3.2 Jogos acessíveis a pessoas com deficiência visual . . . . .	14
3.3 Jogos e treino de orientação e mobilidade . . . . .	16
<b>4 Blind Adventure</b>	<b>20</b>
4.1 Motivação e escolhas iniciais . . . . .	20
4.2 Descrição do jogo . . . . .	23
4.2.1 Desafios . . . . .	26
<b>5 Detalhes Técnicos</b>	<b>29</b>
5.1 <i>Frameworks</i> e Ambientes de Desenvolvimento . . . . .	29
5.2 Componente <i>Game Engine</i> . . . . .	31
5.3 Componente Sonora . . . . .	33
5.3.1 Espacialização . . . . .	35
5.3.2 Edição e Mistura de Sons . . . . .	39
5.4 Componente Motora . . . . .	44

---

<b>6</b>	<b>Validação</b>	<b>48</b>
<b>7</b>	<b>Conclusão</b>	<b>56</b>
7.1	Trabalho Futuro . . . . .	57
	<b>Bibliografia</b>	<b>60</b>
<b>A</b>	<b>História do Jogo BLIND ADVENTURE</b>	<b>64</b>
A.1	Personagens . . . . .	64
A.2	<i>Storyboard</i> . . . . .	65
<b>B</b>	<b>Inquérito utilizado na validação do BLIND ADVENTURE</b>	<b>67</b>



## LISTA DE FIGURAS

2.1	Pressão das ondas sonoras (Adaptado de [3]) . . . . .	5
2.2	Representação gráfica de uma onda sonora simples (Adaptado de [3]) . . . . .	5
2.3	Representação das três dimensões espaciais (Fonte: [48]) . . . . .	8
2.4	Representação do efeito de sombra sonora provocado pela cabeça (Adaptado de: [4]) . . . . .	9
2.5	Representação do cone de confusão causado por diversas fontes sonoras (A-D) (Adaptado de: [5]) . . . . .	10
3.1	Exemplo de uma luva háptica (Fonte: [10]) . . . . .	17
3.2	Sequência de imagens que representam o movimento necessário para capturar os animais (Fonte: [41]) . . . . .	18
3.3	Mulher cega a jogar Demor utilizando todo o equipamento requerido (Fonte: [13]) . . . . .	19
4.1	Exemplo de dispositivo Cardboard(Fonte: [15]) . . . . .	24
4.2	Imagem representativa da postura para utilização de um Cardboard(Fonte: [16])	24
4.3	Representação do fluxo das fases do jogo . . . . .	27
5.1	Imagem representativa da Interface Gráfica do BLIND ADVENTURE . . . . .	32
5.2	Timeline criada no programa Unity e utilizada numa das fases do jogo BLIND ADVENTURE . . . . .	32
5.3	Do lado esquerdo o espectro de frequências e do lado direito o espectro de ritmos/tons . . . . .	40
5.4	Do lado esquerdo o resultado de uma remoção de ruído e do lado direito o resultado de um efeito de reverberação . . . . .	41
5.5	Exemplo de utilização de um modelador aleatório no parâmetros volume e tom no programa FMOD . . . . .	42
5.6	Exemplo de utilização de um modelador AHDSR no parâmetro volume no programa FMOD . . . . .	43
5.7	Exemplo de utilização de uma automação no parâmetro personalizado, vida, no programa FMOD . . . . .	43
5.8	Representação dos eixos espaciais utilizados pelos sensores acelerómetro e giroscópio (Fonte: [30]) . . . . .	45

---

5.9 Imagem representativa do movimento de andar) . . . . .	46
5.10 Imagem representativa do movimento de desviar) . . . . .	46
6.1 Resultados do tempo que cada um dos dez jogadores normovisuais necessitou	50
6.2 Resultados do tempo que cada um dos cinco jogadores invisuais necessitou .	51
6.3 Resultados da distância para o objetivo no desafio 1, de um dos jogadores . .	51
6.4 Resultados do número médio de moedas capturadas no desafio 2 . . . . .	52
6.5 Resultados da média do tempo necessário para atingir cada um dos objetos alvo	53
6.6 Resultados do número de movimentos efetuados corretamente por cada um dos participantes normovisuais . . . . .	53
6.7 Resultados do número de movimentos efetuados corretamente por cada um dos participantes invisuais . . . . .	54

## LISTA DE TABELAS

6.1	Tabela com as idades de todas as crianças normovisuais (identificadas pelo ID) que participaram no estudo . . . . .	49
6.2	Tabela com as idades de todas as crianças cegas ou amblíopes (identificadas pelo ID) que participaram no estudo . . . . .	49

## INTRODUÇÃO

Os cinco sentidos do ser humano são o seu meio de contacto com o ambiente que o rodeia. A visão em particular é responsável pela maior parte da informação que recolhemos e, desde que nasce, o Homem é exposto a estímulos visuais. Estes permitem-lhe aprender a situar-se, a evitar obstáculos e perigos, a manusear ferramentas, a comunicar com os outros e a aprender através de livros e aparelhos tecnológicos, entre uma outra infinidade de aspetos.

Assim, a ausência da visão pode prejudicar o desenvolvimento dito normal de uma criança, bem como influenciar grandemente a sua qualidade de vida futura caso não seja providenciado o devido acompanhamento e educação para viver com a sua condição. Para tal é necessário que as crianças sejam expostas a aparelhos, ferramentas e técnicas de educação que vão ao encontro das necessidades de pessoas com deficiências visuais.

A orientação e mobilidade está entre as principais capacidades inerentes à visão, e consiste na aptidão de orientar e deslocar de forma segura, autónoma e eficiente de um local para outro. Para que tenham uma vida adulta ativa e independente, crianças e jovens com deficiência visual devem ser ensinadas e treinadas, idealmente nas escolas. Como não existem muitos estabelecimentos de ensino preparados para este tipo de matérias, é necessário contornar o problema de outra forma. Muitos pais optam por contratar especialistas que acompanhem as crianças neste processo. Este tipo de treino traduz-se na instrução no uso da bengala para pessoas com deficiência visual, na habilidade de utilizar transportes públicos, na aprendizagem de caminhos comumente utilizados no quotidiano, incluindo a capacidade de atravessar ruas, reconhecer pontos de referência, etc [34].

## 1.1 Motivação

Segundo dados oficiais da Organização Mundial de Saúde [1], aproximadamente 253 milhões de pessoas vivem com algum tipo de deficiência visual, sendo que 36 milhões destes sofrem de cegueira total. Se analisarmos os dados relativos a crianças com menos de 15 anos de idade, aproximadamente 19 milhões têm problemas de visão, e cerca de 1.4 milhões sofrem de cegueira irreversível e necessitam de reabilitação.

Como referido anteriormente, deveria ser prestado acompanhamento durante o percurso escolar a todas estas crianças, no entanto, aulas de, por exemplo, orientação e mobilidade só estão disponíveis em pouquíssimas escolas. Estes estabelecimentos, quando existem, estão, geralmente, localizadas em zonas de grande densidade populacional, impossibilitando assim o acesso a todas as crianças em necessidade.

A falta deste contexto pode acarretar graves consequências para o desenvolvimento da criança. Por um lado, esta pode não ficar preparada para ter uma vida totalmente independente do ponto de vista motor. Por outro, esta poderá vir a deparar-se com feridas psicológicas que podem surgir desta condição, nomeadamente a falta de autoconfiança, o medo de enfrentar situações desconhecidas e de explorar novos ambientes que podem resultar também em dificuldade em interagir com outras pessoas e sedentarismo.

Existem outras alternativas ao acompanhamento presencial, que têm vindo a suscitar um interesse cada vez maior por parte do mercado, e que podem, porventura, servir como apoio ao ensino. Os jogos sérios e didáticos surgiram do esforço de educar de forma interativa e divertida, utilizando muitas vezes plataformas digitais, existindo estudos em crianças normovisuais que confirmam a eficácia da sua utilização, o que se torna um fator de encorajamento para utilizar as mesmas técnicas em crianças invisuais ou ambliopes [32].

Os atuais avanços da tecnologia permitem uma maior facilidade na partilha de soluções inovadoras com grande parte da população. Aparelhos eletrónicos como *smartphones* estão a disseminar-se um pouco por todo o mundo, sendo que a quantidade estimada de utilizadores destes dispositivos, no ano de 2017, é de 2,32 biliões, com tendência para aumentar nos anos futuros.

Uma das características mais relevantes destes *gadgets* é o facto de possuírem *software* incorporado acessível a pessoas invisuais, o que por si só é uma grande oportunidade e motivação para a sua utilização por parte destas pessoas, para além disso abrem portas a novas soluções que fazem uso da mobilidade inerentes a estes dispositivos. Alguns projetos aproveitaram esta vantagem e criaram aplicações implementadas com as necessidades de pessoas com deficiência visual em mente [2, 41]. Ainda assim, não existem muitas soluções direcionadas para as crianças que motivem os seus utilizadores a libertarem-se o medo de se moverem e que ao mesmo tempo sejam divertidas, algo fundamental para tornar a experiência das crianças prazerosa, de tal forma que a façam de livre vontade nos seus tempos livres.

## 1.2 Objetivos e solução proposta

Tendo em mente os argumentos apresentados anteriormente, esta dissertação apresenta um jogo sério, pensado, desenhado e executado com as necessidades especiais de crianças com deficiência visual em primeiro plano. Um projeto com uma premissa semelhante já tinha sido proposto por um aluno da Faculdade de Ciências e Tecnologias, em 2013 [36]. Apesar de nunca ter sido finalizado, a sua ideia original serviu como base para a dissertação apresentada neste documento, e o *feedback* recolhido durante o seu desenvolvimento foi analisado e utilizado de forma a acrescentar mais valor a esta solução.

O jogo foi assim desenvolvido para dispositivos móveis, de forma a utilizar o seu potencial de mobilidade e a fazer uso dos sensores incorporados nestes aparelhos e visa a estimulação e treino de habilidades de orientação e mobilidade. Para tal o jogo cria diversos ambientes virtuais atrativos para crianças, que são unicamente constituídos por sons, alguns deles espacializados através de técnicas como a aplicação de HRTFs, e que a criança deve então ser capaz de localizar. Estes sons são constituídos por diversos personagens carismáticas e locais ricos, de forma a entregar uma experiência o mais imersiva e real possível. Não só os jogadores são expostos ao sons, como é esperado que estes interajam com o jogo através de diferentes desafios que necessitam que estes realizem diversos movimentos com os seus corpos (como andar e saltar) de forma a manipular a posição da sua personagem e assim completar os objetivos propostos.

Seguidamente é apresentada uma lista das contribuições que este projeto oferece:

- Demonstra que há oportunidade para desenvolver um *software* adaptado às necessidades de pessoas com deficiência visual, permitindo a interação com a tecnologia por parte de um público que normalmente não possui muitas alternativas de *software* acessível.
- Implementa um jogo que é ao mesmo tempo divertido para crianças e que acrescenta valor para a sua vida, motivando-as a ultrapassar o medo do desconhecido.
- Entrega um estímulo ao combate do sedentarismo infantil.
- Ajuda crianças e jovens a treinarem habilidades que lhes permitem deslocarem-se de forma mais autónoma.

## ENQUADRAMENTO

Como forma de proporcionar uma compreensão mais completa dos problemas expostos, bem como das soluções existentes e propostas neste documento, este capítulo visa apresentar os conceitos fundamentais para uma correta contextualização do tema. Todos os conceitos referentes às secções 2.1 e 2.2 podem ser encontradas na obra de William Yost, *Fundamentals of Hearing* [51], já relativamente à secção 2.3, a informação é baseada na obra de Bruce B. Blasch, William R. Wiener e Richard L. Welsh, *Foundations of Orientation and Mobility* [34]. Na secção 2.1 é feita uma introdução ao som e às suas características mais relevantes. A discussão do processo de localização de sons é endereçada na secção 2.2. Por fim, na secção 2.3 são apresentados os conceitos fundamentais acerca da disciplina de Orientação e Mobilidade (também referida neste documento como OM).

### 2.1 Som

Um som, pela sua definição física, é produzido pela vibração de partículas de um qualquer corpo que é então denominado como fonte sonora. No entanto, para que um som possa ser ouvido, este tem de ser transmitido para um meio físico (gasoso, líquido ou sólido) e posteriormente ser propagado através deste, originando zonas de maior compressão de partículas e zonas de menor compressão (zonas de rarefação) de partículas, originando uma onda sonora (Fig. 2.1). De referir que, à semelhança do que ocorre na emissão do som, quando a onda sonora se propaga as partículas do meio não são arrastadas, o que ocorre é a vibração das partículas em torno da sua posição de equilíbrio.

Para ser ouvido um som deve então propagar-se desde o seu emissor até a um recetor sonoro, no caso do Homem, o ouvido. O som pode então ser descrito através de informação características percetivas que estão relacionadas com a informação extraída pelo nosso aparelho auditivo.

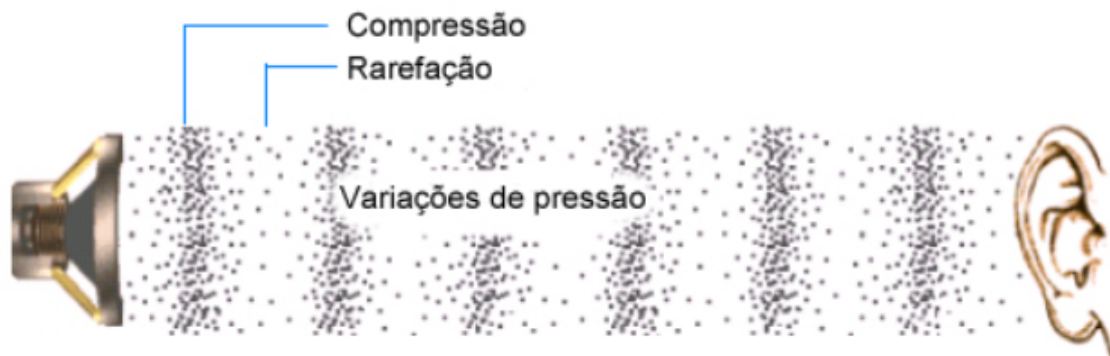


Figura 2.1: Pressão das ondas sonoras (Adaptado de [3])

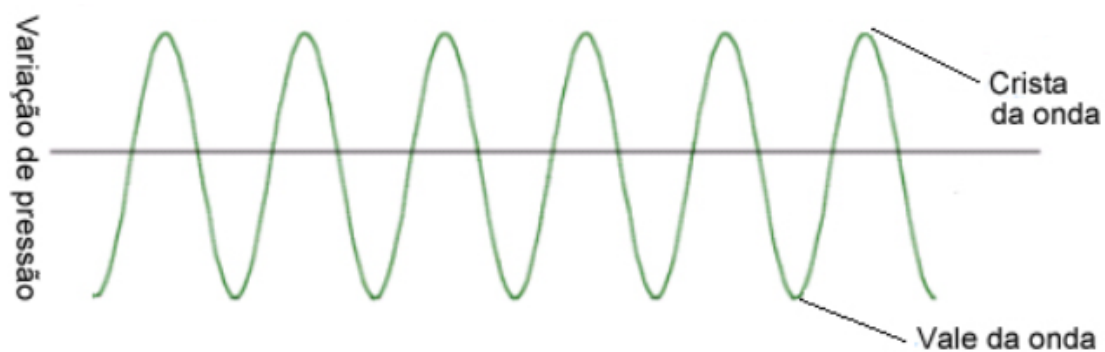


Figura 2.2: Representação gráfica de uma onda sonora simples (Adaptado de [3])

Por outro lado, é interessante abordar as características físicas associadas às ondas sonoras provocadas, como já anteriormente referido, por vibrações. Quando estamos perante uma vibração simples, esta pode ser representada por uma onda sinusoidal (nomeada devido à função do seno), que descreve uma oscilação regular e contínua (Fig. 2.2).

A representação de vibrações simples é de suma importância pois qualquer vibração complexa (geralmente os sons presentes no dia a dia são originados de vibrações complexas) pode ser representada como a soma de sinusoides (ou Séries de Fourier), ou seja, de vibrações simples. Para poder distinguir inequivocamente uma onda sinusoidal de outra é necessário especificar três atributos físicos da onda: a frequência, a amplitude e fase inicial.

### 2.1.1 Atributos físicos dos sons

Uma onda sonora possui como principais atributos físicos a frequência, que indica o número de ciclos (oscilações) que ocorrem durante um período de tempo, a amplitude que consiste na medida da extensão de uma perturbação durante um ciclo da onda e a fase inicial que representa a posição de começo do corpo em vibração no instante em contagem do tempo é iniciada.



De referir que o espectro sonoro (conjunto de todos os sons passíveis de ser produzidos) seja consideravelmente mais largo, o ouvido humano, é, normalmente, capaz de detetar sons no intervalo de frequências entre os 20 Hz e os 20000 Hz.

### 2.1.2 Fenómenos da propagação de ondas sonoras

É pertinente explanar os principais fenómenos que as ondas sonoras podem sofrer ao longo da sua propagação, visto que estes podem afetar grandemente as propriedades das ondas sonoras, estes fenómenos ocorrem devido às características do ambiente e espaço onde os sons são emitidos, bem como dos obstáculos neles presentes.

De notar que a velocidade de propagação de uma onda constitui uma métrica importante no estudo de ondas em geral e na localização de ondas sonoras em especial, esta consiste na distância que uma onda sonora percorre por unidade de tempo. Ou seja, é a velocidade a que uma oscilação se propaga

A velocidade de propagação do som varia dependendo do meio físico, sendo, normalmente, maior nos sólidos e menor nos gases. A velocidade média de propagação do som no ar é de aproximadamente 340 m/s.

#### 2.1.2.1 Reflexão

Quando uma onda se propaga de um meio físico para outro, parte da onda sonora sofre reflexão, por exemplo, quando uma fonte sonora emite sons numa sala com paredes e objetos. Esta reflexão das ondas sonoras pode resultar num fenómeno denominado eco.

O ouvido humano é capaz de distinguir dois sons caso estes o atinjam com um intervalo de tempo igual ou superior a 0,1 segundos. Nesse intervalo a distância total que o som percorre no ar é de 34 metros (assumindo que a velocidade do Som é de 340 m/s). Tendo em conta que as ondas sonoras efetuam duas vezes o mesmo percurso, é possível concluir que a distância mínima à qual a superfície de reflexão do som se deve situar para que ocorra eco é de 17 metros.

Um fenómeno semelhante ao eco, mas que ocorre em espaços de pequenas dimensões, o que torna os intervalos de tempo da chegada das ondas sonoras ao ouvido humano menores, tem o nome de reverberação. Estudar os fenómenos de reverberação de um dado espaço pode ser útil para localizar a fonte sonoras das ondas em questão, caso estas não sejam conhecidas, ou mesmo ter uma melhor compreensão a disposição dos objetos nele contidos, os materiais utilizados na sua construção e a sua área.

#### 2.1.2.2 Refração

A refração das ondas é a mudança de direção por parte das ondas, à medida que passam de um meio material para outro. Neste caso a flexão das ondas é tanto maior quanto maior for a diferença entre os meios contíguos e, apesar da frequência não ser afetada, a refração

da onda sonora é acompanhada por uma mudança de velocidade e comprimento de onda da onda. As ondas sonoras, especificamente, propagam-se com uma menor velocidade no ar frio, do que quando o fazem no ar mais quente.

### 2.1.2.3 Absorção

Todas as ondas sonoras possuem uma determinada energia que vai sendo dissipada para o meio a sua propagação, no entanto, quando estas atingem uma superfície, uma parte dessa energia é perdida e conseqüentemente absorvida pela dada superfície, esse fenómeno é denominado de absorção e é quase sempre manifestado quando ocorre reflexão ou refração de ondas sonoras.

As ondas sonoras de elevada frequência são absorvidas com mais facilidade do que sons de baixa frequência. Isso acontece em especial com materiais macios.

### 2.1.2.4 Difração

O último fenómeno abordado é a difração. Esta consiste na aparente capacidade de uma onda se flexionar em torno de pequenos obstáculos, bem como no alargamento das ondas, que se espalham após atravessar uma abertura ou fenda no obstáculo.

A quantidade de difração que a onda sofre aumenta à medida que o comprimento de onda aumenta e diminui à medida que o comprimento de onda diminui.

## 2.2 Localização de sons

Tendo em consideração que esta dissertação visa construir uma solução com foco nas pessoas com deficiência visual e que estes necessitam de recorrer aos seus outros sentidos para se deslocarem em segurança, é importante compreender como é que o ser humano procede à localização de uma fonte sonora.

