

MESTRADO

Sistemas Media Interativos

**Sinestesia Expandida: Experiência
Multissensorial Aromática em Realidade
Virtual**

Jorge Alexandre Carvalho Barros

09/2021

Jorge Alexandre Carvalho Barros. **Sinestesia Expandida: Experiência
Multissensorial Aromática em Realidade Virtual**

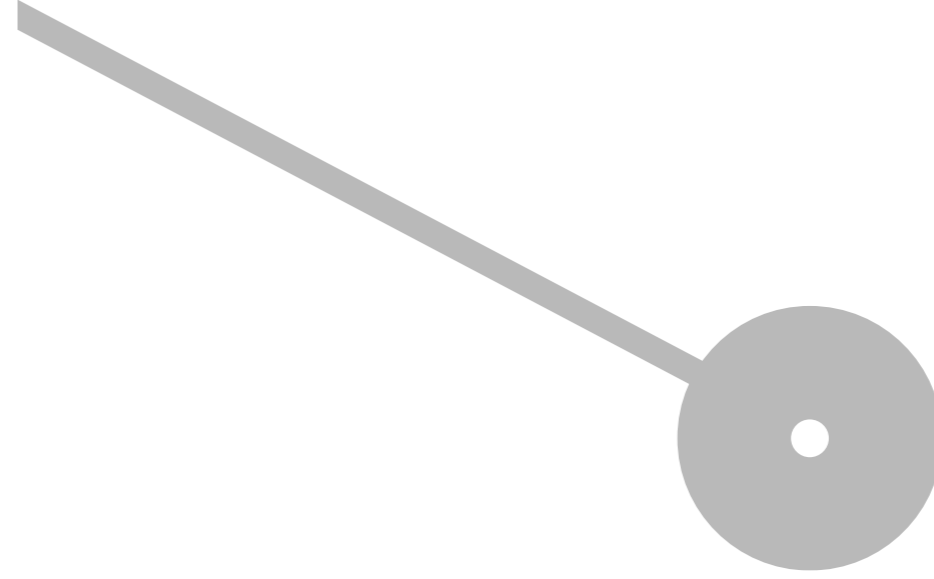


MESTRADO

Sistemas Media Interativos

**Sinestesia Expandida:
Experiência Multissensorial
Aromática em Realidade Virtual**
Jorge Alexandre Carvalho Barros

09/2021



Politécnico do Porto
Escola Superior de Media Artes e Design

Jorge Alexandre Carvalho Barros

**Sinestesia Expandida: Experiência Multissensorial Aromática em Realidade
Virtual**

Trabalho de Projeto de Mestrado
Mestrado em Sistemas Media Interativos
Orientação: Prof. Doutor Luís Miguel Barbosa Costa Leite

Vila do Conde, setembro de 2021

Politécnico do Porto
Escola Superior de Media Artes e Design

Jorge Alexandre Carvalho Barros

**Sinestesia Expandida: Experiência Multissensorial Aromática em Realidade
Virtual**

Trabalho de Projeto de Mestrado
Mestrado em Sistemas Media Interativos
Orientação: Prof. Doutor Luís Miguel Barbosa Costa Leite

Vila do Conde, setembro de 2021

Jorge Alexandre Carvalho Barros

**Sinestesia Expandida: Experiência Multissensorial Aromática em Realidade
Virtual**

Trabalho de Projeto de Mestrado
Mestrado em Sistemas Media Interativos

Membros do Júri

Presidente

Prof.^a Doutora Olívia Marques da Silva

Escola Superior de Media Artes e Design – Instituto Politécnico do Porto

Prof. Doutor Luís Miguel Barbosa da Costa Leite (Orientador)

Escola Superior de Media Artes e Design – Instituto Politécnico do Porto

Prof.^a Doutora Patrícia Nogueira da Silva (Arguente)

Universidade da Maia

*“And when they've given you their all,
Some stagger and fall, after all it's not easy
Banging your heart against some mad buggers Wall”*

-

Roger Waters, Outside The Wall

AGRADECIMENTOS

Desejo exprimir os meus agradecimentos ao todos que prestaram disponibilidade para apoiar a realização do projeto aqui representado. Em primeiro lugar, agradeço o incansável apoio, orientação e partilha de conhecimentos do Professor Dr, Luis Miguel Barbosa Costa Leite. A sua ajuda foi imprescindível durante a elaboração deste projeto.

Agradeço aos meus pais e avós, cujo apoio foi crucial para a minha educação e formação.

Agradeço ao João Guimarães por ser um grande amigo e por me ter fornecido o seu talento na escrita através das ocasionais revisões. Desejo-te o melhor para a tua carreira.

Agradeço à Alana Xavier, que no meio da confusão da vida, encontrou tempo para dar a sua opinião e apoio. Espero, para ti, o melhor que a vida possa oferecer.

Finalmente agradeço a todos que me ajudaram, quer direta ou indiretamente, na elaboração deste projeto e consequente relatório.

RESUMO ANALÍTICO

A sinestesia é uma condição neurológica em que o indivíduo afetado tem a percepção involuntária de dois sentidos sobre uma impressão, por outras palavras, os sentidos estão misturados (Whitelaw, 2008; Hinderk et al, n.d.), alterando a maneira de como o mundo é percebido. Um dos casos mais conhecidos de sinestesia é a mistura entre a visão e o som, permitindo que o indivíduo veja as cores e formas de um som ou em outras situações o som de cada cor, como é o caso de Wassily Kandinsky, um famoso pintor russo do século XX (Miller, 2014). Esta condição neurológica não tem qualquer efeito negativo na vida do indivíduo, aliás, para alguns pode ser visto como uma virtude, o dom de sentir o mundo de maneira diferente, algo que pode ser explorado artisticamente. Com este projeto pretende-se explorar o potencial da sinestesia com recurso à realidade virtual (VR) e a um conjunto de tecnologias multimédia que permitam estimular e relacionar sentidos e ações de uma forma abrangente e imersiva. A realidade virtual apresenta a possibilidade de intensificar experiências sensoriais e expandir relações de sinestesia. Neste contexto, foi desenvolvido um protótipo denominado de *Sensory Medley*, que tem como objetivo principal encontrar uma forma de simular a sensação de sinestesia através do VR numa experiência imersiva e interativa, adicionando um quarto sentido, o olfato. Este projeto apresenta uma solução baseada na utilização de dispensadores de aroma automáticos modificados para que pudessem ser controlados a partir de uma plataforma de prototipagem (*Arduino*), de forma a complementar a interação. Esta interação acontece num ambiente de realidade virtual interativo desenvolvido numa plataforma de autoria de videojogos (*Unity 3D*). Os objetos tridimensionais foram produzidos numa ferramenta de modelação 3D e animação (*Blender*). O som espacializado foi produzido e integrado através de uma plataforma de áudio imersivo em tempo real (*FMOD*). Ao longo deste documento é apresentada uma descrição detalhada sobre todo processo de criação e desenvolvimento. Esta solução devolveu resultados interessantes que puderam ser observados durante uma experiência realizada na ESMAD com alguns participantes, que conseguiram de forma intuitiva associar objetos a aromas. Estes resultados também são analisados e alvo de reflexão.

Palavras-chave: Sinestesia; Instalação; Realidade virtual; Olfato; Ambientes Imersivos.

ABSTRACT

Synesthesia is a neurological condition in which the affected individual has an involuntary two-way perception of an impression, in other words, the senses are mixed (Whitelaw, 2008; Hinderk et al, nd), changing the way the world is perceived. One of the best-known cases of synesthesia is the mixture between vision and sound, allowing the individual to see the colors and shapes of a sound or in other situations the sound of each color, as is the case with Wassily Kandinsky, a famous Russian painter 20th century (Miller, 2014). This neurological condition has no negative effects on the individual's life, in fact, for some it can be seen as a virtue, the gift of perceiving the world differently, something that can be explored artistically. With this project, it is intended to explore the potential of synesthesia using virtual reality (VR) and a set of multimedia technologies that allow to stimulate and relate senses and actions in a comprehensive and immersive way. Virtual reality presents the possibility of intensifying sensory experiences and expanding synesthetic relationships. In this context, a prototype called Sensory Medley was developed, whose main objective is to find a way to simulate the sensation of synesthesia through VR in an immersive and interactive experience, adding a fourth sense, smell. This project presents a solution based on the use of modified automatic aroma dispensers so that they could be controlled from a prototyping platform (Arduino), in order to complement the interaction. This interaction takes place in an interactive virtual reality environment developed on a video game authoring platform (Unity 3D). The three-dimensional objects were produced in a 3D modeling and animation tool (Blender). The spatialized sound was produced and integrated through an immersive real-time audio platform (FMOD). Throughout this document, a detailed description of the entire creation and development process is presented. This solution returned interesting results that could be observed during an experiment carried out at ESMAD with some participants, who were able to intuitively associate objects with aromas. These results are also analyzed and subject of reflection.