Existem duas formas de o Homem localizar espacialmente um som. Existe uma forma ativa, onde a própria pessoa emite sons de forma a identificar características do espaço ou a localizar objetos nele contidos (através dos percepção dos fenómenos referidos em 2.1.2), existem animais que utilizam uma capacidade biológica aprimorada semelhante (consiste na emissão de ondas) à qual se dá o nome de ecolocalização. Existe também uma forma passiva que é aquela que usamos regularmente e que é feita através da nossa capacidade biológica de analisar as ondas sonoras que recebemos e perceber as suas origens.

Na verdade, apenas a fonte sonora difere nestes dois processos, visto que ambos são derivados da nossa percepção das ondas sonoras, que é possível devido ao facto do ser humano possui um sistema auditivo composto por dois ouvidos (que compõem um sistema binaural) que recebem e transmitem as ondas sonoras ao cérebro, por forma a que este as converta em informação, criando assim a sensação da audição.

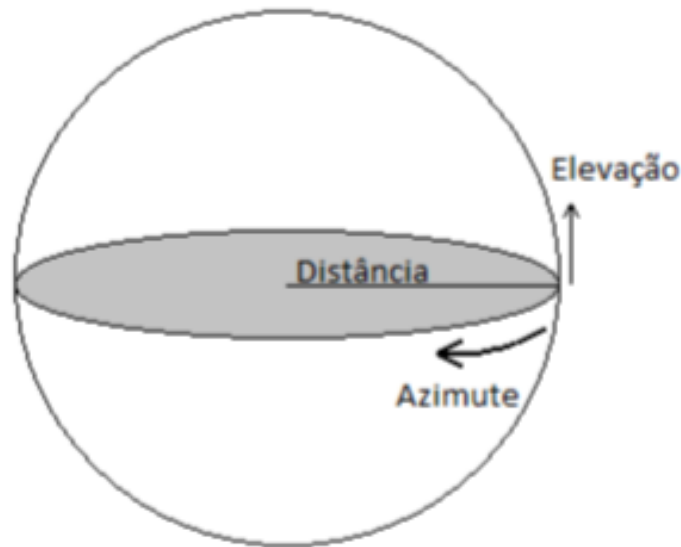


Figura 2.3: Representação das três dimensões espaciais (Fonte: [48])

Entrando um pouco em maior detalhe, é exequível localizar uma fonte sonora em três dimensões espaciais distintas: horizontal (também denominada de azimute), vertical (ou elevação) e alcance (ou distância). Estas dimensões podem ser observadas na Fig. 2.3.

Como referido anteriormente, pela existência de dois ouvidos e duas orelhas, o ser humano utiliza um sistema binaural para localizar fontes sonoras, isto ocorre porque assim podem ser detetadas e analisadas as diferenças entre os sinais sonoros que chegam a cada um dos ouvidos. Essas diferenças podem ser distinguidas em várias categorias: ITD (*interaural time difference*), IPD (*interaural phase difference*) e ILD (*interaural level difference*)

- **ITD** consiste na diferença temporal entre a chegada de um sinal sonoro ao ouvido direito e a chegada desse mesmo sinal ao ouvido esquerdo. Caso estejamos com a cabeça numa posição imóvel, é bastante fácil percebermos se um som teve origem no nosso lado esquerdo ou direito, visto que chegará ao ouvido desse lado mais rapidamente do que ao ouvido oposto. Caso o som tenha a sua origem numa posição frontal ou traseira da nossa cabeça, este vai demorar o mesmo intervalo de tempo a chegar a ambos os ouvidos. As ITD são maioritariamente utilizadas para localizar sons de baixa frequência no plano azimute.
- **IPD** consiste na diferença entre as fases das ondas recebidas por ambos os ouvidos. Esta diferença está diretamente relacionada com a anterior, pois é o facto de existir um intervalo de tempo entre a chegada da onda aos ouvidos que possibilita que esta esteja em fases distintas em cada um dos lados.

No entanto, enquanto a ITD por si só pode ser enganosa ou ambígua visto que teoricamente esta é igual para qualquer frequência de onda, a IPD varia de acordo com a frequência do som em questão. Por exemplo, duas ondas, uma com 500Hz e

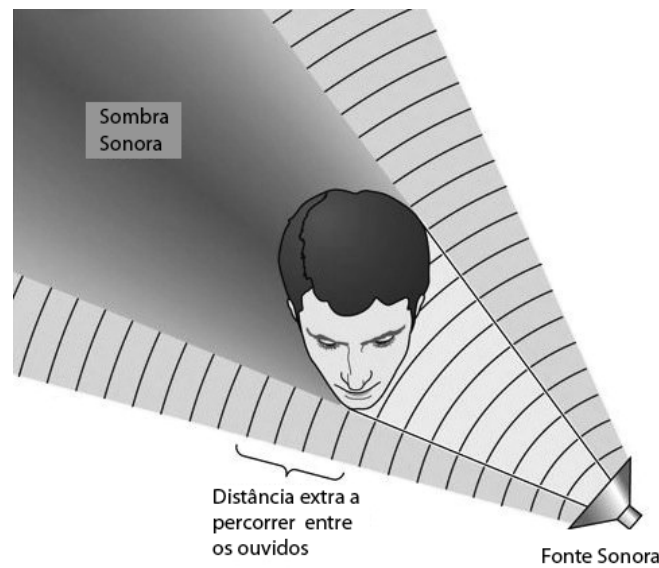


Figura 2.4: Representação do efeito de sombra sonora provocado pela cabeça (Adaptado de: [4])

outra com 1000Hz, que cheguem com um intervalo de tempo de 0,5 milissegundos aos ouvidos, vão estar em fases da onda diferentes.

- **ILD** consiste na diferença de intensidade entre as ondas sonoras conforme estas são recebidas pelos ouvidos. Isto ocorre caso a fonte sonora esteja mais próxima de um ouvido do que outro, vai obrigar o sinal a percorrer uma distância mais longa para um dos recetores, enfraquecendo-o.

No entanto, a distância entre os dois ouvidos não é suficientemente significativa para provocar uma diferença de intensidade que seja notada pelos ouvidos. A cabeça tem na verdade um papel fundamental pois, tendo em conta que esta se posiciona entre os ouvidos, vai produzir uma sombra sonora (Fig. 2.4), reduzindo a intensidade para o ouvido no lado oposto da fonte sonora, assumindo que o tamanho da cabeça é do mesmo, ou menor que o tamanho do comprimento de onda da onda. Sabendo que o comprimento de onda é indiretamente proporcional à frequência da onda, podemos concluir que quanto mais elevada for a frequência, menor será o comprimento de onda e maior será o efeito da sombra provocada pela cabeça. Por isso mesmo, a ILD pode ser usada como indicador da localização de sons de elevada frequência.

A combinação destas três diferenças detetadas pelos ouvidos, em especial a ITD e a ILD para a sua gama de frequências respetiva, tem uma grande taxa de sucesso quando falamos da localização de sons na dimensão azimute, no entanto, estas não são suficientes para localizar os sons nos outros planos.

Quanto à determinação da distância a que uma fonte sonora está, não existe informação suficiente para confirmar quais as sugestões usadas pelo cérebro, no entanto, as mais

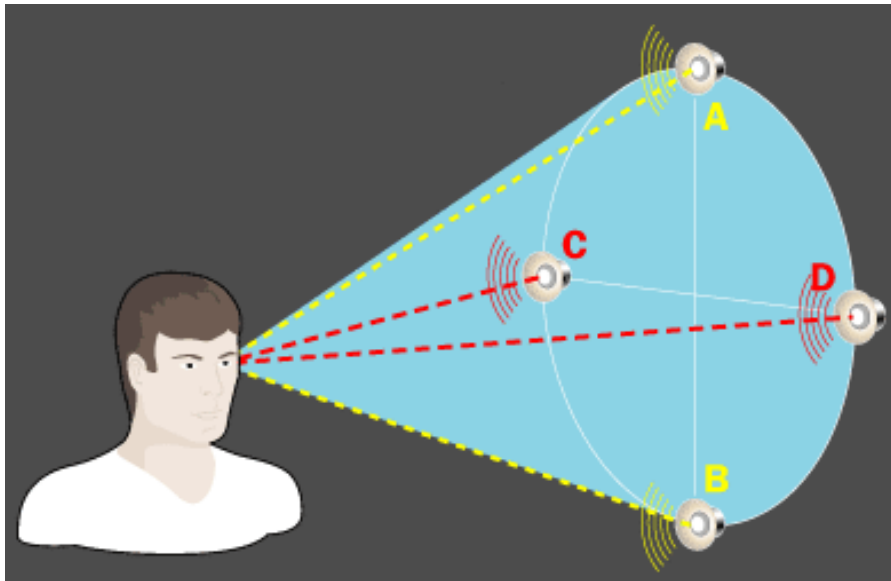


Figura 2.5: Representação do cone de confusão causado por diversas fontes sonoras (A-D) (Adaptado de: [5])

comumente utilizadas dizem respeito à intensidade de um som. Quanto mais intenso for um som, mais perto a sua fonte sonora aparenta estar, no entanto isto nem sempre se comprova como uma informação verdadeira.

Se a cabeça estiver numa posição imóvel, existe uma variedade de localizações de fontes sonoras que iriam produzir as mesmas diferenças de tempo e de intensidade (sons que estão à mesma distância de ambos os ouvidos). Estas localizações formam o chamado plano médio sagital, sendo que para cada posição de uma fonte sonora existe um conjunto de outras posições que geram as mesmas diferenças interaurais e que forma o cone de confusão (Fig. 2.5).

Este problema pode ser resolvido com pequenos movimentos da cabeça (algo que fazemos naturalmente no dia a dia), no entanto, mesmo sem nos movermos conseguimos distinguir sons que foram originados à nossa frente ou atrás de nós. Isto ocorre porque conseguimos retirar informações extras da origem dos sons derivadas dos HRTFs (*Head-Related Transfer Functions*), são também estas funções que ocupam um papel fundamental na distinção de localizações no plano vertical.

### 2.2.1 HRTF

Devido à nossa fisionomia, a forma do nosso torso, ombros, cabeça e orelhas influencia e transformam as ondas sonoras que chegam aos nossos ouvidos, potenciando certas frequências e atenuando outras. Os HRTFs são responsáveis por capturar essas transformações (estas foram faladas com maior detalhe em 2.1.2).

O que nos permite localizar fontes sonoras é o facto de que os HRTFs são extremamente suscetíveis à posição de origem dos sons relativos aos recetores, sendo que estas funções são definidas para cada um dos ouvidos.

Tendo em conta que cada pessoa tem características únicas em relação à forma da sua cabeça e orelhas, as transformações aplicadas ao som serão também específicas de cada um, bem como os respetivos HRTFs gerados.

Até agora têm apenas sido considerados a localização de sons externos, ou sejam, aqueles que são percebidos fora da cabeça. Todavia, analisando o contexto do problema proposto para esta dissertação, é importante ter em conta aquilo a que se denomina de localização intracraniana ou lateralização, que consiste na sensação de localização de sons dentro da cabeça, como por exemplo os sons emitidos pelos auscultadores de ouvido. Os HRTFs podem ser utilizados como filtros para esses sons, de forma a que estes apresentem a mesma complexidade dos sons externos e desta forma possam ser localizados nas três dimensões anteriormente referidas, e não apenas no azimute (esquerda e direita).

### 2.3 Orientação e Mobilidade

Orientação e mobilidade pode ser definida como a capacidade do ser humano se deslocar de forma independente, segura e eficiente através do meio ambiente. Esta é uma habilidade fulcral no crescimento e desenvolvimento humano, seja quando os bebés aprendem a rastejar, quando uma criança que dá seus primeiros passos, quando é capaz de subir escadas de forma autónoma, quando atravessa uma rua com trânsito, etc. Cada um destes marcos aumenta o reconhecimento pessoal de cada indivíduo, mas esta capacidade é muitas vezes considerada como um dado adquirido até que ocorra uma confrontação com restrições temporárias ou permanentes acerca dela.

Durante a infância uma criança deve desenvolver diversos tipos de capacidades motoras, entre elas: reflexos, controlo da cabeça, rotação do corpo, definição muscular (que inclui agilidade, flexibilidade, resistência, força, relaxamento e controlo corporal), equilíbrio e postura. A discussão de como efetuar o treino destas capacidades motoras e as suas vantagens tem sido um tópico estudado e debatido inúmeras vezes ao longo dos anos, no entanto, muitas das conclusões concordam que deve ocorrer uma abordagem precoce em crianças invisuais de forma a que estas criem os seus próprios padrões mentais e aprendam a reconhecer os diferentes estímulos que recebem, de forma a que, em idades mais avançadas, exista já um maior desenvolvimento motor e seja mais fácil substituir a informação normalmente recolhida através da visão utilizando os restantes sentidos, e desta forma levar uma vida independente.

Algumas crianças não recebem o acompanhamento adequado, muitas vezes porque alguns pais sentem necessidade de restringir a independência das crianças devido à sua falta de visão, nestes casos a educação e informação dos pais é fundamental para que estes possam ajudar seus filhos a desenvolver-se o mais normalmente possível. Caso contrário, mesmo que ocorra a colocação de crianças com deficiência em currículos educacionais normais, não serão produzidos os benefícios desejados, nem para as crianças, nem para a sociedade. A menos que sejam proporcionados programas educacionais e apoios adequados ao treino em orientação de mobilidade, as crianças com deficiência podem partilhar

os mesmos espaços que crianças sem deficiência, que mesmo assim não será possível obter uma correta integração.

## ESTADO DA ARTE

O presente capítulo apresenta o estado da arte, ou seja, os principais conceitos e trabalhos existentes que sejam de alguma forma relevantes para o desenvolvimento desta dissertação. Na primeira secção, secção 3.1, são apresentadas soluções disponíveis para deficientes visuais tanto a nível de *software* como de *hardware*. A secção 3.2 é dedicada à enumeração de diversos jogos acessíveis a deficientes visuais. Na secção 3.3 são apresentados trabalhos específicos ao ramo da orientação e mobilidade.

### 3.1 Ferramentas para pessoas com deficiência visual

Existem, atualmente, já implementadas algumas soluções de acessibilidade que facilitam a integração de pessoas com deficiências visuais na sociedade, de forma a que possam usufruir de uma melhor qualidade de vida. Uma das soluções mais conhecidas e utilizadas é o sistema de escrita em Braille que permite utilizar o tato para ler.

Relativamente à utilização de aparelhos tecnológicos, existe a possibilidade de requerer uma avaliação prévia das necessidades especiais de um utilizador. Para tal, um indivíduo com o intuito de ultrapassar algum tipo de dificuldade de utilização devida a uma deficiência, pode recorrer aos serviços de especialistas para que estes desenhem uma solução única e adaptadas às necessidades específicas do utilizador em questão. No entanto, este tipo de processo é moroso e dispendioso, de forma que nem todas as pessoas têm recursos para o utilizar. Atualmente, com a generalização da utilização de aparelhos como computadores, *tablets* e *smartphones*, é mais do que nunca essencial tornar, tanto este tipo de tecnologias como o *software* produzido para estas plataformas, acessíveis a todo o tipo de utilizadores, em especial de pessoas com deficiência visual. Isto deve-se ao grande uso da visão que estes dispositivos necessitam, tanto para solicitar input como para providenciar *feedback* das ações executadas e do estado do sistema.



A nível de hardware, as alternativas são um pouco limitadas e constituem uma despesa extra à utilização comum de computadores ou dispositivos móveis, porém, é possível adquirir telas que funcionam como lupas para ecrãs de menores dimensões, bem como aparelhos como mostradores ou máquinas de escrever em Braille que possibilitam o envio e receção de informação através deste sistema de escrita.

Por outro lado, têm surgido cada vez mais soluções de *software* produzidas pelas grandes empresas, nomeadamente as empresas que fabricam este tipo de dispositivos, sendo que em alguns casos, estas soluções são já incorporadas nos respetivos Sistema Operativos. Alguns exemplos mais vastamente utilizados são, para o caso de utilizadores com apenas perda de visão parcial, o recurso de *feedback* sonoro, a aplicação de um *software* de lupa de tela bem como de fontes de maiores dimensões, empregar um maior contraste dos temas, cores e ícones expostos; no caso de pessoas com deficiências visuais severas como a cegueira total é já comum a utilização síntese de fala, também referida como *TTS* (do inglês *text-to-speech*), que consiste no método de conversão artificial de texto em discurso humano [33], permitindo assim que os invisuais possam ouvir o conteúdo que está a ser mostrado nas telas dos seus dispositivos.

## 3.2 Jogos acessíveis a pessoas com deficiência visual

Como refere o livro *Design e Desenvolvimento de Jogos* [47] o Homem enquanto espécie possui registos do ato de jogar desde há vários milénios, e provavelmente já o fazia antes disso. O ato de jogar é instintivo e ocorre naturalmente em ambientes pouco estimulantes e é tão gratificante para nós pois proporciona uma sensação de divertimento causada pela aprendizagem e domínio de uma nova habilidade.

Como já referido, os jogos, para além do seu papel óbvio como ferramenta de entretenimento, podem ter uma grande importância lúdica, servindo muitas vezes como estímulo para a aprendizagem e hábitos de um estilo de vida saudável [37, 39, 50]. Este fator torna os jogos eletrónicos numa poderosa ferramenta para influenciar as novas gerações e para muni-las de conhecimentos e habilidades úteis para a sua vida enquanto adultos. No caso de crianças com deficiências visuais, em especial, podem servir como ponte para uma vida mais integrada e independente.

Apesar do potencial referido, é possível encontrar inúmeras barreiras à acessibilidade dos jogos eletrónicos convencionais [45]. Como referido numa pesquisa efetuada por dois americanos [46], existe uma lacuna na comunicação e interação entre a comunidade académica sobre Interação Pessoa-Máquina e a indústria de desenvolvimento de jogos, o que levou ao desenvolvimento, na sua quase totalidade, de jogos comerciais que pecam na sua acessibilidade a pessoas com deficiência, tornando impossível que estas usufruam da experiência que essas soluções proporcionam. Todavia, nas últimas décadas tem sido notório o crescente interesse, por parte de ambas as comunidades, de investigar e desenvolver soluções que melhorem a condição de acessibilidade dos jogos convencionais, sendo que as pessoas com deficiência visual se têm tornado, cada vez mais, um público-alvo.

Jogos que pretendem ser acessíveis a pessoas com deficiências visuais têm como objetivo principal substituir os estímulos visuais, normalmente dominantes no conteúdo dos jogos eletrônicos, por estímulos envolvendo outros sentidos. Estímulos auditivos e hápticos têm demonstrado ser uma abordagem eficaz para a representação espacial de variados meios ambiente, tornando-se cada vez mais regulares no desenvolvimento de ferramentas de acessibilidade para pessoas com deficiências visuais. Desta forma é possível permitir que estes indivíduos adquiram uma percepção dos espaços que as circundam mais semelhante com a percepção visual de pessoas sem estas deficiências.

Na verdade, como verificado neste recente estudo brasileiro [35], a exploração dos recursos de áudio em jogos tem-se revelado cada vez mais essencial, mesmo para jogos convencionais que têm como público-alvo pessoas com visão. Isto deve-se ao facto da utilização de áudio como um elemento imersivo conferir um maior grau de realismo aos jogos eletrônicos, um fator cada vez mais apreciado e requerido pelos utilizadores, visto gerar uma maior empatia e envolvimento por parte dos jogadores em relação ao jogo. Um outro ramo dos jogos eletrônicos que tem cada vez mais presença no mercado e que tem requerido uma adaptação de metodologias, tanto por parte dos criadores como dos jogadores, é o ramo dos jogos de realidade virtual. O áudio neste tipo de jogos toma, a par com o conteúdo visual, um papel fundamental, e essa sua crescente importância tem servido como catalisador para a criação de novas técnicas de áudio imersivo, tanto com recurso a altifalantes como a auriculares de ouvido, que adaptam inclusive práticas de som de cinema contemporâneo para desenvolver uma melhor espacialização auditiva.

Analisando vários dos jogos eletrônicos acessíveis a pessoas com deficiências visuais é possível encontrar alguns exemplos que consistem na adaptações de jogos convencionais já existentes: o Blind Hero [52] que dá vida a uma versão do famoso jogo Guitar Hero [6] e que substitui os estímulos visuais por estímulos hápticos através da utilização de uma luva (Fig. 3.1) com pequenos motores de *pager* anexados à ponta de cada um dos dedos; o AudioBattleship [49], uma adaptação do clássico jogo da Batalha Naval que ao invés de recorrer às habituais pistas visuais, baseia-se em recursos de áudio para produzir um ambiente interativo que visa melhorar a colaboração e a cognição de crianças cegas; o Jungle [7], que não possui uma interface gráfica, segue a premissa de um clássico jogo de tabuleiro de estratégia chinês para dois jogadores, recorrendo apenas a TTS como meio de descrever o tabuleiro de jogo, e tendo a particularidade de permitir desafiar outros jogadores através da Internet.

Para além destes, existem, por sua vez, jogos desenvolvidos especialmente para indivíduos com deficiência visual, estes, à semelhança do que ocorre com os exemplos anteriores, utilizam maioritariamente técnicas de TTS, espacialização sonora e estímulos hápticos. A empresa Bavisoft, que apenas produziu jogos com destino a pessoas com deficiência visual, apesar de não estar atualmente ativa, deixou dois títulos, que comprovam a possibilidade de criar um jogo divertido na indústria dos jogos acessíveis e que fornece uma grande imersão no mundo por este apresentado, recorrendo apenas a recursos de áudio. Grizly Gulch e Chillingham, desenvolvidos para a plataforma Windows funcionam

como jogos de apontar-e-clicar e são um bom exemplo da correta utilização da narração para descrever o cenário e contexto do jogo.

Referente a jogos com grande foco na utilização de estímulos hápticos em combinação com recursos sonoros há dois projetos de grande relevância a ressaltar, sendo que ambos partilham alguns dos seus autores, o Vi-tennis [44] e Vi-bowling [43], que consistem em versões modificadas dos jogos de detecção de movimento popularizados inicialmente pela consola Wii da Nintendo [8], e que simulam uma partida de ténis e de *bowling* respetivamente através de vibrações e pistas sonoras. A grande particularidade destes jogos é que para além de serem adaptados a pessoas com deficiência visual, também são considerados jogos fitness (em inglês *exergame*), ou seja, são jogos eletrónicos que requerem atividade física como forma de input e que desta forma relevam potencial para combater hábitos de vida pouco saudáveis como o sedentarismo.

Têm também surgido diversos jogos desenvolvidos para plataformas móveis como *smartphones* e *tablets*, estes visam diversas idades e enquanto uns têm um objetivo educacional, outros são produzidos com o único intuito de entreter. Exemplos do primeiro caso são: o BraillePlay [42], uma coletânea de vários jogos com diferentes níveis de dificuldade que pretendem ensinar os caracteres utilizados no sistema de Braille, de forma a promover a alfabetização de crianças em Braille; o Código Pitágoras [38], um jogo português que utiliza recursos de áudio e espacialização de áudio 2D de forma a criar um ambiente de aprendizagem lúdico que pode ser usado em contexto escolar aula ou em casa por estudantes com deficiência visual, sendo o objetivo principal do jogo ajudar e motivar estudantes adolescentes cegos a aprender e gostar de matemática.

Um outro jogo que merece destaque pela qualidade da solução proposta é o jogo de *smartphone* A Blind Legend [2] desenvolvido para o sistema operativo Android e iOS. Este projeto foi desenvolvido no ano de 2015 e consiste num jogo de ação/aventura que utiliza somente recursos áudio. À semelhança de soluções mais recentes neste âmbito, baseia-se na tecnologia de som binaural, o que faz com que os jogadores sejam guiados exclusivamente pelo som 3D, controlando o personagem do jogo através de gestos tácteis.

De notar que é possível encontrar um arquivo online [9] com uma lista bastante extensa de jogos de áudio, bem como as suas informações e requisitos de sistema.

### 3.3 Jogos e treino de orientação e mobilidade

Referindo novamente o livro [34], este esclarece de forma bastante detalhada a necessidade de pessoas com deficiência visual de treinarem as suas capacidades de Orientação e Mobilidade (também referenciado como OM) de forma a que consigam movimentar-se de forma independente. Também os mais comuns métodos de treino são explanados, sendo que estes envolvem a aquisição de duas habilidades em particular, nomeadamente, como utilizar a bengala para pessoas com deficiência visual e a já falada capacidade de usar pistas auditivas para compreender o ambiente envolvente. Uma vez que estas duas aptidões são interiorizadas, são usadas em exercícios reais de navegação que consistem em



Figura 3.1: Exemplo de uma luva háptica (Fonte: [10])

aprender as rotas mais utilizadas, como para a escola, para casa, etc. O papel do treinador de mobilidade deve ser ativo no início do treino, guiando o indivíduo e ajudando a criar pistas mentais e pontos de referência que ajudem a identificar locais específicos. À medida que o aluno adquire mais proficiência na sua movimentação, o treinador deve paulatinamente tornar-se mais ausente.

O tradicional método de treino de OM, apesar de eficaz, é bastante moroso, pouco motivador quando se trata de crianças pequenas e muitas vezes completamente inacessível a quem precisa. Com contexto tecnológico atual, onde se observa um rápido desenvolvimento de *hardware* a par com o de *software*, é já possível encontrar diversas soluções de jogos no mercado que servem como ferramentas de treino para capacidades motoras. A solução pioneira deste tipo de jogos a surgir no mercado foi a consola Nintendo Wii, ganhando rapidamente um caso de sucesso e incentivando ao investimento por parte de outras empresas em soluções deste género, como foi o caso da Sony com a ferramenta EyeToy. No caso da Wii, a solução que ainda hoje é a mais popular no que diz respeito a jogos envolvendo movimentos do corpo, esta consola utiliza um comando sem fios que capta os movimentos do comando quando o jogador o move, através de três acelerómetros incorporados e de um sensor de infravermelhos [11]. Ora, apesar dos inúmeros benefícios que provém de jogos acessíveis desenvolvidos para esta plataforma, estas continuam a ser fixas e portando limitadas quanto às potencialidades do treino de orientação e mobilidade.

Por outro lado, com o desenvolvimento atual dos dispositivos móveis como os *smartphones* e *tablets*, estes possuem diversos sensores incorporados nos aparelhos que possibilitam a localização do utilizador, tendo a vantagem de serem mais económicos que as consolas e também portáteis. O jogo NIVINAVI [41] tomou proveito deste facto e apresentou uma solução desenvolvida para iPhone que utiliza e usa a informação sobre posicionamento



Figura 3.2: Sequência de imagens que representam o movimento necessário para capturar os animais (Fonte: [41])

recolhida pelo sistema de GPS e pela bússola; o jogo então um modo de navegação, onde o utilizador serve-se do seu dispositivo como um "Scanner" para encontrar os animais anteriormente colocados no mapa (juntamente com a rota até eles) e posteriormente capturá-los. De forma a conhecer as rotas escolhidas o utilizador é exposto a pistas auditivas contínuas, que mudam conforme a indivíduo se encontra na direção correta ou não e para capturar os animais encontrados, o utilizador deve proceder a um movimento específico que é detetado pelo dispositivo móvel (Fig. 3.2 ).

Um outro jogo desenvolvido com o intuito de estimular a mobilidade de pessoas invisuais, que apesar de já não estar disponível, apresentou soluções interessantes para os problemas em causa, foi o jogo Demor. Este foi desenvolvido como um projeto da European Media Master of Arts (EMMA), na Utrecht School of Art and Technology para o departamento de acessibilidade do Bartiméus Institute for the Blind e consistia num jogo de tiro baseado na localização de áudio 3D, cujo objetivo principal consistia, não só em entreter, mas também funcionar como meio de melhorar a emancipação dos deficientes visuais e sua integração a sociedade. Os jogadores podiam mover-se fisicamente através do ambiente sonoro utilizando uma mochila contendo um computador portátil, um recetor de GPS, um rastreador de cabeça, fones de ouvido e um joystick modificado. O local de jogo poderia ser qualquer grande espaço vazio ao ar livre (Fig. 3.3). É ainda possível encontrar vídeos na Internet que demonstram a jogabilidade de Demor, como por exemplo [12]



Figura 3.3: Mulher cega a jogar Demor utilizando todo o equipamento requerido (Fonte: [13])

## BLIND ADVENTURE

Como referido múltiplas vezes ao longo deste documento, o principal objetivo do jogo desenvolvido nesta dissertação é que seja acessível a qualquer pessoa cega ou amblíope. O jogo deve também possuir um conteúdo divertido e que possa ser consumido por todas as idades. Aliado a estes requisitos, o jogo deve possuir uma componente educativa, neste caso, na vertente de orientação e mobilidade, estimulando assim hábitos de vida mais saudáveis que terão um impacto positivo no futuro da criança.

Em seguida será descrito em maior detalhe a forma como o jogo, *BLIND ADVENTURE*, foi pensado e desenhado de forma a cumprir os requisitos enumerados anteriormente.

### 4.1 Motivação e escolhas iniciais

A motivação para desenvolver um jogo sério cujo público alvo são crianças e jovens é suportada, de forma confiante, na já referida relação que o Homem enquanto espécie tem com o ato de brincar e jogar, e no facto de este ser um comportamento natural de aprendizagem.

É mais do que justo que seja disponibilizado a estas crianças, que devido à sua condição, estão muitas vezes sujeitas a limitações na sua vida quotidiana, um modo de promover um estilo de vida mais saudável, tanto a nível físico, como a nível psicológico. Assim, é lhes entregue uma forma segura de se abstrair das suas eventuais inseguranças e de se divertirem. No fundo, o jogo aqui proposto pretende ser prazeroso e cativante, gerando empatia por parte dos utilizadores para com o jogo, permitindo que estes se envolvam e concentrem em atividades específicas que vão trazer benefícios para o resto da vida, sem abdicarem do seu direito de ser crianças.

Como referido no capítulo 3, a comunidade científica tem apresentado cada vez mais estudos que comprovam a eficácia da utilização de jogos eletrónicos como ferramenta

auxiliar na educação de crianças. Este fator aliado ao facto de existirem cada vez mais tecnologias com potencial para entregar soluções inovadoras a um público cada vez mais vasto influenciou o surgimento deste projeto. Nomeadamente, de forma a que combinasse os recursos da Engenharia Informática à vontade de melhorar a qualidade de vida de um grupo de pessoas para as quais nem sempre há soluções disponíveis, fazendo nascer um jogo eletrónico acessível.

As motivações suprarreferidas têm acompanhado o desenvolvimento tecnológico há já várias décadas, e serviram inclusive, como base para um projeto com uma premissa semelhante, o jogo Audio Space Station [36]. Este jogo tinha também o objetivo de ser uma ferramenta educacional, implementada de forma a ser acessível a crianças cegas ou com pouca visão e que promovesse o treino de habilidades de orientação e mobilidade criando um ambiente áudio virtual com som tridimensional, obtido através de HRTFs.

O Audio Space Station tem como tema de jogo, um laboratório de ciência numa nave espacial, este tema foi escolhido com o propósito de alcançar diferentes faixas etárias. O jogo consiste num cientista quem tem que capturar ou fotografar insetos vivos alienígenas para poder analisá-los.

A solução propunha a divisão do jogo em três fases que podem ser escolhidos em qualquer ordem e que podem ser jogados diversas vezes. Estes desafios apresentariam distintos graus de dificuldade, sendo que a cada uma seria acrescentada a necessidade de localizar sons numa nova dimensão espacial. Assim, no primeiro desafio o jogador teria de encontrar baratas que se estariam a movimentar no eixo azimute. No segundo desafio, o jogador teria de capturar abelhas, que para além de se moverem no azimute, também alteram a sua elevação em relação ao jogador. Por fim, no último desafio também existe variação na distância à qual as fontes dos sons estão do jogador. Desta forma o jogo serviria de ferramenta para treinar as capacidades de orientação (de forma a localizar as fontes sonoras), e habilidades de mobilidade, nomeadamente em termos de rotação corporal.

Apesar de não ter sido implementado na sua totalidade, faltando a fase 3, as fases funcionais foram posteriormente testadas por crianças, sendo recolhido o seu *feedback*. Analisando os resultados recolhidos da validação do Audio Space Station, bem como o *feedback* direto das crianças e jovens que testaram o jogo é possível retirar ilações. Estas ilações diziam respeito, principalmente, ao contexto do mundo apresentado no jogo eletrónico e à sua dinâmica e envolvimento com o jogador. Para além disso, foi possível contar com o contributo do especialista em orientação e mobilidade, Peter Colwell, que neste momento ocupa o cargo de Técnico de Acessibilidade da ACAPO (Associação dos Cegos e Amblíopes de Portugal) [15]. À luz dos dados provenientes destas duas fontes, é possível concluir que atualmente, não faz sentido criar uma solução pensada exclusivamente para um ambiente de sala de aula, pois isto limitaria o número de crianças que poderiam de facto usufruir do jogo. Tendo em conta que os utilizadores alvo estão dispersos por uma área territorial muito vasta, não existe incentivo para a criação de espaços (centros, escolas e instituições) dedicados a crianças com necessidades especiais,



em particular com deficiências visuais, o que tendencialmente leva a que estes só surjam nas grandes metrópoles. Uma outra importante preocupação é a forma como os desafios são apresentados às crianças, em especial se for requerido uma resposta específica, neste caso, motora. Isto deve-se ao facto de poderem existir movimentos, conceitos ou objetos que elas não conhecem porque, por e simplesmente, podem nunca os terem visto. Uma outra mudança significativa, motivada pela análise do *feedback* gerado pelas crianças, é a mudança do paradigma do jogo. Foram identificadas várias opiniões que relataram que o tipo de desafios apresentados nas duas fases implementadas do Audio Space Station não criavam um envolvimento suficientemente relevante para motivar as crianças a jogar por períodos mais longos do que alguns minutos.

Para além do Audio Space Station, foram também analisadas as restantes soluções existentes e que foram apresentadas no capítulo 3, de forma a perceber qual poderia ser o principal fator diferenciador do *BLIND ADVENTURE*. Relativamente à escolha do método de treino das capacidades de OM, um dos pilares em que assenta esta dissertação, foi concluído que um jogo para auxiliar a aprendizagem de rotas e caminhos em espaços abertos como cidades, através de pontos de referência, não seria uma proposta de elevado interesse, levando em consideração os vários projetos já desenvolvidos com esse objetivo específico em mente. Se por outro lado considerarmos o mesmo tipo de conceito, mas para espaços limitados, por exemplo, o recinto de uma escola, podemos verificar que nesse contexto, uma solução semelhante à proposta também não seria de grande utilidade, visto que esse problema é normalmente pontual e facilmente resolvido sem auxílio de tecnologia. Um outro fator a ter em conta é que em ambas as situações seria difícil combater o problema gerado pelo medo (um dos objetivos desta dissertação), tanto dos pais, que muitas vezes impedem os filhos de se deslocarem de forma independente como medida de proteção, como das crianças, que podem não ter a autoconfiança necessária para explorarem um ambiente desconhecido.

Posto tudo isto, o jogo desta dissertação pretende implementar várias alterações à proposta do Audio Space Station e às restantes soluções atualmente presentes no mercado, de forma a corrigir os problemas anteriormente mencionados e permitir que qualquer pessoa, adulto ou criança possa jogar regularmente, em qualquer lugar, mesmo no interior da sua casa, criando assim uma experiência mais prazerosa. Para tal, foi desenvolvido um jogo áudio, onde o som terá um papel principal como fonte de informação e contextualização do jogador. Foi então criado um ambiente de áudio imersivo no qual o jogador deve ser capaz de distinguir e identificar vários sons, bem como localizar as suas fontes. Para tal foram utilizados os conceitos apresentados na secção 2.2, nomeadamente as diferenças interaurais e os HRTFs.

Relativamente à plataforma tecnológica, os dispositivos móveis *smartphones* foram escolhidos como alvo para a implementação do jogo. Os motivos são claros e alguns foram já apresentados na secção 1.1: são cómodos de utilizar e de transportar devido à sua reduzida dimensão e portabilidade; são atualmente os dispositivos mais utilizados no

mundo e as previsões indicam que a tendência é para que o seu número continue a aumentar, permitindo assim atingir um público cada vez maior; os sistemas operativos destes aparelhos são implementados de forma a possuírem soluções de acessibilidade incorporadas colocando-os numa posição bastante favorável no que diz respeito à utilização por parte de pessoas com deficiência visual; existem vários estudos (também apresentados anteriormente) que comprovam a eficácia da utilização de *smartphones* como ferramenta auxiliar à educação; os principais sistemas operativos utilizados e as APIs utilizadas para o desenvolvimento de novas aplicações são muito bem documentados e proporcionam um grande incentivo à criação de soluções inovadoras; a nível de hardware praticamente todos os dispositivos disponibilizados atualmente oferecem uma vasta gama de sensores que são de grande importância para o desenvolvimento do jogo e que serão discutidos com maior detalhe.

Foi também tomada a decisão de implementar o jogo para a plataforma Google Cardboard [14]. Esta consiste numa plataforma de realidade virtual desenvolvida pela empresa Google (a mesma que desenvolve o Sistema Operativo Android, alvo da implementação aqui discutida), que tem o objetivo de ser utilizada em conjunto com um *smartphone* (que é colocado dentro do Cardboard).

Na Fig. 4.1 é possível observar o modelo mais comum deste produto, e na Fig. 4.2 está demonstrado como este deve ser utilizado. Caso o Cardboard possua um suporte para ajustar à cabeça (como um elástico), é ainda possível utilizá-lo sem a necessidade de utilizar as mãos para segurá-lo na posição correta.

As razões para a utilização deste tipo de plataforma prendem-se pelo baixo custo de adquirir este tipo de aparelho, visto que os mais baratos são feitos de cartão e podem inclusive ser montados em casa com materiais facilmente acessíveis; para além disso o facto de ter o dispositivo agregado à cabeça do jogador permite seguir os seus movimentos com mais precisão e desta forma entregar uma solução mais imersiva que adapta a localização das fontes sonoras à posição dos ouvidos do jogador, tornando toda a experiência do jogo de áudio em 3 dimensões mais realista.

## 4.2 Descrição do jogo

Quando se fala em jogos sérios ou educativos, existe uma tendência para associá-los a algum tipo de atividade pouco interessante ou aborrecida. Isto ocorre, na maioria das vezes, porque a componente educativa sobrepõe-se à componente de entretenimento. Nesta dissertação, como já referido, houve uma tentativa de inverter este padrão e entregar a crianças com deficiência visual um jogo, no sentido lato da palavra, ou seja, uma atividade cuja finalidade é a diversão e o entretenimento. A partir desta premissa foram então integradas as restantes características por forma a acrescentar valor a este projeto.

Uma importante ferramenta utilizada para gerar maior empatia por parte dos jogadores com o jogo foi a conceção de um guião onde fosse definido o contexto geral do jogo. Nomeadamente, o ambiente onde este ocorre, a história, as personagens presentes,



Figura 4.1: Exemplo de dispositivo Cardboard(Fonte: [15])



Figura 4.2: Imagem representativa da postura para utilização de um Cardboard(Fonte: [16])

o tipo de níveis e de desafios que seriam apresentados ao longo do jogo, bem como os seus objetivos e/ou recompensas. Considerou-se fundamental este investimento inicial na criação de uma história com a qual as crianças se pudessem relacionar e que as motivasse a progredir no jogo. Pois apenas é possível receber uma resposta livre de medos e de auto consciencialização se o jogo entregar um ambiente imersivo e de descontração.

Assim, foi escolhido um tema de aventura, nomeadamente uma caça ao tesouro. Este tipo de temáticas é bastante explorado em vários meios de entretenimento para crianças e para jovens, permitindo assim uma maior familiaridade com o mesmo, enquanto, simultaneamente, abre portas para uma infinidade de alternativas que apenas dependem da imaginação dos criadores/desenvolvedores. Para além disso permite também criar a expectativa de um objetivo/recompensa a alcançar, o que é mais um elemento motivador para o jogador.

A história gira em torno de dois personagens principais, oriundos de planetas distantes que têm como propósito viajar por vários planetas em busca de aventuras. A ideia para esta história foi inspirada numa série de animação japonesa chamada “*The Prince of the Stars: Le Petit Prince*” (As aventuras do Pequeno Príncipe, em português) [17], que por sua vez é baseada no famoso livro de *Antoine de Saint-Exupéry*, “*Le Petit Prince*” (O Príncipezinho, em Portugal) [18].

Um das personagens, aquela que o jogador personifica e controla, é proveniente de um mundo onde não existe luz, e por isso todos os seus habitantes (incluindo o jogador) são cegos, utilizando a sua capacidade auditiva como principal forma de recolher informação sobre o exterior. Estas características foram utilizadas de forma a criar uma relação de identidade mais forte com o personagem, para além disso, de forma a estimular a imaginação do jogador, o personagem não fala ao longo do jogo, interagindo apenas de forma indireta.