Keywords: Synesthesia; Art Installation; Virtual Reality; Smell; Immersive Environments.

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	9
Lista de Tabelas.....	11
1 - INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Motivações.....	12
1.2 Objetivos.....	12
1.3 Estrutura.....	13
2 – ESTADO DA ARTE.....	14
2.1 Realidade Virtual.....	14
2.2 Ambientes Virtuais.....	18
2.3 Instalações em Realidade Virtual.....	22
2.4 Sinestesia.....	25
3 – DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	30
3.1 Conceito.....	30
3.2 Ambientes.....	31
3.3 Requisitos.....	36
3.4 Tecnologias.....	39
3.5 Metodologia.....	45
3.6 Implementação.....	47
4 – RESULTADOS.....	51
4.1 Experiência.....	51
4.2 Questões e resultados.....	53
5 – CONCLUSÃO.....	57
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
ANEXOS.....	64
Anexo A – Diagramas iniciais dos ambientes.....	65
Anexo B – Paleta de cores associadas aos aromas.....	66
Anexo C – Questionário realizado aos participantes.....	68

Lista de Figuras

Figura 1 Headmounted Display de Ivan Sutherland, 1968. Fonte: Virtual Voyagers	15
Figura 2 O Estereoscópio de Sir Charles Wheatstone, 1836. Fonte: Wikimedia Commons	16
Figura 3 Kit de desenvolvimento do primeiro Oculus Rift. Fonte: Virtual Reality Reporter.....	16
Figura 4 Google Cardboard. O dispositivo móvel é colocado num compartimento na parte da frente. Fonte: Solve-os.....	17
Figura 5 HTC Vive com comandos e sensores – Fonte: TIME Magazine	17
Figura 6 Captura de ON, Bosque Templado. Invierno de Open This End. Fonte: Open This End	20
Figura 7 Nível de mecânico no Job Simulator. Fonte: Owlchemy	21
Figura 8 Uma das Ilustrações de Vier Nev, disponível na sua experiência de VR "Dar Cria"	22
Figura 9 Participante no projeto Osmose de Char Davies. Fonte: Immersence.....	23
Figura 10 Diagrama a indicar as várias impressões disponíveis no IRIDiuM+. Fonte: Disney Research.....	24
Figura 11 Instalação de duas partes, Stargazer por Mohsen Hazrati. Fonte: Youtube	25
Figura 12 An Optical Poem de Oskar Fischinger, 1938. Fonte: IMDb.....	26
Figura 13 Concerto Lumia com Thomas Wilfred a operar o Clavilux. Fonte: Alchetron	27
Figura 14 Captura de um dos níveis do Synesthesia de denkwerk GmbH. Fonte: AppAdvice	28
Figura 15 Mascara FeelReal conectada a um HTC VIVE. Fonte: FeelReal	29
Figura 16 Estética final do ambiente Unknown Space no editor do Unity. A caixa verde representa o espaço que o UnityXR usa para fazer os cálculos de distância.	32
Figura 17 Estado atual do ambiente Anxious Sea	33
Figura 18 Estado atual do ambiente Artificial Land.....	35
Figura 19 Esboço digitalizado do ambiente Serene Garden.....	36
Figura 20 Representação da estrutura da instalação. O círculo com textura representa a área de interação do utilizador, os quadrados azuis a posição dos dispersores e o perímetro do quadrado verde serve de referência para a posição dos dispersores	39

Figura 21 Primeiro Ambiente. Feito com o apoio de um curso disponível no Youtube para introduzir as mecânicas e workflow VR. O objeto selecionado é um armário e ao lado, uma mesa com vários objetos.....	41
Figura 22 Um dos objetos criados em Blender com o modificador “wireframe”.....	42
Figura 23 À esquerda, o dispensador modificado com uma recarga ZEN. À direita a placa de circuitos com os fios soldados no lugar do botão.....	43
Figura 24 Circuito Arduino utilizado para os testes de comunicação Unity - Arduino. Baseado no artigo no site r3dstar.co.uk.....	44
Figura 25 Esquema da ligação de Arduino ao modulo relé feita no circuito.io. Cada dispensador está ligado ao seu respetivo canal no módulo relé.....	45
Figura 26 A relação entre as componentes pode ser assumida como um triângulo e o a relação entre elas é definida pela componente interativa e o ambiente que se encontram.....	45
Figura 27 Partículas estimuladas pelo som com resultado final no mostrador de baixo e VFX Graph do respetivo efeito à direita.....	48
Figura 28 Esta captura de ecrã foi tirada durante um teste funcional. Pode-se ver a mão a agarrar o icosaedro vermelho, o que causou a mudança de cor do ambiente.....	49
Figura 31 Representação tridimensional em ambiente Blender do espaço da instalação.....	52

Lista de Tabelas

Tabela 1 Conexão entre sentidos.....	54
Tabela 2 Intensidade dos aromas.....	55
Tabela 3 Estética geral do projeto.....	56
Tabela 4 Sensação de profundidade.....	56

1 - INTRODUÇÃO

Este documento relata o projeto investigativo realizado sobre o tema Sinestesia Expandida. Esta investigação deu origem ao *Sensory Medley*, um protótipo multissensorial de realidade virtual que utiliza dispensadores de aroma em 4 locais de um espaço de forma a tentar simular a sinestesia com 4 dos 5 sentidos. A sinestesia pode ter dois pontos de vista, o neurológico, que diz que é uma condição cujo indivíduo percebe mais do que um sentido quando recebe uma impressão, por exemplo, ver o som com cores e formas (Hinderk, n.d.) e o ponto de vista ligado às artes, como a literatura, onde o artista pode unir termos que expressem percepções sensoriais diferentes (Infopedia, n.d.), como por exemplo o excerto de *Aparição* de Virgílio Ferreira (1994) “Chico teve um riso cru, o seu riso áspero de fibra.” (Ferreira, 1994, p.111). O utilizador poderá interagir com este ambiente iterativamente, descobrindo qual o impacto que cada ação produz em termos visuais, sonoros, táteis e aromáticos. O projeto poderá simular a sinestesia em vários níveis, como por exemplo, o cruzamento entre a visão e o olfato, entre o tato e a audição ou entre a audição e a visão. Esta simulação foi auxiliada pelo controlo de dispensadores de aroma complementados com ventoinhas que ajudam a dispersar o aroma. O ambiente final está aberto à interpretação do utilizador, e tanto esta interpretação como a própria experiência são analisadas a partir de inquéritos.

1.1 Motivações

Este projeto de investigação é motivado pela experimentação e a vontade de fundir várias tecnologias com a produção artística, para criar um ambiente que aborda a sinestesia de um novo ponto de vista. Outra força por detrás do desenvolvimento deste projeto, foi o querer aprofundar as minhas aptidões e conhecimentos nas áreas de multimédia, realidade virtual e instalações interativas.

1.2 Objetivos

Este projeto tem como objetivo investigar e experimentar o uso de aromas em junção com a tecnologia de realidade virtual (VR) para fomentar a imersão do utilizador no espaço virtual. Para além disto, um dos objetivos do projeto é simular a sinestesia, tema que será abordado com mais profundidade neste documento. De um modo bas-

tante simples a sinestesia é um fenómeno neurológico raro em que o indivíduo consegue produzir duas sensações com uma impressão, por exemplo ouvir as cores, e é algo que influenciou obras como a de Wassily Kandinsky ou projetos de multimédia onde o som e as formas se juntam, complementando-se entre elas.