A outra personagem toma a forma de um pequeno ser que consegue ver, mas que por ser pequena e frágil necessita da primeira personagem para poder prosseguir nas suas aventuras. Esta personagem vai ser o principal ponto de informação e de interação para o jogador, na medida em que vai servir de guia ao longo do jogo.

O jogo começa com um pequeno nível tutorial onde é apresentado o contexto da história ao jogador. É nele que ambas as personagens são introduzidas, bem como o seu propósito. Depois desta introdução, os personagens chegam ao seu primeiro destino, e o jogo apresenta a trama principal do primeiro nível: juntar as várias partes de um mapa que mostra a localização de um tesouro antigo. A partir daí, o jogador deve seguir a liderança da segunda personagem principal e explorar o novo mundo em busca do mapa e consequentemente, do tesouro. No caminho o jogador irá deparar-se com vários ambientes diferentes e com outras personagens que terão como principal função apresentar os desafios que o jogador tem de ultrapassar de forma a prosseguir na sua jornada.

Relativamente às restantes personagens secundárias referidas anteriormente, cada uma delas teve um traço característico embutido na sua personalidade de forma a que estas se tornem mais realistas e assim criar uma maior empatia com o jogador, para além de contribuir de forma cômica para a diversão do jogo.

Para criar um equilíbrio entre os vários objetivos do projeto (divertir, mas também estimular hábitos fundamentais para as crianças), o jogo segue uma dinâmica onde intercala fases distintas, cada uma com o seu propósito. São elas a fase de exposição à história, a fase de exploração do mundo e fase dos desafios.

- **Fase de história** Nesta fase, o jogador é exposto a todas as informações acerca do mundo, personagens e trama. Desta forma é possível providenciar contexto acerca do jogo e introduzir elementos narrativos que tornam a experiência mais divertida e enriquecedora. A história é transmitida tanto na forma de monólogos como através de diálogos entre a personagem que serve de guia e as restantes personagens secundárias que o jogador vai encontrando.

- **Fase de exploração** Na fase de exploração o jogador tem o controle da sua personagem e pode movê-la através do seu input. Neste caso, o input é dado através de movimentos físicos como andar e é uma componente constante no jogo que tem sempre aliadas as competências de localização (o jogador precisa decidir qual a direção a seguir) e de mobilidade (o jogador precisa de realmente mover o seu corpo de forma a que o seu personagem se mova). Para além disso, nesta fase houve uma tentativa de simular ambientes reais (como florestas ou quintas) através de diferentes elementos sonoros familiares. Assim, foi criada uma experiência mais imersiva e interessante, de forma a prevenir monotonia na execução da tarefa.
- **Fase de desafio** Esta é a fase mais exigente para o jogador, na medida em que para poder progredir no jogo, este tem de executar e completar com sucesso algum tipo de tarefa ou desafio. Estes desafios requerem sempre que o jogador use a sua perceção sonora para identificar diferentes sons e as suas respetivas fontes, e a esta competência, o jogador deve aliar a sua capacidade motora. Esta pode manifestar-se de diferentes formas como capacidade de reação, velocidade, agilidade, entre outras.

A grande vantagem destes desafios é o facto de motivarem o jogador a superar obstáculos por forma a atingir um fim desejado, ao mesmo tempo que permite aos criadores e programadores do jogo inserirem desafios específicos que estimulem uma dada resposta ou que promovam um certo comportamento, sem que para isso tenham de afastar o jogador do contexto do jogo, quebrando a sua imersão ou prejudicando a sua experiência.

Estas diferentes fases interagem umas com as outras de forma a que as ações requeridas ao utilizador tenham sempre um propósito e estejam sempre inseridas dentro de um contexto, que permite entregar ao jogo uma maior fluidez.

No diagrama da Fig. 4.3 é possível observar qual a ordem pela qual esta interação ocorre e que consiste numa primeira explicação e exposição da história por parte dos personagens intervenientes. Esta é seguida de algum tipo de desafio ou ação que requer input do utilizador, e que vai originar uma consequência ou reação por parte dos personagens, entrando mais uma vez na fase de história de forma a concluir a trama e dar seguimento ao jogo. Por forma a ligar estes vários momentos, é necessário que o jogador passe pela fase de exploração, onde vão ocorrer as transições entre ambientes e momentos.

### 4.2.1 Desafios

Na fase dos desafios, como o nome indica é o momento em que o jogador é desafiado a superar algum tipo de obstáculo ou dificuldade e é também a fase que vai mais de encontro à proposta desta dissertação, que é entregar um jogo para treino de capacidades de orientação e mobilidade. Posto isto, estão neste momento implementados quatro desafios distintos no primeiro nível.

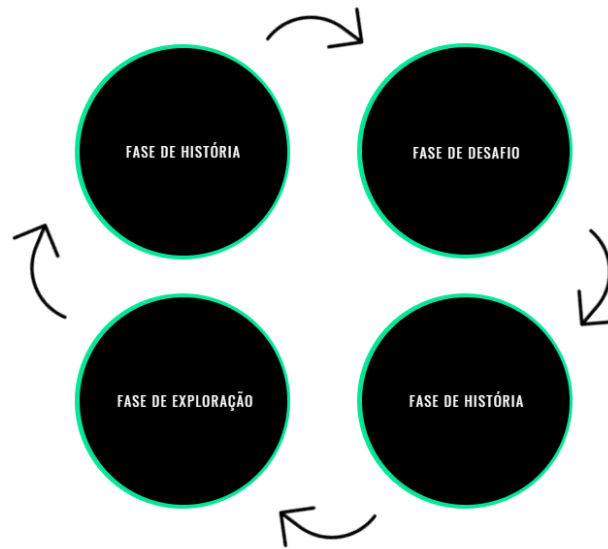


Figura 4.3: Representação do fluxo das fases do jogo

O primeiro desafio serve como forma de consolidação daqueles que são os movimentos basilares de todo o jogo, o movimento de rotação do corpo de forma a orientar a cabeça para a origem de determinado som, e o movimento de andar no mesmo sítio, que serve como forma de locomover a personagem controlado pelo jogador dentro do jogo. Estes dois conceitos são introduzidos logo após um pequeno nível de tutorial, onde assim que o jogador assume o controlo da sua personagem, é incentivado a seguir a voz da personagem secundária que lhe serve de guia, de forma a poder prosseguir no jogo. Nesta altura são dadas todas as instruções para que o utilizador compreenda os movimentos que tem de executar. Assim sendo, o primeiro desafio tem como principal objetivo introduzir o jogador à dinâmica do jogo, de forma a este ser acostumado com as diferentes fases do jogo.

No segundo desafio, apesar de os movimentos requeridos serem os mesmos do primeiro (localização de sons e posterior locomoção até à sua fonte), o seu contexto é diferente, e o nível de dificuldade é também superior. Neste desafio é introduzido uma componente de tempo limite para o jogador concluir a sua tarefa, o que coloca uma variável de pressão que tem potencial de ser bastante positiva na experiência das crianças. Para além disso, independentemente do facto do jogador conseguir deslocar-se ou não a tempo do objeto alvo, este irá surgir numa outra localização, obrigando o jogador a adaptar-se mais rapidamente a diferentes estímulos auditivos. No terceiro desafio a componente temporal é eliminada, no entanto, é introduzido um novo tipo de movimento mais exigente a nível físico e em termos de autoconfiança que é um movimento de salto, assim, para que o jogador tenha sucesso este tem de localizar e deslocar-se até determinadas fontes sonoras, mas para conseguir progredir no desafio tem de saltar aquando de um estímulo auditivo.

O quarto e último desafio surge como uma combinação do desafio dois e três, no sentido em que é introduzido um novo movimento, e este tem de ser executado num

determinado espaço temporal. Neste caso o movimento consiste na inclinação do tronco e da cabeça para a esquerda e para a direita de forma a simular o desvio de um obstáculo. Este movimento deve, no entanto, ser executado apenas quando é dado um estímulo sonoro previamente definido.

Para conhecer de forma mais aprofundada a história do *BLIND ADVENTURE*, é possível ler uma descrição das suas personagens, bem como o *storyboard* do jogo nos apêndices.

## DETALHES TÉCNICOS

No capítulo 4 foram explicitadas todas as decisões necessárias para definir o contexto inicial do jogo, de forma a que este cumprisse todos os objetivos pretendidos para esta dissertação. No entanto, apesar da fase de desenho inicial da solução ser essencial, é necessário que a implementação da mesma vá de encontro aos requisitos propostos e para tal foi também necessário tomar várias decisões técnicas importantes que serão explicadas em maior detalhe neste capítulo.

### 5.1 *Frameworks e Ambientes de Desenvolvimento*

No desenvolvimento do *BLIND ADVENTURE* foram utilizadas diversas ferramentas e ambientes de desenvolvimento existentes no mercado que têm o objetivo específico de auxiliar o processo de desenvolvimento de jogos. A escolha destas ferramentas foi feita analisando, por um lado, o seu potencial para agilizar o processo de desenvolvimento e se tinham ou não as funcionalidades necessárias, e por outro o custo da ferramenta e o tempo e esforço necessários para aprender a utilizá-las de forma proficiente. Para além disso, todos os *softwares* utilizados são gratuitos, possuem uma versão gratuita ou uma versão de testes, no entanto isto não afetou a utilização das funcionalidades almejadas.

O motor de jogo escolhido foi o Unity [19] pelo facto de possuir um vasto conjunto de ferramentas completas que permitem desenvolver todas as fases de um jogo eletrónico. Apesar do Unity ser bastante poderoso em termos de desenvolvimento de recursos gráficos e visuais (conforme as exigências do mercado de jogos atualmente), este dispõe igualmente de diversos recursos que permitem o desenvolvimento das componentes de áudio de um jogo com bastante competência, inclusivamente componentes de áudio espacial. Apesar do *BLIND ADVENTURE* ter como plataforma alvo smartphones Android, com o Unity é possível desenvolver um jogo transversal a vários tipos de plataformas,



como por exemplo para o sistema operativo iOS, o que permite desde já, abrir portas para expandir a solução aqui desenvolvida para cada vez mais pessoas.

Este IDE tem também uma vasta biblioteca de documentação que inclui tutoriais e jogos de demonstração que auxiliam a iniciação ao panorama de desenvolvimento. Um outro fator que influenciou esta decisão foi o tamanho da comunidade de utilizadores deste IDE, o que possibilita uma grande variedade de recursos comuns a qualquer jogo, que estão disponíveis online e que são de livre utilização. Por último, existia já alguma experiência na utilização do Unity, o que foi visto como uma vantagem por reduzir o tempo necessário para uma ambientação com o *software*.

Para além de todos os recursos incluídos no Unity, foi também utilizado uma integração do SDK externo Google VR [20] que disponibiliza uma API com diversos métodos que permitem o desenvolvimento de aplicações de realidade virtual, no caso específico do BLIND ADVENTURE, permite o desenvolvimento tendo o Google Cardboard como plataforma alvo.

De referir também que todos os *scripts* elaborados para definir o funcionamento do jogo foram escritos utilizando o IDE Visual Studio Code [21], da empresa Microsoft.

Como dito anteriormente, o Unity está preparado para todas as fases do desenvolvimento de um jogo eletrónico 2D ou 3D, isto inclui a componente áudio. No entanto, à medida que o processo de desenvolvimento do BLIND ADVENTURE foi avançado, foi notório um aumento da complexidade das técnicas utilizadas para gerar todo o ambiente sonoro do jogo. Isto aliado, ao crescente número de elementos presentes no jogo, estavam a tornar o processo de edição e de mistura do som pouco eficiente e prático, especialmente quando se tratava de várias fontes sonoras relacionadas umas com as outras. Assim, foi escolhido utilizar o *software* FMOD [22], desenvolvido pela empresa Firelight Technologies e um dos mais utilizados no processo de produção de áudio para jogos.

Este programa consiste num vasto conjunto de ferramentas de edição e produção de efeitos sonoros que permite reproduzir e misturar diversos formatos de áudio e que tem a vantagem de ser facilmente integrado no Unity, o que tornou a transição entre os dois *softwares* bastante simples e rápidos.

Para além dos programas suprarreferidos, foi também utilizado o *software* Adobe Audition [23], desenvolvido pela Adobe Systems e que consiste num ambiente de áudio digital que possibilita a visualização e edição de várias trilhas sonoras simultaneamente, permitindo visualizar a forma e espectro das ondas sonoras, bem como criar, misturar e editar conteúdos de áudio.

O Adobe Audition(AA) demonstra ser um programa extremamente completo que poderia facilmente substituir a utilização do FMOD mas, vários fatores influenciaram a sua utilização. Em primeiro lugar, tratando-se de um programa tão completo em termos de funcionalidades, este acaba por ser também complexo na sua utilização. Assim sendo, para utilizar todo o seu potencial seriam necessárias várias horas despendidas na aprendizagem das técnicas necessárias para a sua utilização, o que não seria possível, pois o Adobe Audition possui apenas um período de avaliação de alguns dias, para além

de que, esta aprendizagem iria retirar tempo de desenvolvimento do jogo propriamente dito. Em segundo lugar, não existe nenhuma integração direta entre o AA e o Unity, como acontece com o FMOD, de forma que seria mais um acréscimo de tempo na produção dos ambientes sonoros. Por tudo isto, esta *framework* foi usada apenas para tarefas pontuais que exigiam um maior detalhe e rigor, nomeadamente na gravação e posterior edição de todas as falas do jogo.

## 5.2 Componente *Game Engine*

Para além das fundamentais implementações referentes à componente sonora e à componente motora, que serão discutidas com maior detalhe nas próximas secções, foi necessário desenvolver diversos recursos no editor do Unity e através de *scripts* que puseram em funcionamento todas as dinâmicas do jogo, montando de forma coesa os seus vários elementos.

Para que o jogo oferecesse a possibilidade de seleccionar definições, escolha de níveis, a opção de pausar o jogo e de sair do mesmo, foi necessário desenvolver uma Interface Gráfica simples e acessível a pessoas cegas. Para tal, todos os elementos são apresentados com grande contraste, utilizando uma cor branca num fundo preto e simples, bem como letras de tamanho grande para que as pessoas amblíopes tenham mais facilidade em ler, tal como é possível observar na Fig 5.1. Para que as pessoas totalmente cegas possam desfrutar do jogo sem necessitarem de ajuda, todas as instruções e opções do jogo são apresentadas de forma sonora. Como forma de recolher o *input* do utilizador, o jogo deteta gestos como o clique e o duplo clique, utilizando-o essa informação como *trigger* para a interação com o jogo. É bastante proveitoso manter esta interação simples de forma a que o jogador se possa concentrar nas pistas auditivas que está a ouvir, para além de que se estiver a utilizar os equipamentos adequados, o Cardboard, o utilizador terá apenas de utilizar o botão presente na grande maioria destes dispositivos.

Uma ferramenta proporcionada pelo Unity que foi várias vezes utilizada ao longo do jogo foi a Timeline [24], na Fig.5.2 é possível observar um exemplo de uma timeline utilizada no BLIND ADVENTURE. Esta permitiu criar de forma organizada as chamadas *cut scenes*, que consistem em cenas cinematográficas que servem essencialmente como forma de inserir elementos de história importantes para o contexto do jogo. No caso do BLIND ADVENTURE foram usadas para todas as fases de história. Assim foi possível inserir diversas faixas e acompanhar e manipular a evolução dos diversos elementos ao longo do tempo. Os tipos de faixa utilizados no contexto desta dissertação foram as faixas de áudio (às quais é possível agregar uma fonte sonora, podendo assim definir diversos parâmetros do som, como volume) e faixas de ativação. Estas faixas de ativação, como o nome sugere servem para ativar um objeto ao qual estão associadas, estes objetos podem possuir eventos sonoros, ou podem possuir algum *script*, funcionando, portanto, como *trigger*. Isto gera uma grande liberdade criativa, dando a possibilidade de criar diálogos dinâmicos e de existir interação entre os momentos de exposição de história e o jogador.



Figura 5.1: Imagem representativa da Interface Gráfica do BLIND ADVENTURE

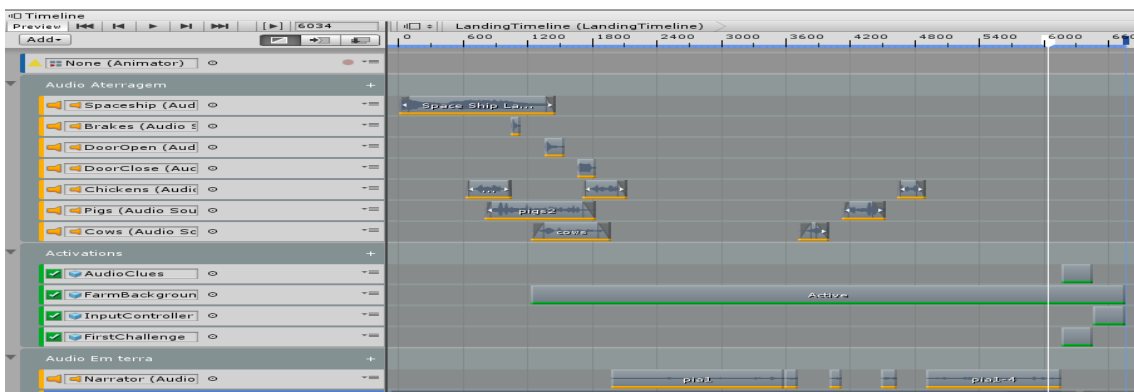


Figura 5.2: Timeline criada no programa Unity e utilizada numa das fases do jogo BLIND ADVENTURE

Ao longo de todo o jogo foi necessário que alguns dos personagens não jogáveis se fossem deslocando, tanto para acompanhar o progresso do jogador, como para guiá-lo. Desta forma foram desenvolvidos dois *scripts* que foram reutilizados diversas vezes, um para permitir criar um caminho predefinido, e outro para descrever o comportamento do objeto quando este percorresse o caminho respetivo. O primeiro permitia definir propriedades como: o tipo de percurso (cíclico ou linear), a direção do movimento, os diversos pontos pertencentes ao percurso e qual o ponto seguinte. Já o segundo *script* permite manipular a forma como o objeto se desloca até ao próximo local (se é transportado instantaneamente de um ponto para o outro, se se desloca a uma velocidade constante, ou se esta vai aumentando conforme a distância percorrida, permite também definir as velocidades de deslocamento, e as distâncias mínimas para que o ponto destino seja considerado como atingido. Permitia também que fossem inseridos outros elementos ao percurso, como pistas ou *feedback* sonoro. Estas ferramentas permitiram poupar tempo de desenvolvimento, bem como possuir uma plasticidade de opções ao criar estes tipos de percurso. O exemplo mais recorrente, foi a criação do caminho a ser percorrido pela personagem *Pia*, que se apresenta como a companheira de viagem do jogador, guiando-o através do mapa.

Foi também necessário definir diversos objetos de jogo que funcionaram como destino/objetivo do jogador. Assim, foi necessário que certos objetos possuíssem características físicas de colisão, que detetam quando o próprio objeto entra em contacto com o objeto alvo, neste caso, o jogador. Houve uma tentativa de ajustar o tamanho dessa área que seria capaz de acionar comportamentos, de forma a que o jogador tivesse de se aproximar da posição do seu objetivo, mas que não necessitasse de ser totalmente preciso, visto que isto acarretaria uma dificuldade extrema para as crianças. Estas sentiriam que estavam a localizar corretamente, mas não teriam sucesso nas suas ações, podendo provocar um efeito contraproducente e causar uma frustração nos jogadores.

Também na transição entre as diversas cenas do jogo, e entre os vários menus, houve um cuidado em fornecer um *feedback* sonoro enquanto os elementos necessários são carregados, para que o jogador não fique com a sensação de que existe algum problema com o jogo, ou de que fez algo de errado.

### 5.3 Componente Sonora

Se analisarmos o panorama atual no desenvolvimento de jogos eletrónicos, é possível afirmar que a componente de áudio tem cada vez mais importância e que quase todos os grandes títulos de mercado têm uma trilha sonora sofisticada e de alta qualidade. Isto confere uma imersão que melhora a experiência dos jogadores e é ainda mais importante quando o som é tudo o que o jogador tem para entender o jogo que está a jogar.