1.3 Estrutura

O relatório está dividido em várias secções. Primeiro será apresentado um estado da arte, onde são introduzidas as bases e inspirações para este projeto, nomeadamente nos grupos da realidade virtual, ambientes virtuais, instalações em realidade virtual e sinestesia. Após esta contextualização, avança-se para o desenvolvimento do projeto. Nesta secção será relatado os pontos fulcrais do processo bem como o esclarecimento de certos tópicos e métodos. Adicionalmente também é dada uma exposição mais aprofundada dos ambientes, incluindo aqueles que não foram utilizados, pois ainda fazem parte da narrativa. Na penúltima secção, são analisadas as respostas dos utilizadores aos questionários que preencheram após terem experimentado o projeto. Finalmente o relatório acaba com uma reflexão sobre o desenvolvimento e os resultados.

2 – ESTADO DA ARTE

A sinestesia é uma condição neurológica rara que afeta a ligação entre certos sentidos (Whitelaw, 2008; Hinderk et al, nd). Um dos casos mais raros e ao mesmo tempo um dos mais adotados para a projeção de trabalhos artísticos e multimédia, é a ligação entre a visão e a audição. São vários e difíceis de enumerar todos os projetos que usam esta ligação, no entanto não deixam de se apresentar com soluções criativas. Quanto à realidade virtual (VR), o seu rápido avanço definiu vários guias que ajudam na criação uma experiência agradável para o utilizador. Ainda que seja dirigido para um nicho de mercado, a sua popularidade e utilização tem vindo a aumentar na última década (Kumparak, 2014). Juntamente com esta tecnologia, os ambientes imersivos (ou virtuais), têm evoluído com o tempo, criando novas experiências que redefinem o que deve ser um ambiente virtual. Já as instalações interativas são uma área com vários exemplos onde a obra reage com o utilizador. No entanto, a pesquisa foi concentrada nas instalações interativas com realidade virtual. Esta secção está, por isso, reservada ao estado da arte que pretende reunir vários projetos realizados por outras entidades, que sejam pertinentes para a contextualização dos vários elementos do *Sensory Medley*. Esta secção é organizada com os seguintes temas: Realidade Virtual, Ambientes Virtuais, Instalações em Realidade Virtual e Sinestesia, cada um apresentando uma contextualização e projetos selecionados para os exemplificar.

2.1 Realidade Virtual

Tipicamente a realidade virtual é produzida e representada em óculos de realidade virtual como os *Oculus Rift*. No entanto, apesar de ser considerada uma tecnologia imersiva, esta não é a única forma de representação da realidade virtual. Podem ser criados ambientes em outras plataformas, como por exemplo as CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) (Tarbi, 2020). Os equipamentos de realidade virtual (VR) como o referido anteriormente, existem para permitir que estas simulações possam ser experienciadas. Aliás, o que torna a tecnologia VR diferente, é a sensação de presença e de controlo (Psootka, 1995). De acordo com Joseph Psootka (1995), existem dois tipos de realidade virtual, o imersivo e o *text-based network* (também conhecido como “*Cyberspace*”). Para o *Sensory Medley* o tipo de realidade virtual que foi usado foi o primeiro, o

imersivo, que reproduz o ambiente à medida que a cabeça é girada. Embora possa ser considerado que este tipo de tecnologia tenha os seus primórdios no século XIX, o termo *realidade virtual* foi cunhado por Jaron Lanier em 2013 (Hale, 2015).

A realidade virtual é, por isso, a tecnologia usada para experienciar e recriar experiências com características reais. Ao contrário das tecnologias mais tradicionais, o VR coloca o utilizador dentro de uma experiência. É um tema em desenvolvimento desde os anos 60, considerando o primeiro *Headmounted Display*, de Sutherland (Sutherland, 1965) (Figura 1) ou o *Sensorama* de Marton Heilig (Jerald, 2016; USC Hugh M. Hefner Moving Image Archive, n.d.) que consistia numa máquina com as mesmas dimensões de um gabinete de um salão de jogos. A máquina permitia ao utilizador visualizar vários vídeos ao mesmo tempo que simulava cheiros, sons direcionais e vibração. É possível encontrar outro dispositivo de VR que precede o *Headmounted Display* de Sutherland em mais de cem anos. No ano de 1832, Sir Charles Wheathstone, inventa o estereoscópio (Figura 2) e consegue com que seja construído por R. Murray (The Times, 1856). Este pode ser considerado dos primeiros equipamentos de realidade virtual. Este estereoscópio refletia uma imagem utilizando dois espelhos com uma rotação de 45 graus apontados para um prisma que a alterava. Desta forma cada olho teria uma imagem diferente, no entanto, ao se encontrarem na mesma localização, o cérebro fundia-as, recriando a ilusão de um objeto tridimensional (Herbert, 1833).

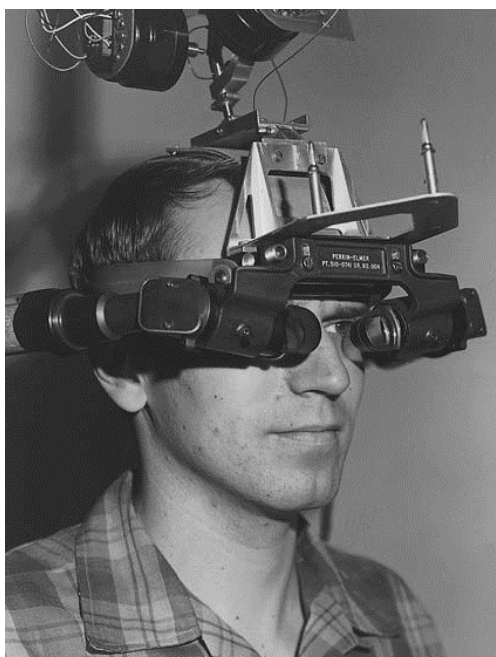


Figura 1 Headmounted Display de Ivan Sutherland, 1968. Fonte: Virtual Voyagers

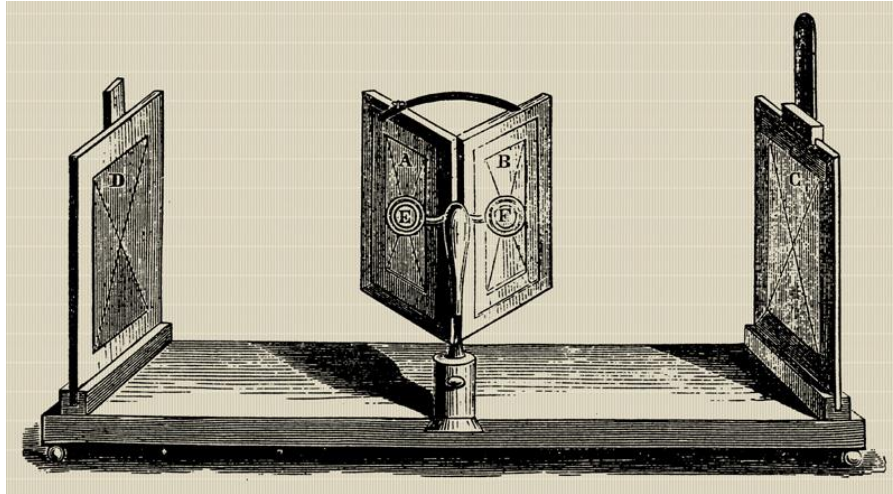


Figura 2 O Estereoscópio de Sir Charles Wheatstone, 1836. Fonte: Wikimedia Commons

Atualmente, os equipamentos de realidade virtual (como os que estão referidos mais à frente), representam uma ferramenta de entretenimento e suporte para várias obras multimídia. O principal fator que difere este tipo de suporte dos outros (como os monitores comuns) é a imersão, ou a sensação de presença do utilizador no ambiente.