Tendo tudo isto em consideração, existiram uma série de preocupações aquando do desenvolvimento, nomeadamente:

- Os sons escolhidos para integrar o jogo deveriam ser realistas de forma a criar uma ambientação imersiva e agradável de jogar;
- Para além de realistas, os sons teriam de ter uma fonte sonora facilmente reconhecida por crianças cegas, ou seja, foram evitados, por exemplo sons de objetos muito antigos, pois existe uma grande probabilidade de que as crianças nunca tenham tido contacto com esse tipo de objetos, não tendo nenhuma ideia ou imagem mental acerca do seu aspeto, nem nenhuma referência de qual o som que esse objeto emite;
- A trilha sonora e todos os sons de plano de fundo não deveriam ser demasiado simples, para evitar produzir momentos monótonos e aborrecidos, porém, deveria existir uma preocupação em não sobrecarregar em demasia o jogador, entregando conjuntos de sons demasiado complexos, a ponto de impossibilitar a identificação e localização dos diversos sons;
- Os sons deveriam conferir uma componente espacial ao jogo que permitisse uma sensação de realidade virtual, de forma a possibilitar e estimular o jogador a orientar-se e mover-se no espaço, tendo novamente a preocupação de não sobrecarregar o jogador com elementos muito complexos.

Quanto à escolha dos sons utilizados no jogo, estes podem dividir-se em três categorias [40] principais conforme a sua fonte e o seu objetivo no jogo, são elas:

- **Música:** esta categoria inclui todos as músicas e trilhas utilizadas como fundo no jogo, estes podem não ser necessariamente músicas, mas apenas conjuntos de sons que criam a ambientação de fundo do jogo.
- **Sons:** nesta categoria entram todo o tipo de efeitos sonoros, sejam objetos dos cenários, objetos com os quais o jogador interage ou sons do sistema.
- **Vocais:** os sons que integram esta categoria são o elemento essencial de diálogos entre personagens, geralmente gravados por pessoas, são utilizados em *cutscenes* ou cenas introdutórias.

Considerando o contexto e objetivo do *BLIND ADVENTURE* optou-se por utilizar, na maior parte das vezes, sons naturais ao invés de artificiais, como por exemplo sons de animais ou da natureza, utilizando apenas sons artificiais para representar objetos de cariz tecnológicos como a nave espacial que os personagens utilizam. Esta escolha deriva do facto de, por um lado, sons naturais serem mais facilmente identificados, por serem mais comuns, e por outro lado, por este tipo de som conferirem um maior relaxamento por parte do jogador, tornando a experiência mais feliz e descontraída.

Quanto aos efeitos sonoros utilizados, estes dizem respeito, na sua grande maioria a interações por parte do jogador com os objetos do cenário, também por uma questão de familiaridade foram escolhidos objetos com grande probabilidade de existirem no quotidiano das crianças. A introdução deste tipo de sons tem um carácter extremamente importante considerando que são a principal forma de *feedback* aquando o input ou interação do jogador. Tendo em conta que estes não podem contar com elementos gráficos para entregar certos tipos de informação, o facto de conseguirem ouvir uma resposta direta às suas ações torna a experiência de jogabilidade muito mais real, um exemplo muito comum deste tipo de interação consiste no som dos passos quando o personagem/jogador se desloca.

Tanto os efeitos sonoros como os conjuntos de sons ambiente foram feitos através de clipes de sons disponíveis de forma gratuita na Internet, no entanto, muitos deles sofreram diversas alterações através de um processo de edição, em especial os ambientes de fundo que resultaram da combinação e interação de diversos sons distintos, exigiram um cuidado na sua mistura, de forma a criar um equilíbrio agradável e, mais uma vez, evitar a monotonia. A forma como esta edição e mistura foi efetuada será detalhada de forma mais completa ao longo deste documento.

Os sons vocais têm também um papel principal neste jogo, e estão presentes em diferentes momentos. São o primeiro som que o jogador ouve quando inicia o jogo, quando é feita a introdução a todos os passos necessários para iniciar a sua aventura, e estão constantemente a acompanhar o jogador ao longo do seu progresso, dando todo o tipo

de indicações de sistema e de interface do utilizador. Durante o modo de história os sons vocais estão presentes tanto sob a forma de um narrador (que contextualiza toda a história para o jogador) como sob a forma de personagens que dão emoção à trama e permitem transições entre diferentes tipos de cenas e de objetivos. Estes sons foram pensados exclusivamente para o *BLIND ADVENTURE* e foram todos gravados por diferentes pessoas reais, isto permite criar uma maior empatia com o jogador e oferece um carácter único a cada personagem. Também as indicações de sistema foram gravadas pois verificou-se que não existia um *software* de *text to speech* competente o suficiente para entregar a mesma sensação de realismo. Estes sons, apesar de serem originais, necessitaram de ser editados de forma a melhorar a qualidade do som para, por exemplo, reduzir ruídos de fundo (mais sobre este assunto na 5.3.2).

Para além desta categorização, todos os tipos de sons referidos anteriormente podem ainda ser classificados como diegéticos ou não diegéticos. Sendo que o termo diegético se refere a sons que são visíveis na tela e não diegético refere-se a sons que são adicionados à cena sem serem visíveis. Como estamos a considerar um jogo sem componente gráfica, são considerados sons diegéticos aqueles que fazem ativamente parte da cena, por exemplo, relativamente a sons vocais, estes podem ter a sua origem no diálogo entre duas personagens, sendo por isso diegéticos, ou podem ser introduzidos sob a forma de um narrador, entregando informação em voz *off* sendo por isso considerados não diegéticos.

Quanto à espacialização dos sons, esta teve de ser usada com alguma moderação, pois quantos mais elementos auditivos espaciais existem simultaneamente no cenário, mais difícil se torna identificar e localizar cada um deles individualmente. Por isso mesmo, quando é requerido ao jogador que localize determinados sons de forma a progredir no jogo, estes sons são colocados de forma a se destacarem do resto do ambiente, sendo normalmente os únicos a serem espacializados. Quando o jogador está no modo de exploração, onde o único som que precisa de ser localizado é a voz de uma personagem, destacando-se assim mais facilmente por ser familiar e único, o ambiente apresenta então mais alguns elementos com elementos espaciais, nomeadamente através da utilização de HRTFs e de *panning* (técnica que consiste na distribuição de um sinal sonoro num canal *stereo* ou multicanal [25]), que permite explorar sons no eixo azimute, aquele no qual o ser humano tem maior facilidade de localizar fontes sonoras. A implementação destes elementos será também ela explicada mais detalhadamente numa próxima subsecção.

### 5.3.1 Espacialização

A espacialização de sons no jogo *BLIND ADVENTURE* apresenta-se como uma das características mais importantes no contexto desta dissertação. É através dela que se torna possível transformar aquilo que, de outra forma, seria apenas uma exposição de informação através de sons, numa atividade lúdica e divertida que permite aos jogadores interagirem com o jogo. A espacialização vai colocar os sons no espaço, estimulando os jogadores a utilizarem as suas capacidades de orientação espacial a fim de localizarem

os sons, bem como as suas capacidades de mobilidade para que possam cumprir com os desafios apresentados. Esta técnica aumenta assim as potencialidades de aprendizagem de uma atividade divertida, enquanto surge como uma forma subtil de incentivar o combate ao sedentarismo, um problema cada vez mais preocupante, e que pode afetar com mais destaque as crianças invisuais e amblíopes, se estas não possuírem capacidades de orientação e mobilidade adequadas.

Em termos de implementação, tendo em conta que foi tomada a decisão de utilizar o dispositivo de realidade virtual Carboard, escolheu-se utilizar a ferramenta de espacialização de sons *Resonance Audio* [26], desenvolvida pela mesma empresa, a Google. Com isto pretendia-se que houvesse o máximo de compatibilidade entre ambas para além de que esta possuía vantagens como o facto de ser totalmente *open source* e de possuir um SDK compatível com o motor de jogo Unity.

Para atingir o nível de espacialização esperado de forma a gerar um ambiente o mais possível que contribua para a imersão dos jogadores existem dois componentes chave que devem ser tidos em conta, a direção de uma fonte sonora e a distância a que esta está do recetor. Como referido na secção de enquadramento teórico, os sons que ouvimos são transformados de acordo com a forma geométrica do nosso corpo e das orelhas, conforme a direção das fontes sonoras. E são estes diferentes efeitos que estão na base daquilo que usamos para localizar um som, os HRTFs.

Para que estes HRTFs possam ser aplicados digitalmente, estes necessitam de ser capturados. Para tal, o método mais preciso e utilizado consiste em colocar um par de microfones nos ouvidos de um determinado individuo, e colocar este individuo numa câmara anecoica (uma sala sem qualquer eco, projetada para conter reflexões de ondas e completamente isoladas de fontes externas de ruído [27]). São então reproduzidos diversos sons de todas as direções, que são captados pelos microfones. O som original e os capturados são então comparados e o HRTF adequado é computado. Idealmente, cada individuo deveria utilizar um conjunto de HRTFs personalizado que fossem de encontro às características físicas de cada um, no entanto, este processo de captura de HRTFs é muito dispendioso, tanto a nível de dinheiro pois requer tecnologia de ponta, como a nível de tempo, pois têm de ser efetuadas inúmeras gravações para obter os resultados esperados. Posto isto, e tendo em conta que os HRTFs de cada um são suficientemente similares para que um conjunto genérico seja o suficiente para a maior parte dos cenários. Para tal existem diversas bases de dados com conjuntos de HRTFs que estão disponíveis publicamente, no caso do *BLIND ADVENTURE* foi utilizado um conjunto de HRTFs personalizado que foi derivado da base de dados SADIE, capturada pela *University of York* [28].

Sendo que o conjunto de HRTFs está disponível, e que a posição da fonte sonora é definida é então efetuado um filtro dos sinais tanto do canal esquerdo como do direito de forma a que o sinal resultante simule que o som tem origem de uma direção/ângulo específico. É importante referir que tendo em conta que os HRTFs consideram a geometria do corpo dos jogadores, é essencial que este utilize auscultadores de ouvido para que a

espacialização seja bem executada, caso contrário dois conjuntos de HRTFs são aplicados aos jogadores, o conjunto simulado e o conjunto real inerente aos seus corpos.

Apesar dos HRTFs serem algo que naturalmente usamos para localizar sons, e de serem uma grande ferramenta para conseguir implementar a espacialização de fontes sonoras, estes podem não ser suficientes para localizar um som com precisão. Nessas ocasiões a solução mais fácil é utilizar os movimentos da nossa cabeça para nos auxiliar a localizar sons, isto porque ao virar a cabeça é possível resolver ambiguidades de direção como frente/trás visto que estes passam a pertencer ao plano azimute, aquele que melhor estamos preparados para identificar. Para além da sua importância natural na localização de fontes sonoras, a alteração dos sons quando ocorre um movimento da cabeça é o resultado que todos os jogadores estão à espera quando estão num ambiente imersivo, este é o principal argumento para a utilização do dispositivo de realidade virtual Cardboard, pois este permite rastrear os movimentos da cabeça dos jogadores e portanto aplicar as alterações necessárias aos sons que este escuta.

Como referido, para atingir uma espacialização realista é necessário ter em conta a direção e a distância de um som. Os HRTFs são uma excelente ferramenta para identificar a direção de um som, no entanto, estes não influenciam a nossa percepção de distância de uma fonte sonora. Na implementação deste jogo, o fator utilizado para conseguir que os jogadores consigam inferir a distância de um som foi o volume. O volume de um som é a pista de distância mais óbvia e mais fácil de identificar (um som mais perto do recetor irá atingi-lo com uma sonoridade mais elevada), no entanto, esta pode também induzir em erro quando o recetor não possui uma referência do som que está a ouvir, podendo julgar erradamente o quanto o som diminuiu em volume e, assim, estimar mal a distância. Para combater isto foram utilizados sons comuns no nosso quotidiano ou que são frequentemente referenciados, de forma a minimizar o risco de que o som surja como desconhecido para os jogadores. Surgiram ainda assim algumas fontes sonoras sintéticas ou desconhecidas, no entanto estas não foram espacializadas ou não constituíam uma peça fundamental para que os jogadores progredissem no jogo.

O jogo inicia com o pequeno modo de tutorial onde os jogadores vão encontrar o primeiro som espacializado, a voz da personagem *Pia* que vai reproduzir algumas falas em cada uma das direções (esquerda, direita, frente e trás), indicando qual a direção respetiva, desta forma os jogadores terão desde início um exemplo de como o som pode variar no espaço. Foi tomada a decisão de apresentar a voz da personagem como o primeiro som, pois esta vai acompanhar os jogadores ao longo de todo o jogo, sendo um som necessário de localizar a cada fase de exploração.

No primeiro desafio, os jogadores são expostos primeiramente ao modo de história. Neste, apesar de não existir interação por parte dos jogadores, ou seja, estes não necessitam de se orientar ou mover para completar nenhum objetivo, são utilizados sons espaciais. Estes sons servem como “cola” no sentido em que tornam toda a narrativa do jogo mais coesa, contribuindo para um ambiente mais rico, real e imersivo. Tendo em conta que estes sons surgem apenas como sons de ambiente e como forma de contextualizar os



jogadores, foi utilizada a técnica de *panning*, que consiste em distribuir o sinal sonoro, direcionando-o para a esquerda, para o centro ou para a direita. Desta forma foi possível obter o mesmo tipo de resultados satisfatórios, sem sobrecarregar os jogadores. Quanto à fase de desafio, esta consiste em localizar um baú no plano azimute (através de HRTFs) que está fixo num determinado ponto utilizando um detetor de metais. Este reproduz um som de bip, breve e ritmado que sofre alterações conforme a distância dos jogadores ao alvo, nomeadamente o seu tom que é gradualmente aumentado com a diminuição da distância. Este efeito foi inserido para que o jogador tenha uma maior familiaridade com o processo de compreender se o seu objetivo está a ficar mais ou menos distante, enfatizando assim as pistas auditivas utilizadas por padrão na espacialização.

No segundo desafio, em que o jogador tem de apanhar o número máximo de moedas antes de terminar o tempo limite, existe novamente um único som espacializado, através de HRTFs, o som de uma moeda a girar. Este som, no entanto, vai ser reproduzido numa posição diferente (essas posições são escolhidas aleatoriamente dentro de uma área limite, de modo a que nunca seja escolhida a mesma posição que o jogador ocupa naquele momento) a cada moeda, ou seja, existem alterações tanto no eixo do azimute como na distância à fonte sonora, obrigando os jogadores a localizarem o som de forma rápida e a ajustar a sua posição a cada instante.

No terceiro desafio existem dois grupos de sons que são espacializados através de HRTFs, no primeiro grupo está a voz de uma personagem que durante todo o período do desafio está a cantarolar diversas músicas, e no segundo grupo está um conjunto de cinco objetos, cada um deles com um som distinto (uma caixa de música, um som de eletricidade/voltagem, um balão a encher e esvaziar, vários grãos de areia a serem despejados e uma dentadura), que são reproduzidos à vez. Os objetos são então gerados em pares, um de cada grupo (no primeiro grupo é sempre o mesmo objeto mas considera-se que quando é gerado, este assume uma nova posição no jogo), e para cada par os jogadores têm de deslocar até ao objeto do grupo dois e de seguida deslocar-se para o do grupo um, quando tiver sucesso nestas ações, um novo par de objetos é gerado. Tal como anteriormente existe uma área limite para cada grupo no qual os objetos podem, de forma aleatória, surgir. De modo existe novamente uma variação no eixo do azimute e da distância por parte das fontes sonoras. De referir também que, como cada par de objetos é reproduzido em simultâneo, a forma que o jogador tem de distinguir qual o seu objetivo atual é o volume dos sons provenientes de cada objeto, sendo que o objetivo tem uma prioridade maior e, portanto, apresenta um volume superior.

Por fim, no quarto desafio o foco é principalmente nos movimentos executados pelos jogadores e pelo seu tempo de resposta, desta forma foi reduzida alguma da complexidade em termos de localização de fontes sonoras. Estas reproduzem todas os mesmos sons (uma sequência de bips, sendo que o último é o som alvo) e foi apenas utilizada a técnica de *panning* para que os jogadores tivessem de identificar a origem do som no eixo azimute, sendo que neste caso os sons viriam apenas diretamente do lado esquerdo ou do lado direito.

Para além dos sons utilizados nos desafios propriamente ditos, foi também aplicada a espacialização de fontes sonoras nas fases intermédias que ligam os diferentes desafios. Em todas as fases de exploração os jogadores necessitam de identificar a localização da personagem secundária *Pia* e de se deslocarem até ela, visto que esta serve de guia para os jogadores durante todo o jogo, para tal são aplicados os HRTFs. Não só a voz desta personagem é reproduzida durante as fases de exploração, mas também uma variedade de sons de fundo e de ambiente, que ajudam a criar uma maior imersão, são de certa forma espacializados. Estes não utilizam a técnica de HRTFs que foi discutida anteriormente, pois os jogadores não necessitam de identificar com precisão a sua posição, no entanto, foram usadas variações de volume para dar a sensação de que alguns sons provinham de uma posição mais distante (como por exemplo um rio a correr ao longe), bem como variações aleatórias do lado (esquerda ou direita) utilizando novamente o *panning*.

### 5.3.2 Edição e Mistura de Sons

Tendo em conta que a única forma dos jogadores recolherem informação acerca dos elementos do jogo é através de sons, a utilização de diversos sons simples e complexos, e a forma como estes interagiram uns com os outros foi um dos grandes focos do desenvolvimento. Tudo isto para poder criar ambientes acessíveis e de fácil compreensão para o jogador, que tornaram o jogo mais realista e divertido. Para tal foram utilizadas diversas técnicas e recursos de edição de sons para equilibrá-los de forma a que todos tivessem o espaço adequado à sua prioridade e para que estes pudessem ser identificados pelo utilizador.

Um dos recursos mais utilizados para entregar informações importantes para o jogador, sejam estas acerca do funcionamento do jogo e modo de jogar, sejam acerca do contexto do jogo propriamente dito foi a utilização de falas. Estas apareceram de diversas formas, quer através da voz do narrador quer através da dos personagens. Para tal foi efetuada uma gravação prévia da voz de diversas pessoas que interpretaram o de todo o roteiro do jogo.

Idealmente, esta gravação deveria ocorrer num estúdio profissional, montado com este objetivo de forma a obter a melhor qualidade sonora possível, no entanto, devido às limitações do equipamento disponível, nomeadamente da acústica da sala e do microfone utilizados (o microfone utilizado foi o dos *headphones* Plantronics GameCom 780 [29]), foi necessário passar todos os clipes por um processo de edição para otimização do som.

Para efetuar este processo foi utilizado o já referido *software* Audition, devido às diversas ferramentas e à qualidade dos resultados quando utilizado no processo de remoção de ruído de um som. Para efetuar este processo foi inicialmente analisada a visualização gráfica tanto do espectro de frequências como do espectro de ritmos/tons. Na Fig. 5.3 está um exemplo de uma gravação de voz, Após observação foi verificado que é possível identificar facilmente aquilo que poderá ser considerado ruído e aquilo que poderá ser considerado conteúdo.

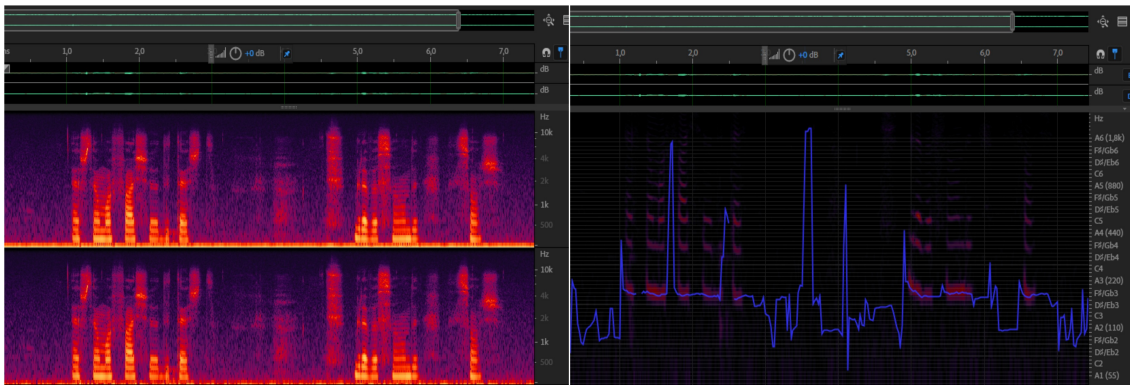


Figura 5.3: Do lado esquerdo o espectro de frequências e do lado direito o espectro de ritmos/tons

De forma a remover o ruído foi criada uma impressão do ruído de captura, que consiste num modelo do ruído. Uma técnica muito simples, e que foi utilizada, de forma a garantir que existe um período constituído de ruído é esperar alguns segundos em silêncio antes de começar a declarar a fala. Desta forma é possível obter uma amostra do ruído captado pelo microfone (este ruído pode ser proveniente de ventilação, equipamentos eletrónicos ligados, ou até a respiração do locutor). A partir do momento em que a impressão de ruído foi feita, é possível utilizá-la para filtrar a faixa de áudio em questão. Isto é feito comparando a frequência em *Hertz* e o volume em decibéis a cada momento e removendo os instantes em que os fatores na gravação coincidem ou ficam abaixo do limite obtido na impressão de ruído. Para além deste ruído de fundo constante que é captado pelo microfone, ocorriam também diversos outros pequenos ruídos ocasionais provocados pela fala do locutor e que são praticamente impossíveis de evitar quando falamos, nomeadamente pequenas inspirações ou expirações e leves pancadas ou movimentações do microfone (o equipamento utilizado estava acoplado à cabeça do locutor). Assim sendo, e de forma a obter a melhor qualidade possível nos sons apresentados do jogo, esse tipo de ruídos foram identificados e retirados manualmente.