O surgir do *Oculus Rift* (Figura 3) no mercado em 2011 (Kumparak, 2014), foi a faísca necessária para o início de uma revolução das tecnologias disponíveis na realidade virtual. Este pico no interesse neste tipo de tecnologias, resultou numa rápida evolução das interfaces em realidade virtual, existindo atualmente disponíveis várias opções no mercado. *HTC Vive*, *Oculus Quest* ou o *Valve Index*, são alguns exemplos deste avanço expedito.



Figura 3 Kit de desenvolvimento do primeiro Oculus Rift. Fonte: Virtual Reality Reporter

Uma solução mais acessível do que estas, é o Google *Cardboard* (Google, n.d.) (Figura 4). Baseado no efeito estereoscópico dos dispositivos mais avançados, o Google

Cardboard apresenta uma solução que se apoia na visualização 3D a olho nu (Kovacs et al., 2015). Isto fez com que as experiências VR em dispositivos móveis se tornassem mais acessíveis, sabendo que as únicas limitações estão relacionadas com o dispositivo que seria equipado no *Cardboard*.



Figura 4 Google Cardboard. O dispositivo móvel é colocado num compartimento na parte da frente. Fonte: Solve-os

A *HTC*, em 2015, anunciou o *Vive* (D’Orazio, 2015) (Figura 5), que foi lançado para o mercado em 2016. Juntamente com a *Valve*, a *HTC* criou um *headset* capaz de detetar a posição da cabeça, graças a sensores giroscópicos, acelerómetros e sensores laser, com uma margem de 1 décimo de grau. Isto permitiu uma maior mobilidade no espaço virtual, tornando a utilização dos comandos apenas necessária para grandes distâncias dentro desse espaço. O *headset* tem uma resolução 1080 x 1200 pixels por olho, uma taxa de atualização de 90 Hz e um microfone integrado (Vive, n.d.), tornando-o um dos melhores dispositivos do seu tempo e subindo a fasquia dos *headsets* topo de gama.



Figura 5 HTC Vive com comandos e sensores – Fonte: TIME Magazine

2.2 Ambientes Virtuais

Desde sempre, o ser humano confiou nos seus sentidos para perceber o mundo à sua volta. No entanto, o livro *Meditações sobre a Filosofia Primeira* (Descartes, 1641), sugere que não existe verdade absoluta e que os sentidos que usamos para discernir a realidade da ilusão podem ser enganados. Os ambientes virtuais baseiam-se nesta capacidade de iludir os sentidos para criar outras realidades (Hale & Stanney, 2015). Um mundo virtual tem como objetivo ser tão sensorialmente informativo como o mundo real para fomentar imersão. Isto acontece através das interfaces homem-máquina que estimulam os sentidos visuais, auditivos, táteis e, em alguns casos, olfatórios, de forma a apresentar a informação sobre dito ambiente virtual ao utilizador (Hale & Stanney, 2015).

Os ambientes virtuais têm vindo a tornar-se cada vez mais interessantes e complexos, acompanhando o constante avanço da tecnologia e as capacidades de reprodução gráfica com alta definição e detalhe, incluindo também uma interação mais profunda. O design dos ambientes tem várias funções, seja para dirigir a atenção do utilizador para uma narrativa ou para o utilizador conseguir formular uma relação com a sua estética, seja pela abstração ou por ser mais realista e figurativo.

Por volta de 1990, pouca atenção era dada à maneira de como os ambientes virtuais deveriam de ser criados. Este dava-se principalmente porque a maior parte dos ambientes virtuais eram usados como uma prova de conceito, com representações limitadas, produzidas com base numa abordagem tentativa-erro, de um modo acelerado e com pouca atenção ao detalhe. Esta abordagem surge com o objetivo de vender o conceito de ambientes virtuais a organizações que os pudessem utilizar. Uma segunda razão para o fraco desenvolvimento de ambientes virtuais surge da confidencialidade associada a projetos militares e comerciais (Eastgate et al., 2015). Uma terceira razão surge de uma falta de motivação científica para a publicação de progresso no design de ambientes virtuais, uma vez que se considerava que a sua única aplicação seria na área dos jogos de computador. Os criadores também não teriam boas razões comerciais para publicar qualquer documento relativo ao design e ao processo de desenvolvimento dos ambientes virtuais. Por último, os ambientes virtuais eram usados como protótipos, permitindo que os designers de interação, em particular os designers com especialidade em ergonomia e psicologia da perceção, experimentassem os vários aspetos das ex-

periências virtuais e os fatores da usabilidade dos ambientes virtuais (Eastgate et al., 2015). Os ambientes virtuais assumem várias formas dependendo do seu uso e têm evoluído com a necessidade de manter uma interação coerente entre o humano e a máquina. A publicação dos processos de criação, permitiram estudos mais aprofundados sobre os métodos mais eficazes para manter esta coerência.

Atualmente, existem normas e métodos que definem a qualidade de um ambiente virtual. A tecnologia capaz de processar estes ambientes torna-se cada vez mais competente em criar mundos virtuais imersivos, credíveis e com cada vez mais qualidade para melhorar a experiência do utilizador. Graças a isto, é possível criar ambientes virtuais que acompanham o utilizador numa experiência artística, lúdica ou simplesmente utilitária. Nesta secção, os projetos escolhidos focam-se nos aspetos mais imersivos e artísticos que os ambientes virtuais podem proporcionar.

Em 2019 na XIII Bienal de la Habana, foi apresentada uma recriação à escala, de uma floresta temperada coberta de neve, em realidade virtual. Este ecossistema é considerado património mundial pela UNESCO. Este projeto, promovido pela organização *Open This End*, e denominado de *ON, Bosque Templado. Invierno* (Figura 6), envolve o utilizador numa floresta coberta de neve, onde os sons da natureza e o detalhe de cada elemento que este ambiente contém, transmitem uma sensação incrível e aproximada ao que uma floresta real proporciona. Este projeto foi realizado com o objetivo de juntar arte com natureza e novas tecnologias (Open This End, 2019). Este tipo de ambientes são um bom alvo de investigação para o desenvolvimento do *Sensory Medley*. A atenção ao detalhe e a captura da essência de uma floresta real é bem conseguida, tornando-o numa grande inspiração para um ambiente mais figurativo e diretamente reconhecível pelo utilizador.



Figura 6 Captura de ON, Bosque Templado. Invierno de Open This End. Fonte: Open This End

Num ponto de vista mais interativo, podemos considerar o *Job Simulator: The 2050 Archives* (Figura 7), que foi desenvolvido e lançado pela *Owlchemy Labs* em 2016. Neste jogo em realidade virtual, o jogador desempenha o papel de trabalhador num museu de emprego gerenciado por robôs. Os vários empregos são caricaturas de empregos reais como mecânico, chefe gourmet, empregado de mesa e empregado de escritório (“Job Simulator”, n.d.). O objetivo do jogador é concluir as várias tarefas que são dadas pelo robô que o acompanha. No entanto as formas de como o utilizador desempenha estas tarefas estão limitadas à sua imaginação, visto que o jogo oferece uma liberdade criativa na forma de como as tarefas são concluídas. Para jogar, é necessário ter um dispositivo de VR que seja acompanhado por periféricos que permitam a leitura da posição das mãos do utilizador, como os comandos do *HTC Vive*, *Oculus Touch* (Pocket-lint, 2016) ou o *Valve Index*. O elemento que se notou mais importante neste jogo foi a interação. O *Sensory Medley* vai ter a interação centrada no utilizador. Isto é, o utilizador é que vai causar mudanças e criar uma certa narrativa dentro do ambiente, por isso é importante ter em atenção o tipo de interações que o projeto final vai disponibilizar, tendo em atenção o efeito ação-consequência e a liberdade criativa que jogos como o *Job Simulator* têm. Para além disto, o jogo apresenta os vários elementos interativos dentro do ambiente como se fosse uma mesa de trabalho, deixando o utilizador explorar e testar as suas propriedades e reações com outros elementos. Esta forma de apre-

sentação indica um bom método que incentiva o utilizador a procurar a função de cada objeto.