Por fim, todas as faixas de gravação de voz passaram por uma revisão e um processo de aparação, de forma a reduzir silêncios demasiado longos, hesitações ou pausas desnecessárias, para deste modo tornar as falas dos diversos personagens o mais dinâmicas e fluidas possível.

Todos os passos acima descritos foram utilizados em todas as faixas de gravação de voz, com o objetivo de torná-las o mais “limpas” possível. No entanto, algumas gravações necessitaram de mais algum trabalho, de forma a criar o resultado pretendido. Um dos desafios do jogo é passado numa caverna, logo foi necessário criar um efeito semelhante àquele que encontramos numa caverna real, para que quem ouve consiga facilmente identificar o local onde está. Para tal, tanto o som ambiente deste desafio como as vozes nele presentes foram filtradas com um efeito de reverberação. Para além disso o jogador encontra um aparente vilão da trama e uma das abordagens escolhidas para tornar este

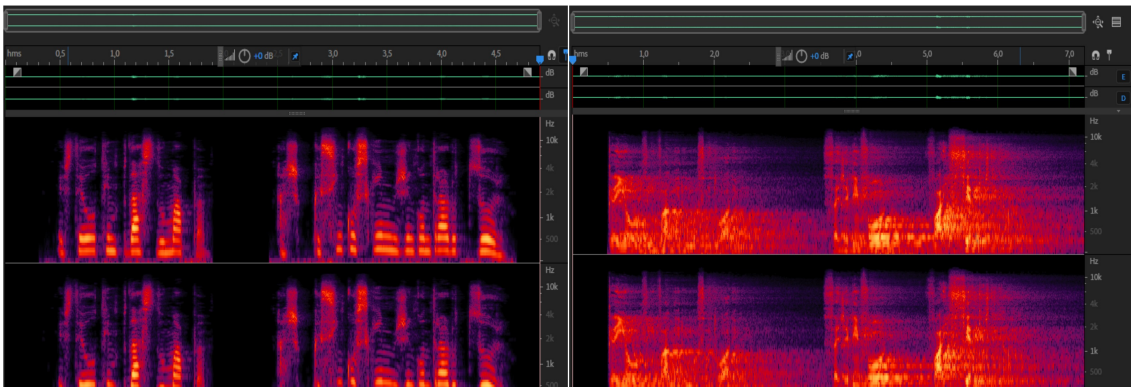


Figura 5.4: Do lado esquerdo o resultado de uma remoção de ruído e do lado direito o resultado de um efeito de reverberação

personagem mais imponente foi alterar a sua voz, tornando o seu tom mais grave, baixando um pouco a velocidade para dar um efeito arrastado e novamente utilizado um efeito de reverberação bastante acentuado. Na Fig. 5.4 é possível observar dois exemplos de faixas após o processo de edição descrito anteriormente.

O processo anteriormente referido tinha como objetivo editar os sons de forma a que estes apresentassem uma certa qualidade, no entanto, depois disso é fundamental colocar vários sons simultâneos de forma a criar ambientes ricos e reais. A implementação destes efeitos foi feita utilizando o misturador incorporado do Unity, bem como o programa anteriormente apresentado, FMOD.

Muitos dos sons que são utilizados no jogo foram implementados na forma de eventos sonoros, ou seja, o seu conteúdo sonoro é associado a uma determinada situação no jogo que vai então fazer com que estes sons sejam instanciados e controlado através do código do jogo. Estas faixas de som são então encaminhadas para um dos misturados criados no contexto do jogo, de forma a que o seu *output* possa ser manipulado.

Como estes eventos sonoros são instanciados, podem várias cópias de um único evento a serem reproduzidas em simultâneo. Isto é bastante útil porque possibilita utilizar um único evento em várias ocasiões semelhantes durante o jogo, como é o caso de eventos como andar e saltar. Um aspeto a ter em conta neste tipo de eventos é o facto destes se puderem tornar repetitivos e monótonos pois ocorrem com bastante frequência. Para combater isto foi necessário alterar diversos atributos dos sinais sonoros de um evento, de forma que se possa modificar durante o tempo de vida do evento ou quando necessário, criar uma certa aleatoriedade. Ou seja, diferentes instâncias de um único evento podem ter valores de propriedades exclusivos e produzir resultados diferentes a cada momento.

Isto foi aplicado a diversos eventos em propriedades como o volume e o tom de duas maneiras, através de um processo de automação e através de um processo de modulação. A automação permite alterar o valor da propriedade dependendo do valor de um determinado parâmetro, esta automação é representada por uma curva que pode ser modificada em diversos pontos de automação. Quanto ao processo de modulação, este foi



Figura 5.5: Exemplo de utilização de um modelador aleatório no parâmetros volume e tom no programa FMOD

efetuado utilizando o modulador aleatório e o modulador AHDSR. O aleatório, como o nome indica aplica um ajuste aleatório à propriedade em questão a cada nova instância do som associado ao modulador, sendo o intervalo de valores definido à partida. No jogo aqui desenvolvido este modulador foi aplicado diversas vezes ao volume e ao tom, tanto de instrumentos como de faixas. Na Fig. 5.5 é possível observar um exemplo de uma aplicação deste modulador.

O modulador AHDSR (Attack, Hold, Decay, Sustain, Release) por sua vez, funciona aplicando um envelope à propriedade associada, ou seja, quando o evento é reproduzido, o valor da propriedade é aumentado do valor inicial para o valor especificado durante um intervalo de tempo definido pela propriedade de ataque. Em seguida, esse valor é mantido por período definido pela propriedade de suspensão do modulador e aumenta para o valor especificado pela propriedade de sustentação durante um intervalo de tempo igual à propriedade de decaimento. Se a qualquer momento o instrumento ou evento associado for parado, o valor atual da propriedade irá diminuir para o seu valor mínimo durante um período especificado pela propriedade de liberação do modulador. As atribuições das propriedades deste modulador podem ser observadas no exemplo da Fig. 5.6 que dizem respeito ao volume de um determinado som ou conjunto de sons.

Para além das propriedades comuns a todos os eventos como o volume e o tom, foram também definidos parâmetros manualmente, sendo que para cada um deles foi escolhido o seu nome e o seu intervalo de valores. Um exemplo utilizado no *BLIND ADVENTURE* foi a criação de um parâmetro que representava a vida do jogador num determinado desafio. Esse parâmetro foi automatizado de forma a que o volume de um evento se alterasse para refletir o seu valor. Esta automação pode ser observada na Fig. 5.7.

Para garantir que os diferentes eventos do jogo se encaixam de forma harmoniosa em termos de volume e espectro de áudio foi também necessário proceder à mistura dos diversos sons. Esta consiste no ajuste dos níveis de volume em eventos específicos ou em grupos de eventos. Foram também utilizados diversos *snapshots*, sendo que estes consistem num método de selecionar uma lista de várias propriedades que se pretendem

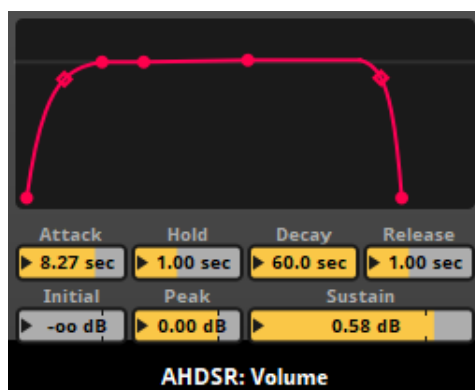


Figura 5.6: Exemplo de utilização de um modelador AHDSR no parâmetro volume no programa FMOD



Figura 5.7: Exemplo de utilização de uma automação no parâmetro personalizado, vida, no programa FMOD

manipular, e especificar os novos valores destas que são aplicados quando a *snapshot* é ativado e, portanto, reproduzido. Estes foram ativados através do sistema de colisões do motor de jogo e manualmente através do código do jogo.

Uma técnica utilizada que permite um nível de controlo adicional sobre o comportamento de saída dos sinais sonoros, foi o agrupamento de eventos em grupos específicos dentro misturador, roteando-os, por exemplo, para uma determinada faixa de saída. Esses grupos permitem aplicar efeitos mútuos a diversos eventos em simultâneo. Um exemplo da utilização destas técnicas nesta dissertação foi a gestão dos sons conforme a vida do personagem controlado pelo jogador. Para tal foi criado de um grupo de eventos que seriam afetados pela perda de vida do jogador e foi criado um *snapshot* que alterava os valores do volume e do equalizador de frequências (baixas, médias e altas) de forma a que os sons soassem abafados um com um volume menor quando a vida do jogador assumia um valor inferior ao *threshold* anteriormente definido, acionando assim o *snapshot*.

## 5.4 Componente Motora

Analisando agora a implementação de toda a componente motora, e isto diz respeito a todo o input por parte do utilizador que requer a movimentação de alguma parte do seu corpo, existiriam diversas preocupações que influenciaram as decisões tomadas e o resultado desenvolvido, são elas:

- O facto de o jogo poder ser jogado no interior de casas, o que confere um espaço limitado ao jogador, o que por um lado influencia as decisões de implementação, e por outro lado influencia o desenho da solução, pois este deve ter em consideração, não só mas também, questões de segurança do jogador (em especial se considerarmos que este irá jogar sem que haja uma supervisão por parte de um responsável).
- Como a plataforma alvo são *smartphones* com o sistema operativo Android, montados num dispositivo Cardboard, existe uma limitação física dos resultados que os sensores destes aparelhos conseguem produzir.
- Tal como no caso dos sons, também os movimentos integrados no *BLIND ADVENTURE* devem ser familiares e facilmente reconhecidos por parte de crianças cegas, isto envolve movimentos que são habituais no seu dia a dia, mas que por questões de medo podem não ser muito trabalhadas ou estimuladas (como é o caso de simplesmente andar sem auxílio).
- Todos os movimentos, por mais simples ou familiares que sejam, devem ser integrados de forma gradual e contextualizada por forma a motivar as crianças a libertarem-se e descontraírem, imergindo na experiência proporcionada pelo jogo, e deixar os seus medos de lado.

Um dos sensores dos *smartphones* mais comumente utilizado por diversos tipo de aplicações é o sistema GPS, no entanto, este tem uma margem de erro de cerca de 20 metros, e é apenas eficaz em fornecer localizações ao ar livre, visto que uma vez que no interior as micro-ondas são atenuadas e espalhadas pelos diversos obstáculos como telhados e paredes, não sendo, portanto, uma escolha apropriada para o jogo desenvolvido.

No contexto desta dissertação foram usados dois sensores, que têm sido cada vez mais requisitados no panorama de jogos atual, especialmente com o desenvolvimento do mercado de realidade virtual. Esses sensores são o acelerómetro e o giroscópio. O primeiro é responsável por detetar e controlar a movimentação do dispositivo e a sua aceleração linear, baseando-se num sistema de eixos x, y e z e permitindo, por exemplo, registar o número de passos dados pelo utilizador; este sensor também é capaz de fornecer informação relativa à direção do aparelho, controlando assim a orientação do dispositivo (modo retrato e modo paisagem). O giroscópio, por outro lado, devolve resultados independentes da gravidade e mede a velocidade angular utilizando um sistema de três eixos *azimuth*,

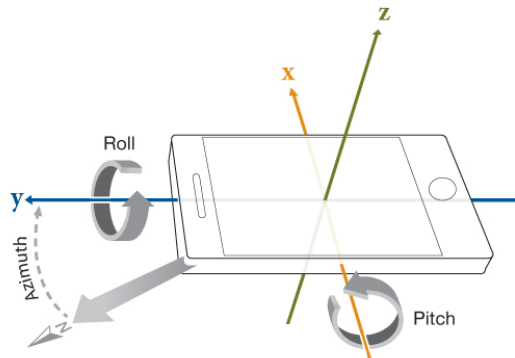


Figura 5.8: Representação dos eixos espaciais utilizados pelos sensores acelerómetro e giroscópio (Fonte: [30])

*pitch* e *roll* (Fig. 5.8) e é utilizado para medir as rotações do dispositivo servindo portanto como referência de direção, mas não de posição. O jogo utiliza e processa as várias medições dos dois sensores de forma a obter uma informação o mais completa possível relativamente à posição, direção, velocidade e aceleração dos movimentos executados pelo utilizador.

Como dito anteriormente, a utilização do Cardboard permite que o *smartphone* assuma uma posição mais estável pois um dos eixos é fixado. Este facto é de extrema importância pois os sensores dos telemóveis atuais são muitas vezes de baixa qualidade, o que pode produzir valores errados ou com baixa precisão, e quantos mais eixos forem lidos, mais valores são considerados e mais erros são introduzidos nos resultados. Para além disso, a posição do *smartphone* acaba por corresponder à posição da cabeça do utilizador de forma que é possível acompanhar os seus movimentos providenciando uma experiência espacial mais realista e imersiva.

A primeira funcionalidade motora implementada, e a mais fundamental no que a realidade virtual diz respeito é precisamente esta simulação de movimentação da cabeça no jogo. Como o jogo desenvolvido não possui gráficos nem componentes visuais, apenas é necessário adaptar as fontes sonoras, no entanto, do ponto de vista da implementação é necessário proceder da mesma forma.

Como o jogo é em primeira pessoa, a personagem que o jogador controla tem agregada a câmara principal do jogo, e é nesta câmara que estão, por sua vez, agregados os “ouvidos” virtuais do jogador. Para definir a rotação deste elemento, e, portanto, dos olhos e ouvidos do personagem, é necessário ler os valores disponibilizados pelo giroscópio do telemóvel em tempo real. Os ângulos desta rotação são medidos em graus e posteriormente os valores são aplicados à câmara.

Para além desta funcionalidade da câmara, também o desafio número quatro foi implementado fazendo uso dos valores lidos pelo giroscópio. Relembrando que neste desafio o objetivo é que o jogador utilize a movimentação do tronco e cabeça para a esquerda ou para a direita, de forma a evitar um determinado obstáculo, como podemos observar





Figura 5.9: Imagem representativa do movimento de andar)



Figura 5.10: Imagem representativa do movimento de desviar)

na Fig. 5.10. Neste caso, existe um determinado período dedicado a ler os valores dados pelo sensor, e após terminado esse tempo é verificado se o movimento foi ou não efetuado com sucesso. Para determinar se o movimento foi efetuado corretamente, foram efetuados diversos testes durante a implementação, de forma a definir qual o valor do ângulo numa posição inicial, ou seja, quando o jogador está direito. A partir desse valor foram definidos os limites de valores correspondente à extensão de ângulos que correspondem uma rotação para o lado esquerdo e direito, respetivamente, existindo uma zona em que se considera que não houve uma rotação significativa para ser considerada. Para além disso, para evitar que o jogador efetuasse movimentos aleatórios numa tentativa de forjar resultados, só se considera como sucesso quando o jogador apenas se desvia a direção correta, ou seja, se houver um desvio no sentido correto e outro no sentido errado, o movimento errado anula o movimento correto.

O segundo movimento é o de andar no mesmo local, tal como podemos observar na Fig. 5.9, para o detetar é utilizado o sensor acelerómetro. Para identificar o movimento, é feita uma análise do input no eixo Y (vertical). Basicamente quando caminhamos, os quadris efetuam um movimento com uma representação muito semelhante a uma onda sinusoidal. E é através desse princípio que as características do movimento e a sua velocidade são calculados, pois é possível identificar os diferentes picos no movimento que

correspondem aos momentos em que pousamos ou levantamos os pés do chão para executar um passo e verificar. À semelhança do movimento anterior, também é necessário que os valores recolhidos ultrapassem um certo *threshold* (determinado através de diversos testes durante a implementação) para serem considerados passos e não apenas movimentos aleatórios com a cabeça. De notar que embora o movimento parta dos nossos pés e pernas, todo o nosso tronco e a nossa cabeça espelham essa movimentação para cima e para baixo, e assim é possível ao acelerómetro detetar se houve ou não a execução de um passo.

Por último, existe também um desafio que requer ao jogador que este salte na vertical para alcançar um determinado objeto. Esta deteção do salto é também ela feita através da aceleração linear que o sensor deteta e funciona de forma semelhante à deteção do caminhar, no entanto, quando saltamos existe um maior impulso, o que resulta numa variação da aceleração mais significativa. Assim, como forma de diferenciar o ato de caminhar do ato de saltar, foram utilizados limites distintos, sendo o *threshold* utilizado para o salto, maior.

É importante salientar que os sensores disponíveis num telemóvel têm as suas limitações e embora consigam medir certas grandezas ou movimentações, não têm dados suficientes para identificar com clareza qual o movimento que originou certos valores recolhidos. Por exemplo, no movimento de andar, como explicado, é analisada a aceleração provada pelo movimento de sobe e desce que executamos quando damos passos, no entanto, é possível simular o movimento semelhante agarrando, por exemplo, o dispositivo com as mãos e movimentado estas para cima e para baixa com uma determinada velocidade. Ainda assim, acreditamos que com a utilização de um Cardboard esses movimentos forjados sejam mais difíceis de ser executados. Para além disso, todos os resultados e testes efetuados foram referentes a um dispositivo específico que foi usado no desenvolvimento do jogo, e que devido à grande variabilidade no tipo e qualidade dos sensores utilizados nos diferentes modelos e marcas de *smartphones*, os valores utilizados na implementação podem não ser os mais indicados em todos os casos, podendo, portanto, ser obtidos resultados ou comportamentos menos ideais.

## VALIDAÇÃO

Neste capítulo é explicado todo o processo necessário para recolher e analisar o *feedback* à cerca do jogo, bem como o estudo realizado como forma de averiguar o desempenho do jogo enquanto ferramenta de treino de orientação e mobilidade. Tendo em conta a natureza particular da criação de um jogo eletrónico, o processo de desenvolvimento não apresenta uma sequência linear, quer isto dizer que, considerando como fases principais o desenho, a implementação e os testes, estas vão-se revezando conforme as necessidades apuradas. Desta forma, foi imperativo testar frequentemente o jogo sempre que uma nova funcionalidade ou desafio era implementado, de forma a encontrar eventuais erros e corrigi-los antes de prosseguir na implementação. Para tal, e também como forma de averiguar se a os níveis de dificuldade eram adequados, tornando o jogo possível de ser jogado do início ao fim sem interferência dos programadores, foram feitos testes que são comumente designados no meio como testes *alfa*. Estes consistem em testes que são efetuados ao longo da implementação de forma a aferir se as funcionalidades da solução vão de encontro aos requisitos do desenho. Para proceder a estes testes, foram utilizados alguns jogadores adultos convidados, que experimentaram o jogo de forma a descobrir problemas de funcionamento, como por exemplo: áudios de difícil perceção, *bugs* no desenrolar do jogo, falas ou sons descontextualizados. Para além desta análise mais técnica, estes testes também serviram para identificar comportamentos frequentes e/ou emoções geradas pelo que o jogador estava a vivenciar no jogo, para além de permitir recolher as suas opiniões e preferências. Assim foi possível chegar a uma versão do jogo em que estes jogadores conseguiram terminar todos os desafios sem auxílio.

Estes primeiros testes resultaram numa versão do jogo sem *bugs*, o que permitiu que este fosse testado e validado por crianças. Para proceder a esta validação foram efetuadas duas fases de testes. A primeira foi feita com alunos normovisuais da Escola de Música do Centro de Solidariedade Social de Pinhal dos Frades, o que resultou numa amostra de dez

crianças de ambos os sexos, com idades compreendidas entre os oito e catorze anos. Na segunda fase foi utilizada a ajuda de crianças cegas e amblíopes do Centro Hellen Keller, o que resultou numa amostra de cinco crianças com idades compreendidas entre seis e dezassete anos. De forma a preservar o anonimato de todas as crianças que participaram nos testes, procedeu-se a uma identificação numerária destes que está, juntamente com a idade de cada participante e, no caso dos alunos da segunda fase, o seu grau de visão, indicada nas tabelas 6.1 e 6.2. Estas sessões tinham como principal objetivo tentar inferir se o jogo era bem recebido pelas crianças, e se este tinha o potencial de as motivar a enfrentar o medo do desconhecido e de se moverem ao mesmo tempo que se divertiam com a atividade. Para tal foram recolhidas diversas métricas nos diferentes desafios que descrevem o desempenho dos jogadores e foi também efetuado um inquérito como forma de obter a opinião e as sugestões de cada jogador.