Figura 7 Nível de mecânica no Job Simulator. Fonte: Owlchemy

Xavier Neves, ou Vier Nev (nome artístico), é um artista multifacetado, que se interessa por várias áreas artísticas, nomeadamente a ilustração e a realidade virtual. Em 2018, desenvolve um projeto denominado de *Dar Cria* (Figura 8), onde junta estas duas formas de arte numa experiência de realidade virtual. Nesta experiência, o utilizador entra num ambiente onde as ilustrações de dupla interpretação de Vier Nev ganham vida (Vier Nev, n.d.). O utilizador é livre de explorar este ambiente como pretender e, adicionalmente, pode recorrer a um portal para ser transportado ou visualizar uma realidade alternativa, onde as ilustrações adquirem um segundo significado. Isto permite visualizar várias narrativas onde as interpretações dependem completamente do utilizador. Tal como o *ON, Bosque Templado. Invierno*, o ambiente do *Dar Cria* tem uma atmosfera que incentiva a exploração e interação do utilizador, mesmo sendo muito mais abstrato. O áudio e visuais criam uma sensação de presença e imersão, aspetos fundamentais de um ambiente virtual bem construído. Tem um carácter narratológico mais livre, que carece a própria interpretação do utilizador para cada ilustração. O modelo de interação e o próprio design espacial do *Dar Cria* foram importantes para a criação do *Sensory Medley*. Influenciou a mecânica de controlo da estética do ambiente com as ações do utilizador, um fator importante na experiência do *Sensory Medley*.



Figura 8 Uma das Ilustrações de Vier Nev, disponível na sua experiência de VR "Dar Cria"

2.3 Instalações em Realidade Virtual

As instalações representam um suporte artístico com bastante potencial criativo, cuja mensagem pode ser clara ou ceder a sua interpretação para a audiência. Por vezes a audiência tem um papel influente no produto final e como a instalação se comporta. A este tipo de instalações dá-se o nome de instalações interativas. Geralmente as instalações são compostas elementos físicos tangíveis, mas em certos casos, o uso de tecnologias como a realidade virtual neste tipo de instalações, torna-se um elemento importante que dá ênfase à imersão do utilizador. Embora esta tecnologia possa inibir o uso de objetos físicos, a realidade virtual também pode ser considerada como uma extensão da interação do utilizador com a instalação, possibilitando experiências que não seriam realizáveis sem estas interfaces.

Um exemplo interessante deste género de instalações é o *Osmose* (Figura 9) criado por *Char Davies* em 1995. Trata-se de uma instalação interativa em realidade virtual que dá ênfase à exploração. Contém vários ambientes temáticos baseados em aspetos metamórficos da natureza. Para além dos gráficos serem interessantes, os métodos de navegação dão uma nova vida ao termo *embodiment* (encarnação). Para interagir

com a instalação, o utilizador deve colocar dois dispositivos: um *headset* de realidade virtual e um colete capaz de medir o volume da caixa torácica, ligado por um cabo que deteta o peso do utilizador. Com o colete, o utilizador consegue usar a respiração para alterar a sua altitude no espaço, inspirando o utilizador vai “flutuar”, ao expirar ele desce. O cabo ligado a este colete, mede a força que o utilizador exerce permitindo a alteração da direção. Segundo a artista, este método foi inspirado por uma prática semelhante, exercida no mergulho de profundidade para controlar a impulsão. É relevante realçar este tipo de interação e tentar aplicar métodos que não sejam comuns, mas efetivos na transmissão de sensações. Segundo o artigo relacionado com este trabalho, aproximadamente 25,000 (vinte e cinco mil) participantes experimentaram esta instalação e muitos referiram que redescobriram uma parte deles mesmos e que se tornaram conscientes de estarem vivos e de existirem no mundo (Char Davies, 1998). Sendo assim, o *Sensory Medley* inspira-se em alguns aspetos que fazem parte do *Osmose*, como o ambiente ou a interação.

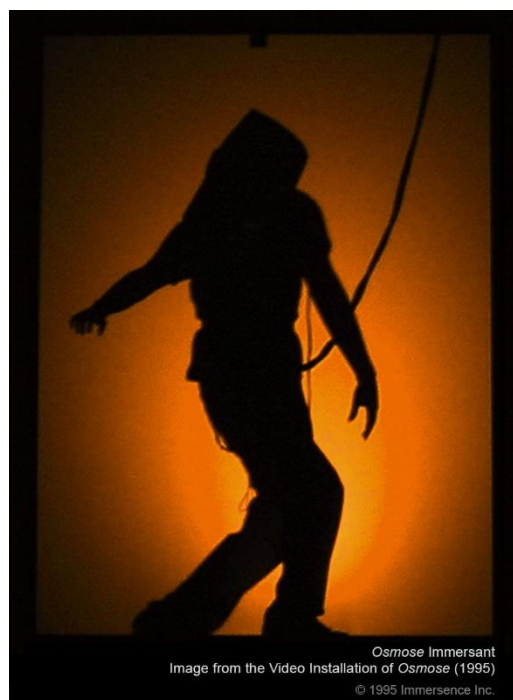


Figura 9 Participante no projeto *Osmose* de Char Davies. Fonte: Immersence

A Disney dispõe de um centro de investigação, onde são exploradas várias tecnologias inovadoras. Estes projetos são documentados e arquivados para acesso público¹. Um destes projetos é o *IRIDIUM+* (Figura 10), criado por Maggie Kosek, Babis Koniaris, David Sinclair, Desislava Markova, Fraser Rothnie, Lanny Smoot e Kenny Mitchell. A

¹ Laboratório de investigação da Disney: <https://la.disneyresearch.com/>

instalação propõe e cria um modelo de interação imersivo entre uma narrativa linear e o utilizador, a partir um *headset* VR e outros elementos exteriores que estimulam o tato no utilizador. A instalação é composta por um conjunto de ventoinhas que simulam as correntes de ar do ambiente virtual em que o utilizador se encontra como o bafo de uma criatura ou uma porta a abrir-se para o exterior (*Air Haptics*) e de um tapete háptico que produz uma vibração para tentar replicar a textura do solo do mesmo ambiente (*Walkable Haptics*). Adicionalmente, a instalação dispõe de um sistema *surround* que melhora a imersão e a espacialização (Kosek et al., 2017). Com esta instalação, o utilizador consegue incorporar-se no espaço, possibilitando uma maior imersão e conexão com a narrativa. De um ponto de vista mais técnico, torna possível a sincronização de vários pontos na narrativa com os periféricos disponíveis, acionando-os e recriando o ambiente digital no real. Este projeto foi a principal inspiração para a idealização do *Sensory Meldey*. Os elementos e a sua disposição indicaram uma solução para recriar a sensação de sinestesia, com a utilização das ventoinhas juntamente com os dispensadores de aromas.



Figura 10 Diagrama a indicar as várias impressões disponíveis no IRI DiuM+. Fonte: Disney Research

Em 2020 realizou-se o Ars Electronica e foi distribuído por uma componente online e outra presencial. Isto tornou-se num desafio para alguns artistas. O facto de ser online significa que para cada individuo conseguir experienciar os projetos, teria de ter as interfaces necessárias para o fazer. Nesse caso uma das submissões foi a de Mohsen Hazrati et al., denominada de *Stargazer* (Hazrati, 2020) (Figura 11). Esta “instalação virtual”, juntamente com a sua parte local, incentiva os utilizadores a interagir, criar e partilhar as suas próprias mini narrativas com imagens, questionando os conceitos de comunicação, distância, tempo e presença. Segundo a página oficial do artista, “é como mandar uma mensagem numa garrafa par o espaço: as mensagens alteram a projeção da cúpula em Barcelona, onde os visitantes observam as mudanças no seu ambiente

em tempo real” (Hazrati, 2020). Adicionalmente, refere que o projeto foi inspirado na “compreensão pré-científica do cosmos, materializado em sólidos Platônicos” (Ars Electronica, 2020). É importante compreender que durante uma pandemia, existem problemas que requerem soluções eficazes. Este projeto pode ser um exemplo de uma solução criativa para o problema da presença, devido ao impacto que os utilizadores online têm sobre a instalação local em Barcelona, deixando a sua marca mesmo não estando presentes fisicamente. Com isto, este projeto representa uma boa fonte de inspiração para soluções na fase de testes caso não seja conveniente a realização de testes em ambiente físico. Para além disso poderá ser uma inspiração para uma experiência coletiva, ainda que o aspeto sinestésico possa não ser simulado devido à falta de equipamento por parte dos outros utilizadores.

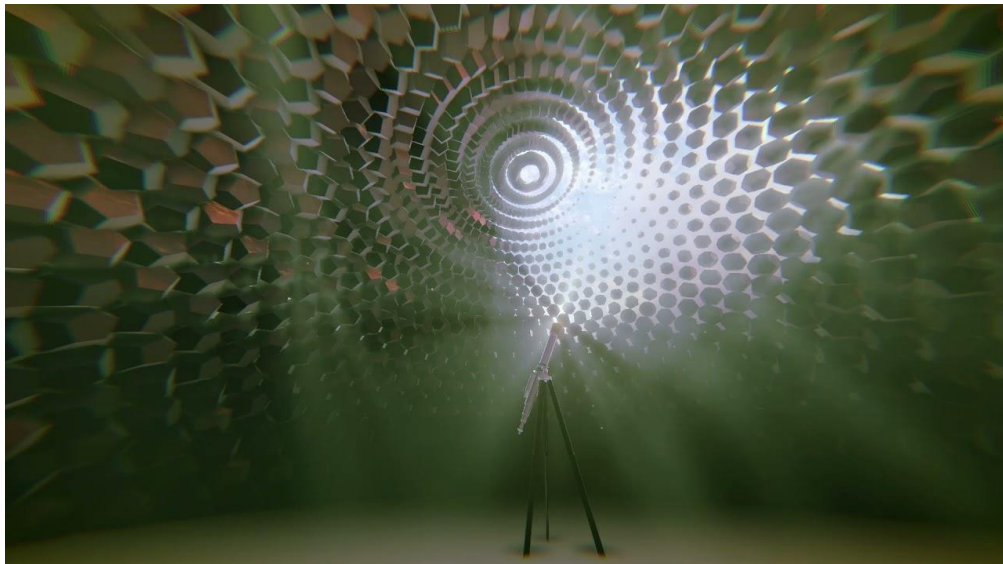


Figura 11 Instalação de duas partes, Stargazer por Mohsen Hazrati. Fonte: Youtube

2.4 Sinestesia

Como já foi referido a sinestesia significa a percepção involuntária de diferentes impressões sensoriais sem relação, por isso mesmo também pode ser tratada como a fusão dos sentidos. Existem duas abordagens quanto à sinestesia. Num ponto de vista neurológico, a sinestesia difere-se das tentativas de expor semelhanças entre modalidades sensoriais, como entre o som e a cor, em termos de uma ligação que está obscura a um indivíduo, outro ponto de vista é o mais relacionado como um meio estilístico, principalmente encontrado em literatura romântica e simbolista (Hinderk, n.d.). Segundo Peter. G Grossenbacher (Hinderk, n.d.), existem 3 tipos de sinestesia que podem ser

distinguidos de acordo com a sua origem: as constantes, que acontecem em indivíduos com sinestesia genuína, onde este efeito está sempre presente; aquelas cujas ligações acontecem devido a um certo estado neuropatológico; e a sinestesia induzida por meio de psicotrópicos. No entanto, estes tipos de sinestesia implicam que o indivíduo tenha um estado mental alterado ou a existência genuína de sinestesia, por isso, neste documento só estão referidos exemplos de sinestesia simulada digitalmente ou por outros meios artísticos.

Oskar Fischinger foi o responsável por traduzir várias peças de música clássica em animações onde as formas movem-se ou “dançam” com a sinfonia (Figura 12). Dedicou-se praticamente à forma abstrata da representação musical. Considera-se que ele era o precursor da sincronia entre o som e as imagens em movimento (Correia, 2013). Estes filmes representam um dos exemplos mais maduros de animação reativa. Não tinham atores ou um enredo, mas mostravam um poder de comunicar experiências emocionais e sensações sinestésicas. Fischinger conseguiu inspirar outros artistas como John Whitney, que criou o *Catalog* em 1961. Trabalhos como “*Study no 8*” representam uma forma interessante de batizar os seus projetos da mesma forma que um compositor denomina os seus. A abordagem mais abstrata de Oskar Fischinger é uma fonte enorme de inspiração. As formas a serem criadas e a cessarem a sua existência mostram a beleza disponível num projeto de sinestesia que no caso de Fischinger demonstra isso em duas dimensões.

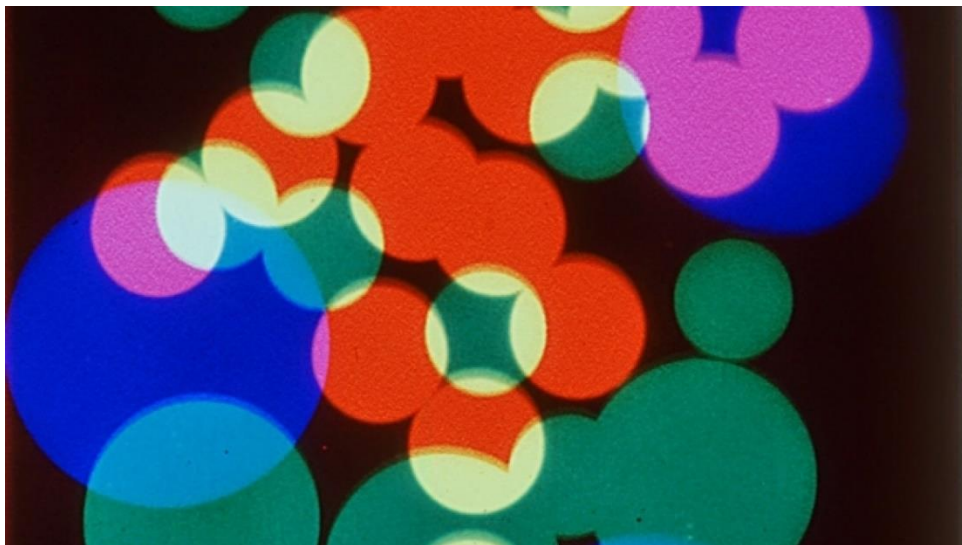


Figura 12 *An Optical Poem* de Oskar Fischinger, 1938. Fonte: IMDb

Em 1919, Thomas Wilfred construiu um *color organ* que transformou positivamente o caminho das performances. O Clavilux permitia a execução de performances

silenciosas denominadas de Lumia (Figura 13), que é um termo cunhado pelo artista. Estas performances incluíam o Clavilux para moldar a luz criando efeitos místicos e dramáticos, transformando-a numa forma de expressão. Mesmo que o Clavilux fosse considerado um órgão de cor (color organ), era muito diferente dos outros. Não produzia som, apenas moldava a luz e a cor. Wilfred transmitia conceitos abstratos e estéticos e o público teria a liberdade de materializar as formas, cores e movimentos nas suas visões pessoais, fundindo o imaginário com o real (Correia, 2013). O instrumento era composto de lentes espelhos e luzes coloridas. Era operado através de teclas tal como um órgão comum. Uma tecla, ao ser pressionada, iria determinar a posição de cada disco dentro de três conjuntos de discos contidos em três câmaras de luz (Carvalho, 2013). Wilfred fundou o *Art Institute of Light* em Nova Iorque e deu vários concertos *Lumia* nos Estados Unidos e na Europa, inclusive na exposição de Art Decó em Paris (Moritz, 1994). Este projeto mostra-se relevante para a experiência sinestésica, devido à maneira de como os visuais são apresentados. Demonstra um exemplo fundamental para a criação de gráficos e animações abstratas esteticamente atrativas.