ID	Idade
1	9
2	12
3	13
4	12
5	13
6	10
7	11
8	8
9	9
10	11

Tabela 6.1: Tabela com as idades de todas as crianças normovisuais (identificadas pelo ID) que participaram no estudo

ID	Idade	Grau de Visão
1	6	Baixa Visão
2	17	Cegueira
3	10	Baixa Visão
4	7	Cegueira
5	12	Cegueira

Tabela 6.2: Tabela com as idades de todas as crianças cegas ou amblíopes (identificadas pelo ID) que participaram no estudo

De referir que em todas as sessões foi feito um acompanhamento presencial por parte da equipa de desenvolvimento de forma a analisar o comportamento dos jogadores perante os diferentes elementos do jogo, identificando os momentos de maior dificuldade ou hesitação, de forma a utilizar estas observações para complementar as conclusões retiradas da validação do *BLIND ADVENTURE*. Quanto às condições de teste propriamente ditas, todas as crianças foram expostas ao jogo em iguais condições, de forma a que estas não influenciassem os resultados. Assim, nenhuma das crianças conhecia ou teve acesso

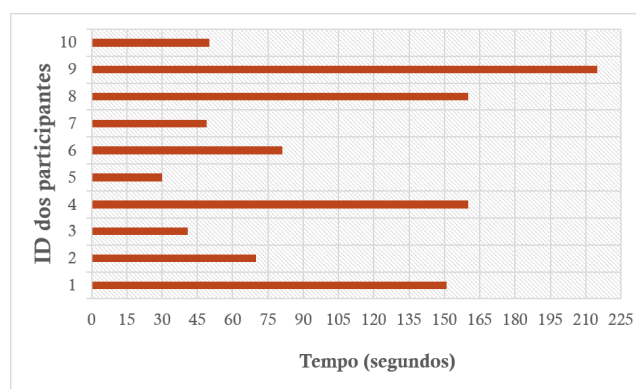


Figura 6.1: Resultados do tempo que cada um dos dez jogadores normovisuais necessitou

ao jogo antecipadamente, logo nenhuma delas possuía nenhum tipo de treino ou experiência com os desafios. Todos os participantes realizaram os testes numa sala fechada e sem interferência, utilizando o mesmo *smartphone* e os mesmos auscultadores, bem como o mesmo dispositivo de realidade virtual.

Devido às limitações de tempo foi necessário agilizar o processo, de forma a garantir que todos os participantes pudessem usufruir da história e completar todos os quatro desafios. Desta forma foi tomada a decisão de desativar o modo de exploração, ou seja, cada desafio foi disponibilizado individualmente e os jogadores transitaram automaticamente de um desafio para o seguinte. Para além disso também foi implementada a funcionalidade de ignorar a fase de história, isto provou-se especialmente útil para possibilitar que cada jogador jogasse o mesmo desafio várias vezes, sem que para isso tivesse de escutar toda a história novamente. No início de cada sessão, e apesar de todas as instruções referentes aos objetivos e movimentos necessários para completar os desafios estarem presentes no jogo, sob a forma de instruções sonora, foi dada uma contextualização aos jogadores. Assim estes tiveram alguns momentos para refletir na motivação de uma dissertação deste género e notou-se um espírito de cooperação em prol do avanço científico.

Analisando agora os resultados de cada um dos desafios do jogo, no primeiro desafio foi medido o tempo necessário para cada jogador ir de encontro ao objetivo (a fonte sonora alvo). Para além disso foram também guardados dados referentes à distância dos jogadores a essa fonte a cada 10 segundos, permitindo assim verificar se os jogadores estavam a progredir da forma esperada para o objetivo do desafio. No gráfico da Fig. 6.1 é então possível observar o tempo de cada jogador normovisual e no gráfico da Fig. 6.2 o tempo demorado por cada jogador invisual no desafio 1.

Observando estes resultados é possível notar que existem dois extremos de jogadores, uns que completam o objetivo com alguma facilidade e os que sentem bastante dificuldade. Ao comparar estes valores com os das tabelas 6.1 e 6.2 é possível verificar que existe uma relação entre a idade dos participantes e os seus resultados, sendo que os jogadores mais novos sentem mais dificuldades e os mais velhos mais facilidade. De forma a tentar

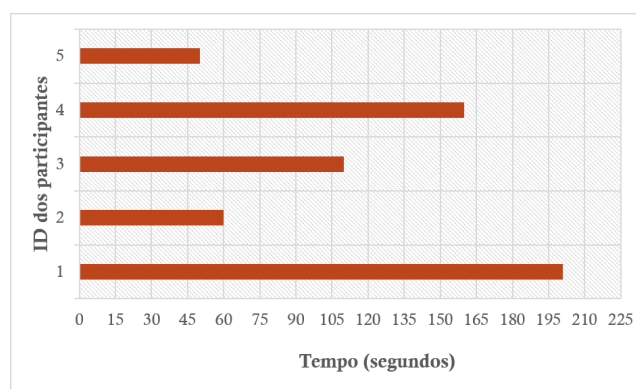


Figura 6.2: Resultados do tempo que cada um dos cinco jogadores invisuais necessitou

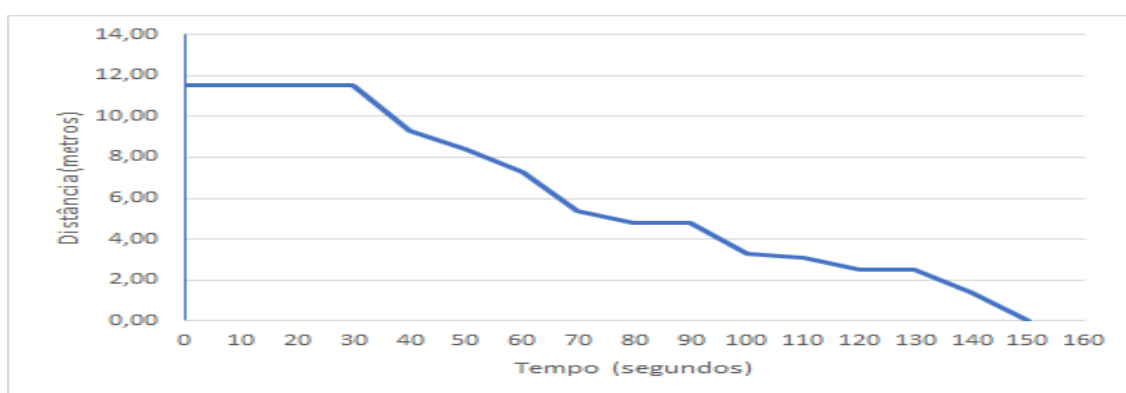


Figura 6.3: Resultados da distância para o objetivo no desafio 1, de um dos jogadores

compreender a exceção a este cenário foi utilizado o jogador normovisual número quarto como exemplo para análise, pois apesar de pertencer ao grupo dos mais velhos, teve resultados mais fracos. Na tentativa de perceber este caso foi feita uma análise ao *feedback* escrito do participante e foi constatado que este era o único pertencente ao grupo das crianças mais velhas que não era um consumidor regular de nenhum tipo de jogos, e que sentiu dificuldades de adaptação, este facto pode assim influenciar o à vontade com que as crianças enfrentam os desafios apresentados neste estudo.

Como forma de tentar compreender em que momento os jogadores com piores resultados estavam a ter maior dificuldade durante o desafio, foram analisados os dados referentes à distância dos participantes ao objetivo. No gráfico da Fig. 6.3 são apresentados os valores referentes a um dos jogadores nesta situação, no entanto, podemos tomar este caso como exemplo, tendo em conta que se analisarmos os restantes casos, todos apresentam um comportamento semelhante.

Se analisarmos esta figura podemos concluir que uma parte considerada do tempo que o jogador demorou a terminar o desafio foi gasto no início do mesmo, no entanto, a distância não se alterou nestes instantes. Estes dados vão de encontro com as observações realizadas pela equipa de desenvolvimento aquando a realização dos testes, nomeadamente, que algumas das crianças mais novas sentiam alguma hesitação quando o jogo

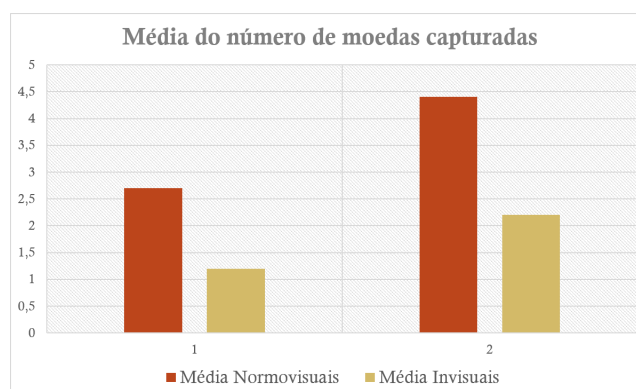


Figura 6.4: Resultados do número médio de moedas capturadas no desafio 2

começou, que só foi superada após algum incentivo. Este tipo de comportamento vai de encontro às motivações desta dissertação, mais precisamente, ao facto de existirem crianças que possuem temor do desconhecido e que dificilmente se irão mover em situações desconfortáveis ou em ambientes para elas desconhecidos, e que necessitam de um incentivo para enfrentarem os seus medos. No caso dos jogadores normovisuais, foi possível observar, durante as sessões de teste, que este tipo de hesitações deixou de ocorrer assim que os jogadores se começaram a envolver com o jogo. Quanto aos alunos normovisuais notou-se um maior cuidado na escolha dos seus movimentos, de forma a terem maior precisão, este é um fator que pode ter contribuído para os piores resultados em termos de tempo demorado.

No segundo desafio foi medido e analisado o número de moedas que os jogadores conseguiram capturar durante o tempo do desafio (este tempo é constante). Tendo em conta que este obstáculo apresentava um maior nível maior nível de dificuldade, e por ser de rápida execução, cada jogador teve a possibilidade de efetuar duas tentativas, os seus resultados médios podem ser observados na Fig 6.4.

A observação destes resultados indica que houve uma clara melhoria entre as duas tentativas. Esta constatação sugere que o jogo *BLIND ADVENTURE* pode ter um impacto benéfico no treino das capacidades de orientação e mobilidade de crianças, enquanto permite que as crianças se sintam motivadas e divertidas com o seu progresso no jogo.

Relativamente ao terceiro desafio, foi novamente medido o tempo que os jogadores demoraram a chegar a cada um dos objetos (cinco no total), e o tempo que demoraram a retornar à personagem do desafio. Por uma questão de melhor visualização dos dados, apenas foram considerados os tempos que cada participante demorou a capturar cada um dos objetos alvo. Na Fig 6.5 é possível observar a média de valores em segundos de cada um dos objetos. De notar que os objetos foram os mesmos para todos os jogadores e que se apresentavam a uma distância equivalente.

Estes resultados são novamente motivadores, visto que demonstram uma clara melhoria nos resultados médios obtidos pelos jogadores. É seguro afirmar que houve de facto

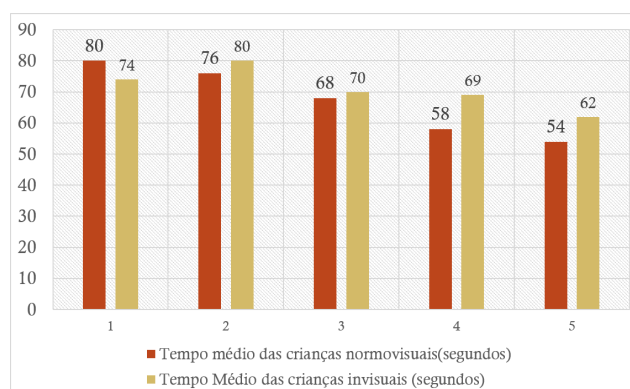


Figura 6.5: Resultados da média do tempo necessário para atingir cada um dos objetos alvo

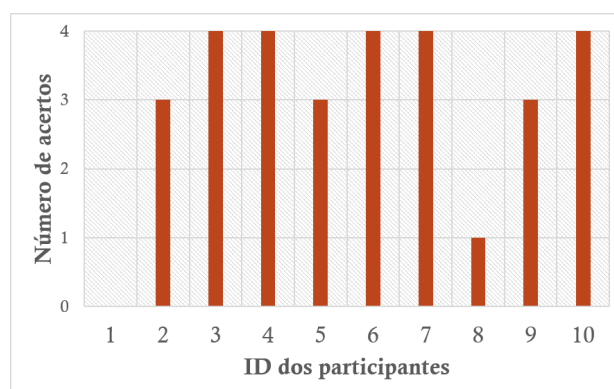


Figura 6.6: Resultados do número de movimentos efetuados corretamente por cada um dos participantes normovisuais

uma melhoria, pois os trajetos para cada um dos objetos manteve-se praticamente constante, ou seja, o nível de dificuldade do desafio não diminui, mas houve sim um aumento da eficácia por parte dos jogadores na localização dos sons.

Por fim, no desafio 4 foi medido o número de movimentos corretos que foram efetuados pelos jogadores, sendo que o número total de movimentos efetuados foi quatro. Na Fig. 6.6 é possível ver os resultados de cada um dos participantes normovisuais neste desafio, e na Fig. 6.7.

Como foi anteriormente referido neste documento, o quarto desafio tinha um maior foco na apresentação de um tipo de movimento novo, e, portanto, pretendia aferir a capacidade de reação dos jogadores para decidir que movimento deviam efetuar. Por isso mesmo este desafio pode ser considerado mais fácil, pois não requer tanto esforço na percepção da localização dos sons no espaço, isto pode explicar os resultados muito positivos obtidos. De notar que um dos jogadores não conseguiu concluir com sucesso nenhum dos movimentos, ao complementar estes dados com a informação recolhida da observação direta por parte da equipa de desenvolvimento, foi verificado que ocorreu uma certa desatenção durante o momento em que o participante escutou as instruções, o que causou que este executasse todos os movimentos para o lado contrário. Assim que tal foi



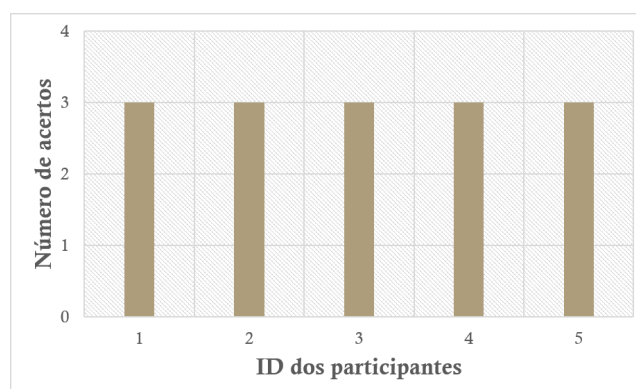


Figura 6.7: Resultados do número de movimentos efetuados corretamente por cada um dos participantes invisuais

constatado, foi prestado o esclarecimento ao jogador e foi-lhe dado a possibilidade de fazer uma segunda tentativa, o que resultou na totalidade de acertos. Tal não ocorreu com nenhum dos jogadores invisuais, pois era notória a sua maior atenção aos detalhes e explicações do jogo e sempre que surgiu alguma dúvida ou curiosidade, esta foi imediatamente apresentada e corrigida, antes da progressão do jogo.

No final do estudo foi proporcionado um inquérito (que foi preenchido com auxílio da equipa responsável pelos testes), este continha uma série de questões de resposta fechada, que utilizavam a escala de *Likert* (uma escala psicométrica amplamente utilizada para escalar respostas em pesquisas de opinião [31]), para além de algumas respostas abertas. Estas questões tinham como objetivo aferir a opinião dos jogadores em relação ao jogo, bem como aferir quais foram as suas principais dificuldades. O documento utilizado para a realização do inquérito está presente nos apêndices deste documento.

As respostas que as crianças providenciaram foram bastante positivas e motivadoras, sendo que todas elas afirmaram que gostaram da temática do jogo, que se divertiram com ele e que gostariam de continuar a jogar o *BLIND ADVENTURE* no seu quotidiano. Na sua maioria, os jogadores afirmaram que sentiram uma maior facilidade em se orientarem e moverem no espaço. A principal crítica técnica diz respeito ao dispositivo de realidade virtual, *Cardboard*, que apesar de despertar uma grande curiosidade nas crianças, acabou por não ser o acessório mais confortável (devido à qualidade do mesmo). Para além disso houve uma grande variação nas respostas acerca do seu desafio predileto e daquele que menos gostaram. Por um lado, os jogadores que elegeram o desafio quatro devido à sua dinâmica divertida e ao facto de terem de se movimentar de acordo com o ouviam escolheram o desafio dois como o que menos gostaram devido à sua dificuldade acrescida. Por outro lado, os jogadores que elegeram o desafio dois como o seu preferido pelo facto de ser o mais desafiante e motivador, escolheram o desafio quatro como o que menos gostaram, pelo facto de ser muito fácil.

Este *feedback* é muito importante para soluções como o *BLIND ADVENTURE*, que só fazem sentido se forem do agrado dos seus utilizadores alvo, e analisando os inquéritos é

---

possível concluir que um dos principais focos do trabalho futuro recaia num sistema que permita adaptar a dificuldade dos desafios conforme a experiência do jogador que está a jogar.

## CONCLUSÃO

O mercado dos jogos eletrônicos é cada vez mais vasto e os jogos apresentados ao público são cada vez mais detalhados e complexos, entregando uma experiência cada vez mais real para quem os joga. Não obstante, o mercado de jogos acessíveis a pessoas cegas ou amblíopes é ainda reduzido, e ainda mais reduzido é o conjunto de jogos com este grupo de pessoas como principal alvo de mercado. Estes factos num mundo cada vez mais tecnológico e cada vez mais estressante onde existe muita informação nova e é necessário estar sempre “ligado” dificulta ainda mais a vida de pessoas com esta condição particular, impedindo-as de se integrarem na sociedade de forma completa, como deveria ser seu direito.

Quando falamos de crianças, estes problemas de inclusão e de falta de integração tornam-se ainda mais preocupantes, visto que podem causar marcas psicológicas que as vão acompanhar para o resto da sua vida. Assim, esta tese propõe um jogo que seja uma ferramenta, mais do que acessível, completamente pensada para nutrir as necessidades de crianças com pouca ou nenhuma visão.

O objetivo deste jogo é ser uma ferramenta de treino para superar dificuldades, ao mesmo tempo que é uma atividade divertida e leve. Para tal o jogo foi desenvolvido com uma história envolvente e completamente expansível que integra vários elementos de aventura através de ambientes diversificados e de personagens divertidos com personalidades marcantes que fazem de cada encontro com o jogador uma experiência única. Intercalados com estes momentos de trama e história são então inseridos diversos desafios e objetivos que estimulam as crianças a treinar e desenvolver as suas capacidades de localização através de pistas sonoras e de mobilidade. Assim é possível manter o jogador interessado e cativado no jogo, camuflando os momentos educativos como algo divertido e natural ao jogo.

Para tal são apresentados quatro desafios que intercalam as diferentes fases de história, de exploração e de aprendizagem, e que envolvem movimentos naturais e muito requisitados no quotidiano de qualquer criança, como correr, saltar, girar sobre si próprio, movimentar a cabeça na direção das fontes sonoras e desviar o tronco de obstáculos. Para conseguir os resultados pretendidos foi necessário criar diversos ambientes sonoros ricos que utilizam vozes de personagens e sons de diversos objetos. Para além disso, foi necessário recorrer à espacialização de diversos sons utilizando técnicas como a aplicação de HRTFs (que requerem a utilização de auscultadores), pois só assim foi possível apresentar um ambiente imersivo.

A completar esta imersão está a utilização do dispositivo de realidade virtual, Cardboard, que em conjunto com os sensores disponíveis nos *smartphones* atuais como o acelerómetro e o giroscópio, que permitem mapear e identificar os movimentos anteriormente referidos.