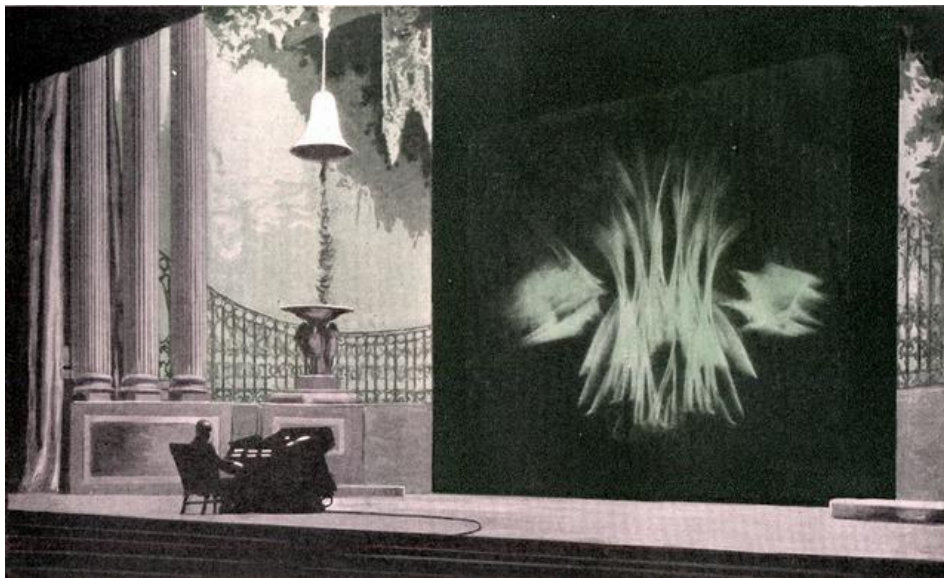


Figura 13 Concerto Lumia com Thomas Wilfred a operar o Clavilux. Fonte: Alchetron

Ao surgirem mais soluções de realidade virtual para dispositivos móveis, a quantidade de aplicações com experiências de realidade virtual aumentou. Algumas mais lineares outras mais interativas. A *denkwerk* criou uma experiência virtual para iOS e Android chamada *Synesthesia VR* (denkwerk, n.d.), onde o utilizador tem acesso a um ambiente abstrato, mas familiar. O utilizador recebe algumas indicações de como interagir com esse mesmo ambiente e a sua atenção é direcionada para esferas. Para avan-

çar na narrativa, o utilizador tem de centrar o seu olhar nas, enquanto recebe sons e animações que reagem entre si e alteram o ambiente em redor. Isto, sincronizado com a vibração do telemóvel, cria um diálogo entre o utilizador e o ambiente único e interessante. A simplicidade na forma de como esta aplicação consegue simular até certo ponto a sensação de sinestesia serve tanto de inspiração como uma alternativa caso fosse necessário criar um projeto mais simples, quer para testes, quer para uma versão final.

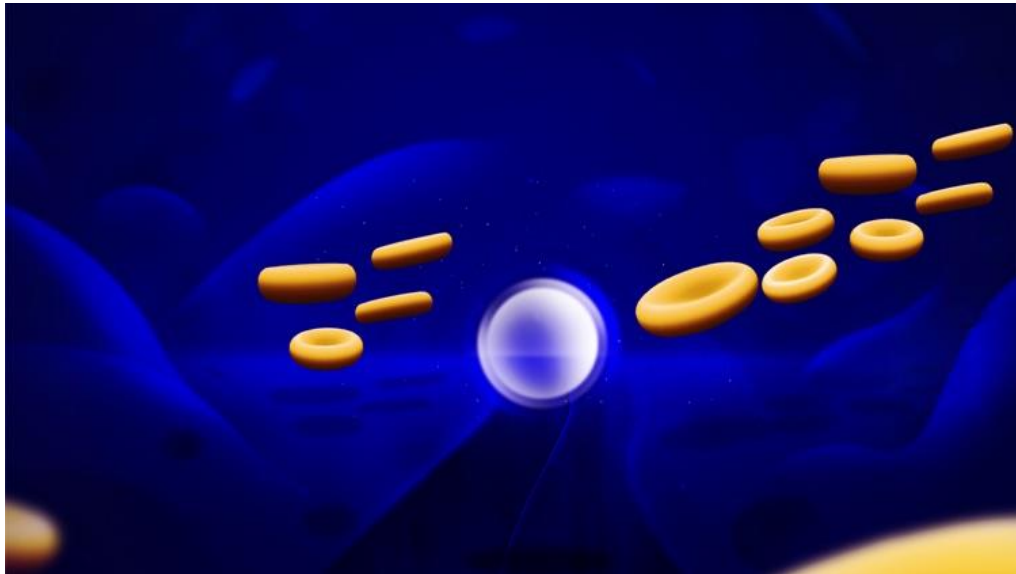


Figura 14 Captura de um dos níveis do Synesthesia de denkwerk GmbH. Fonte: AppAdvice

Em maio de 2019 a *FeelReal.inc* iniciou e concluiu a sua campanha no *Indiegogo* (“Feelreal–The World’s First Multisensory VR Mask”, n.d.) para a sua máscara multisensorial. Esta máscara pretendia expandir a experiência de realidade virtual adicionando elementos como calor, humidade, vento e vibração. A máscara foi criada para se adaptar à maioria dos *headsets*, sejam eles para consolas, computadores ou dispositivos móveis, e adiciona mais sensações à experiência, tornando-a mais imersiva e cativante. A máscara pode ser usada para filmes, meditação guiada, aromaterapia e o *FeelReal Dreams*, um programa onde o utilizador pode participar em várias experiências criadas pelo próprio estúdio, no sentido de apresentar novas possibilidades sensoriais. Atualmente, jogos como *The Elder Scrolls V: Skyrim* podem usufruir desta tecnologia através do SDK da *FeelReal* (“FEELREAL Multisensory VR Mask”, n.d.). Embora esta máscara esteja fora do orçamento disponível para o desenvolvimento do *Sensory Medley* e alguns problemas relacionados com as leis dos E.U.A. sobre vaporizadores, é interessante conhecer as várias soluções que se encontram disponíveis e tentar aproveitar algum do conhecimento que partilham, como um incentivo para criar outras soluções



Figura 15 Mascara FeelReal conectada a um HTC VIVE. Fonte: FeelReal

A reflexão sobre os trabalhos e teoria apresentados contextualizam o *Sensory Medley*. Foram incluídos projetos que incidem sobre a estética, interação e métodos que poderiam ser adotados e serviram de inspiração para o desenvolvimento do projeto. Por outro lado, alguns projetos apresentam ferramentas e metodologias que podem ser utilizadas ou ajustadas até certo ponto para a criação do projeto.

3 – DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Neste capítulo está descrito o desenvolvimento do protótipo que teve origem no projeto Sinestesia Expandida. A metodologia utilizada foi a *Practice Based Research*, que é comum a vários outros projetos multimídia artísticos. Esta preferência pode ser justificada pela abordagem prática e constante aplicação de testes, de forma a aprimorar um dado projeto (Candy et al., 2006). Este capítulo está dividido em 6 partes que descrevem o conceito, ambientes virtuais, as tecnologias usadas e a metodologia adotada.

3.1 Conceito

No âmbito do projeto de investigação sobre a sinestesia expandida, foi desenvolvido o protótipo denominado *Sensory Medley*. A sinestesia expandida aborda a procura de uma solução para a criação de ambientes de experimentação e interpretação virtual da sinestesia que facilitem a combinação sensorial. Isto é, procurou-se investigar de que maneira é que a sinestesia pode ser simulada num ambiente virtual. O objetivo principal do *Sensory Medley* é, então, simular a sinestesia num ambiente imersivo de realidade virtual, onde a visão, o som, o tato e o olfato se combinam. Isto requer responder a algumas questões:

- 1) Como é que os sentidos se vão combinar?
- 2) Que tipo de ambiente é que vai ser construído?
- 3) Como é que o utilizador vai interagir com o protótipo?

Estas perguntas serão respondidas com mais detalhe ao longo deste capítulo, visto que as respostas sofreram mudanças desde o início da conceitualização do protótipo. Contudo, ficou definido que:

- 1) Os sentidos deveriam ter uma combinação cruzada, ou seja, a visão combina com o som, o som com o tato, e o tato com o olfato.
- 2) Os 4 ambientes que foram desenvolvidos, deverão nascer a partir de uma narrativa. A existência de uma narrativa não implica que o utilizador a reconheça, a experiência é funcional mesmo sem uma narrativa. A narrativa, no entanto, apresenta uma envolvência, um enquadramento que facilita a experimentação e a perceção. Ao criar uma narrativa, é colocada uma âncora no tema de cada ambiente, facilitando a sua criação e dando um carácter mais

artístico ao protótipo. Para além disto, a inclusão de uma narrativa é também um cunho pessoal no desenvolvimento de projetos artísticos do autor.

- 3) O utilizador poderá interagir com o ambiente de uma forma iterativa, aprendendo o que cada interação produz à medida que a vai experimentando.

É a partir das interações que os sentidos se misturam. A visão combina com a audição no momento em que o utilizador toca num objeto e este produz um som, o som causa vibrações nos periféricos e mudanças no ambiente e os aromas são sentidos e vistos quando o utilizador toca num objeto. Adicionalmente, é relevante indicar que o público-alvo deste protótipo apresenta uma faixa etária que vai dos 18 aos 25 anos. Isto justifica-se pelas referências de cultura popular inseridas em alguns cenários, apresentarem temas intensos.

3.2 Ambientes

Como já foi referido, os ambientes seguem uma ordem narratológica. Embora apenas um dos ambientes tenha sido completamente integrado na versão final do protótipo, é importante compreender o que cada ambiente representa no contexto da narrativa e que mudanças foram sofrendo.

A narrativa pode ser facilmente compreendida como a evolução da vida e as suas dificuldades. Efetivamente, a narrativa apresenta uma ordem sequencial evolutiva, que tem início no *Unknown Space*, ambiente que representa a origem do indivíduo. O segundo ambiente, o *Anxious Sea*, interpreta as dúvidas, o medo, a solidão e outras adversidades que o crescimento pode abarcar. Segue-se o *Artificial Land*, que representa o crescimento e a superação das adversidades da fase anterior. O último ambiente, o *Serene Garden*, é a contemplação do caminho percorrido nos outros cenários e tudo o que foi feito até agora. Seguindo a mesma ordem, os ambientes serão descritos com mais detalhe. Para cada ambiente foi feito um diagrama inicial que pode ser analisado nos anexos (Anexo A).

Unknown Space

O *Unknown Space* designa o espaço desconhecido, o ponto de partida da vida e da narrativa do indivíduo. Tendo em conta estes temas, é também o cenário perfeito para o começo da experiência, dando a oportunidade ao utilizador para conseguir

aprender e habituar-se aos controles e às mecânicas da experiência. Foi dado bastante ênfase à sensação de profundidade, visto que o nascer de uma pessoa está relacionado com a exploração de um mundo, sem ter ideia das suas dimensões, daí outra razão para o ambiente ser o espaço. Os objetos são simples e apresentam cores distintas, isto tem uma ligação à narrativa, servindo duma referência aos brinquedos mais simples da infância. O cenário, no seu estado neutro é caracterizado por um ambiente pouco saturado que vai intensificado com as interações, desta forma, as variações cromáticas são destacadas com o movimento, estimulando a manipulação dos objetos por parte do utilizador. Os sons escolhidos têm bastante reverberação que, mais uma vez, servem de indicação para as incríveis dimensões que o ambiente proporciona. O ambiente na sua versão final adquire a aparência da figura 16.

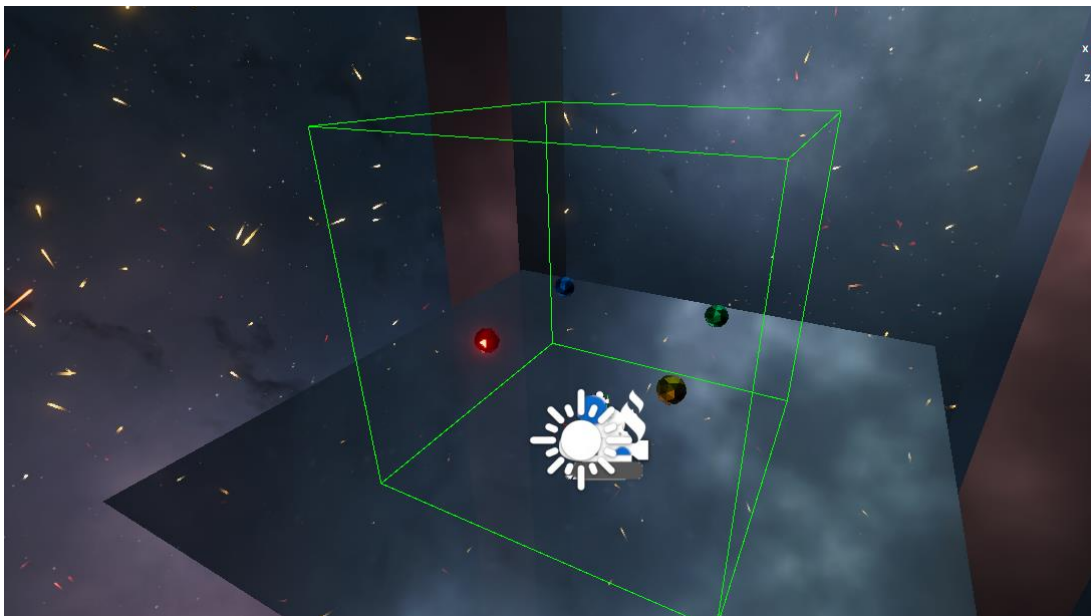


Figura 16 Estética final do ambiente *Unknown Space* no editor do Unity. A caixa verde representa o espaço que o UnityXR usa para fazer os cálculos de distância.

Anxious Sea

A designação do *Anxious Sea* procura representar o crescimento do indivíduo e todas as dúvidas e ansiedades que este carrega. O design do espaço foi inspirado no filme *The End of Evangelion* (Anno Hideaki & Tsurumaki Kazuya, 1997), em particular a última cena do filme. O filme aborda temas explorados no *Anxious Sea* como o medo, ansiedade, depressão, solidão e questões relacionadas com a confiança. O mar neste ambiente é sinónimo do desconhecido. Profundo, misterioso e escuro. O utilizador encontra-se numa plataforma rodeado de água e cabeças afundadas, umas mais do que

outras. Estas cabeças podem ser associadas às tentativas falhadas sobre a procura de identidade e subsequente compunção. À volta do ambiente existe uma baleia voadora, que com o decorrer do tempo, apanha o utilizador de surpresa depois de ser agarrada e levada até ao fundo do mar por uma mão gigante. Este evento é simbólico do repentino despertar de um sonho. Neste cenário as interações por parte do utilizador têm um impacto mais ativo no cenário, fazendo com que este se alterasse através de animações. Por exemplo, existe outra mão, diretamente em frente do utilizador, mas esta não fará nada até que o utilizador interagisse com uma mão muito mais pequena. Em termos sinestésicos, os objetos interativos não só reproduziam um som quando eram agarrados, mas também reproduziam um som que reagia com o movimento a que eram sujeitos depois de agarrados. Mais uma vez, o som tem uma representação visual, desta vez a partir de animações 2D abstratas que surgem momentaneamente à volta do objeto e reagem com a intensidade sonora. Estas animações tentam virtualizar a sinestesia visão-audição, em que o indivíduo consegue associar cores e formas ao som. Adicionalmente o toque era estimulado através da vibração dos periféricos dependendo da intensidade do movimento e, do mesmo modo, o aroma seria acionado (tato-olfato) tendo também uma representação visual através de partículas (olfato-visão).



Figura 17 Estado atual do ambiente Anxious Sea

Artificial Field

O *Artificial Field* designa-se por uma fase menos agitada e tenebrosa na vida do indivíduo, onde este constrói memórias e contempla o mundo à sua volta harmoniosamente. O utilizador é transportado para um cenário de grandes dimensões, povoado com árvores e montanhas e um lago que preenche o vale. Esta tipologia pode ser considerada mais familiar devido aos elementos naturais, aspetos que induzem um cenário mais aproximado ao mundo real, sugerindo que o indivíduo, nesta parte da narrativa, teria uma perceção mais concreta da realidade, após ter sido sujeito a um crescimento atribulado. Um dos aspetos mais importantes