Estes desafios foram validados em sessões de testes com uma amostra de quinze crianças (dez normovisuais e 5 invisuais), que executaram cada um deles e deram a sua opinião sobre o jogo. Estes testes revelaram que apenas por jogar uma única vez os desafios, os resultados obtidos sofreram um aumento em diversos parâmetros, e o os comentários dos jogadores mostraram que o jogo é divertido e que os motivou a ultrapassarem as suas dificuldades.

A envolver tudo isto estão todas as preocupações necessárias para que uma criança cega consiga manusear o jogo sem auxílio, isto é feito dando todo o tipo de pistas e de informação que normalmente são visíveis graficamente, através do áudio do jogo. Para além disso, é dada a possibilidade de o jogador escolher entre jogar o modo de história completo, ou de jogar apenas os desafios individualmente para tentar melhorar os seus resultados.

Por fim, apesar do jogo cumprir os seus principais objetivos propostos, este tem potencial de se tornar numa ferramenta mais vasta e completa e de ser disponibilizado em lojas digitais de aplicações, de forma a estar disponível para qualquer pessoa com um dispositivo compatível. Na secção seguinte serão referidos alguns pontos de trabalho futuro que podem acrescentar ainda mais valor a este projeto.

## 7.1 Trabalho Futuro

Apesar do *BLIND ADVENTURE* cumprir a sua premissa de jogo sério acessível a crianças cegas e amblíopes que tem como objetivo oferecer uma experiência divertida enquanto estimula e educa comportamentos essenciais na vida de todas as crianças, devido ao tempo reduzido de trabalho, e ao grande potencial deste tipo de soluções, é possível afirmar que existe espaço para melhorar o *BLIND ADVENTURE* e expandi-lo de forma a tornar-se um jogo mais completo.

A forma mais óbvia de enriquecer o *BLIND ADVENTURE* seria implementar mais e mais diferenciados níveis. Assim, seria possível expandir a história de forma a que mais

planetas, personagens e enredos sejam explorados. Isto traz o potencial de criar mundos ricos em outro tipo de detalhes daqueles que foram implementados nesta dissertação, nomeadamente outro tipo de ambientes sonoros que despertam o interesse de crianças de diferentes faixas etárias, quem sabe até adultos. Para além desta expansão da trama, outro tipo de contextos possibilitaria também a criação de outro tipo de desafios que explorem diferentes capacidades motoras daquelas aqui abordadas.

Uma funcionalidade que pode ser implementada é a existência de um modo de edição dos desafios, quer isto dizer, um modo ao qual os responsáveis pelas crianças pudessem aceder de forma a alterar a dificuldade dos desafios manualmente, podendo assim ir de encontro às necessidades específicas de cada criança, de forma a que esta se sinta mais motivada e tire o máximo proveito do jogo. Estas alterações poderiam ocorrer sob a forma de diminuição ou aumento do tempo do desafio ou dos requisitos para que este seja considerado completo, por exemplo. Ainda de encontro a este pensamento, seria interessante considerar um ajuste automático no nível de dificuldade conforme o desempenho que o jogador está a ter, no entanto, assim poderia ocorrer de o jogo deixar de ser desafiante, pois o jogador pode simplesmente deixar de tentar superar os obstáculos, pois estes tornar-se-ão mais simples. Em alternativa a este ajuste automático, uma solução bastante recorrente em todo o tipo de jogos é permitir ao jogador selecionar o nível de dificuldade quando este inicia o seu percurso no jogo, dando, por exemplo a opção de escolher o nível normal ou o nível difícil. Assim, jogadores mais habituados a lidar com jogos eletrónicos (em especial normovisuais, devido à oferta que tem disponível) poderiam enveredar por um modo mais desafiante, enquanto que jogadores com mais dificuldades seguiriam um modo mais fácil.

Apesar do jogo ter sido desenvolvido de forma a que alguém cego possa autonomamente jogar, baseando-se simplesmente em todo o *feedback* sonoro presente na solução, como o público-alvo são crianças, pode ocorrer que existam algumas dificuldades em entender o que o jogo está a pedir. Assim sendo, poderiam ser introduzidas pequenas animações gráficas que demonstrassem com maior exatidão os movimentos requeridos do utilizador de forma a que o responsável pela criança consiga ajudá-la de forma mais eficaz.

Um outro aspeto que poderia ser considerado e inserido na solução é uma forma de avaliar o impacto a longo prazo que o *BLIND ADVENTURE* pode ter na vida destas crianças, tanto para avaliar o sucesso da solução pensada como para detetar áreas de interesse para futuros desenvolvimentos, isto é especialmente interessante considerando que este é um jogo com uma componente educativa.

Uma outra funcionalidade que poderia vir a ser implementada, seria o reconhecimento de voz em tempo real. Assim, durante a execução do jogo, o jogador poderia interagir com a aplicação através da fala, facilitando assim a utilização, principalmente da componente da interface de utilizador (comandos de pausa, de sair, de continuar, etc.).

Um outro objetivo mais ambicioso consiste em aumentar o número de pessoas com acesso ao *BLIND ADVENTURE*, para tal, o ideal seria ter a oportunidade de traduzir o

jogo para outras línguas, mais especificamente para inglês, de forma a que pudesse ser colocado em lojas de aplicações para virtualmente todas as pessoas do mundo.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/en/>.
- [2] URL: <http://www.ablindlegend.com/>.
- [3] URL: [http://ffden-2.phys.uaf.edu/webproj/212\\_spring\\_2017/Robert\\_Groeneweg-Sanders/Robert\\_Groeneweg-Sanders/Soundwaves.gif](http://ffden-2.phys.uaf.edu/webproj/212_spring_2017/Robert_Groeneweg-Sanders/Robert_Groeneweg-Sanders/Soundwaves.gif).
- [4] URL: <http://gureckislab.org/courses/spring13/robots/materials/url.jpeg>.
- [5] URL: <https://s.hswstatic.com/gif/virtual-surround-sound-5.gif>.
- [6] URL: <https://www.guitarhero.com>.
- [7] URL: <http://www.blastbay.com/jungle.php>.
- [8] URL: <https://www.nintendo.pt/Wii/Wii-94559.html>.
- [9] URL: <http://www.audiogames.net>.
- [10] URL: <https://roadtovr.live-5ea0.kxcdn.com/wp-content/uploads/2015/06/gloveone-actuators-640x335.jpg>.
- [11] URL: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Wii\\_Remote](https://pt.wikipedia.org/wiki/Wii_Remote).
- [12] URL: <https://www.youtube.com/watch?v=EM4fbcK6kmw>.
- [13] URL: <http://blendid.nl/index8803.html>.
- [14] URL: <https://vr.google.com/cardboard/>.
- [15] URL: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/ad/Google-Cardboard.jpg/250px-Google-Cardboard.jpg>.
- [16] URL: <https://www.wearable.com/media/imager/24457-91a75ba435125c6df6b8e616b40013f8.jpg>.
- [17] URL: <http://themanime.org/viewreview.php?id=1089>.
- [18] URL: [https://www.ebiografia.com/antoine\\_de\\_saint\\_exupery/](https://www.ebiografia.com/antoine_de_saint_exupery/).
- [19] URL: <https://unity3d.com/>.
- [20] URL: <https://developers.google.com/vr/reference/unity/>.
- [21] URL: <https://code.visualstudio.com/>.
- [22] URL: <https://www.fmod.com/>.

- [23] URL: <https://www.adobe.com/pt/products/audition.html>.
- [24] URL: <https://docs.unity3d.com/Manual/TimelineSection.html>.
- [25] URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Panning\\_\(audio\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Panning_(audio)).
- [26] URL: <https://developers.google.com/resonance-audio/>.
- [27] URL: <http://www.salford.ac.uk/acoustics-testing/labs/anechoic-chamber>.
- [28] URL: <https://www.york.ac.uk/sadie-project/GoogleVRSADIE.html>.
- [29] URL: <https://www.amazon.com/Plantronics-GameCom-780-Headset-Surround/dp/B00B1KJK22>.
- [30] URL: <https://www.mathworks.com/matlabcentral/mlc-downloads/downloads/submissions/40876/versions/8/previews/sensorgroup/Examples/html/Figure1.jpg>.
- [31] URL: <https://www.extension.iastate.edu/Documents/ANR/LikertScaleExamplesforSurveys.pdf>.
- [32] B. S. A. Marques e N. Marques. “A influência dos vídeo jogos no rendimento escolar dos alunos: uma experiência no 2º e 3º ciclo do ensino básico”. Em: 1.4 (2011), pp. 17–27.
- [33] E. R. Addison, H. D. Wilson, G. Marple, A. H. Handal e N. Krebs. *Text to speech*. US Patent 6,865,533. 2005.
- [34] B. Blasch, W. Wiener e R. Welsh. *Foundations of Orientation and Mobility*. AFB Press, 1997. ISBN: 9780891289463. URL: <https://books.google.pt/books?id=zMxncsODHNIC>.
- [35] E. S. Boury e P. N. Mustaro. “Um estudo sobre áudio como elemento imersivo em jogos eletrônicos”. Em: *XII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames 2013), Anais... ISSN* (2017), pp. 2179–2259.
- [36] S. Cavaco, D. Simões e T. Silva. “Spatialized audio in a vision rehabilitation game for training orientation and mobility skills”. Em: *Proceedings of the International Conference on Digital Audio Effects (DAFx)*. 2015.
- [37] S. Chauhan. “A meta-analysis of the impact of technology on learning effectiveness of elementary students”. Em: *Computers Education* 105 (2017), pp. 14–30. ISSN: 0360-1315. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.11.005>. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131516302172>.
- [38] F. Ferreira e S. Cavaco. “Mathematics for all: a game-based learning environment for visually impaired students”. Em: *Frontiers in Education Conference (FIE), 2014 IEEE*. IEEE. 2014, pp. 1–8.



- [39] M. Kebritchi e A. “2c” Hirumi. “Examining the pedagogical foundations of modern educational computer games”. Em: *Computers Education* 51.4 (2008), pp. 1729 – 1743. ISSN: 0360-1315. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.05.004>. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131508000778>.
- [40] M. Lanham. *Game Audio Development with Unity 5.X*. Packt Publishing Ltd., 2017. ISBN: 978-1-78728-645-0.
- [41] C. Magnusson, A. Waern, K. Rasmus-Gröhn, Bjernryd, H. Bernhardsson, A. Jakobsson, J. Salo, M. Wallon e P.-O. Hedvall. “Navigating the world and learning to like it - mobility training through a pervasive game”. eng. Em: *Proceedings of the 13th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services*. ACM, 2011, pp. 285–294. ISBN: 978-1-4503-0541-9. URL: <http://dx.doi.org/10.1145/2037373.2037416>.
- [42] L. R. Milne, C. L. Bennett, R. E. Ladner e S. Azenkot. “BraillePlay: Educational Smartphone Games for Blind Children”. Em: *Proceedings of the 16th International ACM SIGACCESS Conference on Computers & Accessibility*. ASSETS '14. Rochester, New York, USA: ACM, 2014, pp. 137–144. ISBN: 978-1-4503-2720-6. DOI: [10.1145/2661334.2661377](https://doi.org/10.1145/2661334.2661377). URL: <http://doi.acm.org/10.1145/2661334.2661377>.
- [43] T. Morelli, J. Foley e E. Folmer. “Vi-bowling: A Tactile Spatial Exergame for Individuals with Visual Impairments”. Em: *Proceedings of the 12th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*. ASSETS '10. Orlando, Florida, USA: ACM, 2010, pp. 179–186. ISBN: 978-1-60558-881-0. DOI: [10.1145/1878803.1878836](https://doi.org/10.1145/1878803.1878836). URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1878803.1878836>.
- [44] T. Morelli, J. Foley, L. Columna, L. Lieberman e E. Folmer. “VI-Tennis: A Vibrotactile/Audio Exergame for Players Who Are Visually Impaired”. Em: *Proceedings of the Fifth International Conference on the Foundations of Digital Games*. FDG '10. Monterey, California: ACM, 2010, pp. 147–154. ISBN: 978-1-60558-937-4. DOI: [10.1145/1822348.1822368](https://doi.org/10.1145/1822348.1822368). URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1822348.1822368>.
- [45] R. Ossmann, D. Archambault e K. Miesenberger. “Accessibility Issues in Game-Like Interfaces”. Em: *Computers Helping People with Special Needs*. Ed. por K. Miesenberger, J. Klaus, W. Zagler e A. Karshmer. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008, pp. 601–604. ISBN: 978-3-540-70540-6.
- [46] J. R. Porter e J. A. Kientz. “An Empirical Study of Issues and Barriers to Mainstream Video Game Accessibility”. Em: *Proceedings of the 15th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*. ASSETS '13. Bellevue, Washington: ACM, 2013, 3:1–3:8. ISBN: 978-1-4503-2405-2. DOI: [10.1145/2513383.2513444](https://doi.org/10.1145/2513383.2513444). URL: <http://doi.acm.org/10.1145/2513383.2513444>.
- [47] R. Prada, P. Santos e C. Martinho. *Design E Desenvolvimento De Jogos*. FCA (BRASIL). ISBN: 9789727227624. URL: <https://books.google.pt/books?id=Zo1fvvAACA AJ>.

- [48] I. Rodrigues, S. Cavaco e J. Sousa. *Espacialização de Som no Navegador e Editor Molecular Navmol*. 2015.
- [49] J. Sánchez, N. Baloian, T. Hassler e H. Ulrich Hoppe. “AudioBattleship: blind learners collaboration through sound.” Em: (jan. de 2003), pp. 798–799.
- [50] A. Whitehead, H. Johnston, N. Nixon e J. Welch. “Exergame Effectiveness: What the Numbers Can Tell Us”. Em: (ago. de 2010).
- [51] W. A. Yost. *Fundamentals of Hearing: An Introduction*. Fifth. Academic Press, Elsevier, Inc., 2013. ISBN: 978-0-12-370473-3.
- [52] B. Yuan e E. Folmer. “Blind hero: enabling guitar hero for the visually impaired”. Em: *ASSETS*. 2008.



## HISTÓRIA DO JOGO BLIND ADVENTURE

A história utilizada como enredo do jogo BLIND ADVENTURE foi vagamente inspirada n'As aventuras do Pequeno Príncipe [17] e conta a aventura de dois companheiros intergalácticos que viajam de mundo em mundo em busca de novas experiências. De seguida serão descritas a diversas personagens presentes no jogo, bem como os pontos principais do enredo, ou *storyboard*

### A.1 Personagens

- **Falador:** É o único personagem jogável e é cego pois provém de um planeta onde não existe luz
- **Pia:** É uma personagem não jogável que serve como guia e companheira para a personagem principal
- **Senhora da Quinta:** É uma personagem não jogável que introduz o objetivo do nível e o primeiro desafio
- **Dono do Bar:** É uma personagem não jogável que introduz o segundo desafio
- **Sr. Incrível:** É uma personagem não jogável que introduz o terceiro desafio
- **Voz sombria:** É uma personagem não jogável que aparenta ser o vilão da história e introduz o quarto desafio
- **Ajudante:** É uma personagem não jogável que é o ajudante da personagem da Voz sombria e tem uma participação no desfecho do nível

## A.2 *Storyboard*

O jogo inicia com uma música e com a voz da Pia a narrar a sua história e a do seu companheiro Falador.

Falador acorda na nave e ouve as instruções que a Pia tem para lhe dar. A nave de ambos aterra num planeta novo e ambos encontram vários animais nativos do planeta e decidem explorar uma cabana perto deles. Ao chegar à cabana encontram uma senhora (dona da quinta onde eles aterraram) sentada em frente à porta.

Após alguma confusão inicial devido à estranheza do encontro, Pia conta que estão no planeta para encontrar uma nova aventura. A dona da quinta conta-lhes então uma velha lenda passada de geração em geração acerca do mapa do tesouro que está enterrado no terreno da quinta.

Pia e Falador ficam entusiasmado com a ideia e com a ajuda de um detetor de metais, vão em busca do baú que contém o mapa.

Ao encontrarem o local, estes desenterram o baú e descobrem um pedaço de mapa que apenas tinha a indicação do local do próximo pedaço. Empenhados em juntar todas as partes do mapa para assim encontrar o tesouro, Pia e Falador iniciam a sua aventura.

Após afastarem-se da quinta, Pia e Falador necessitam de atravessar uma floresta de forma a chegar à Vila, pois é aqui que se encontra o próximo pedaço do mapa.

Chegados à Vila, os dois personagens dirigem-se ao Bar, que está apinhado de pessoas e no qual se pode ouvir um piano a tocar. Quando entram decidem ir falar com o Dono do Bar, e perguntar se este sabe onde poderá estar o mapa.

Após alguma confusão devido à estranheza dos dois visitantes, o Dono do Bar informa que possui um dos pedaços do mapa, mas que só o poderia entregar se eles cumprissem um desafio. O desafio consistia em apanhar o máximo número de moedas durante um intervalo de tempo, antes que estas parassem de girar e caíssem no chão.

Falador consegue cumprir o desafio e assim os dois companheiros seguem para o próximo local assinalado do mapa, também ele naquela Vila.

O próximo local é a oficina do Sr. Incrível, novamente Pia pede ajuda para encontrar o pedaço do mapa que falta. O Sr. Incrível acede a ajudá-los, mas só se estes o ajudarem a organizar as invenções espalhadas pela sua oficina.

Falador encontra então todos os objetos e entrega-os ao Sr. Incrível, em troca este procura o pedaço do mapa e dá-o aos dois companheiros. Com o mapa completo, resta encontrar a localização do tesouro. Assim, os dois seguem viagem.

Ao chegar a uma praia, Pia vê a entrada de uma gruta, onde ela pensa que o tesouro está escondido, e os dois entram.

Ao explorar a gruta, Falador toca em algo que não devia e que aciona uma armadilha. É então que se ouve a Voz sombria a indicar que os dois personagens não eram bem-vindos àquele lugar. Com isto a gruta começa a desmoronar e Pia e Falador são obrigados a fugir num carrinho de mina ali presente.

Este carrinho segue um caminho cheio de perigos e obstáculos, e cabe ao Falador levá-los até segurança. Uma vez atravessado esse caminho, ambos chegam a uma outra gruta com um baú nela.

Pia e Falador abrem o baú e encontram um gravador de voz com uma mensagem da mesma Voz sombria. Esta informa que o tesouro não está ali, e que é necessário continuar a busca. Numa conversa entre a voz e o seu ajudante é possível perceber que o mapa não deveria ter sido dividido pois tornaria a busca mais difícil e a gravação termina com uma instrução clara sobre onde está o tesouro, as coordenadas para onde eles se devem deslocar.

APÊNDICE



**INQUÉRITO UTILIZADO NA VALIDAÇÃO DO BLIND  
ADVENTURE**

# INQUÉRITO BLIND ADVENTURE

ID:

Idade:
Género:
Grau de Visão:
Grau de Mobilidade:
Há quanto tempo foi diagnosticado:
Outros Comentários:

Para cada questão em baixo, faz um X  
Na descrição que melhor classifica a tua opinião sobre a questão

Questão	Escala				
	Adorei!	Gostei muito	Gostei	Mais ou menos	Não gostei nada
O que achaste do tema do jogo?					
O que achaste do jogo?					
O que achaste do volume do jogo?					
Gostavas de continuar a jogar?					
O que achaste de usar o cardboard?					
O que achaste das vozes dos personagens?					
O que achaste dos sons de ambiente? Como cidade, Floresta, etc.					
O que achaste a Pia (a tua companheira) uma boa ajuda?					
Gostaste de caminhar entre os lugares?					

**Desafio 1** – Encontrar o baú com o detetor de metais

**Desafio 2** – Apanhar as moedas antes que parem

**Desafio 3** – Levar as invenções para o Sr. Incrível

**Desafio 4** – Desviar dos obstáculos da mina

1- Costumas jogar algum jogo? Qual/Quais são os teus preferidos?

2- Qual o/os desafios gostaste mais? Porquê?

3- Qual o/os desafios gostaste menos? Porquê?

4- Qual foi a parte mais difícil do jogo? Porquê?

5- Achas que ficou mais fácil localizar os sons do jogo à medida que jogaste?

6- Achas que ficou mais fácil fazer os movimentos do jogo à medida que jogaste?

7- Se pudesses mudar alguma coisa no jogo, o que seria?







**Ana Raquel Lopes Simão**

Licenciada em Engenharia Informática

**Jogo sério para treino de orientação e mobilidade de crianças cegas e amblíopes**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Informática**

**Dezembro, 2018**



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA



**Ana Raquel Lopes Simão**

Licenciada em Engenharia Informática

## **Jogo sério para treino de orientação e mobilidade de crianças cegas e amblíopes**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Informática**

**Dezembro, 2018**

Copyright © Ana Raquel Lopes Simão, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA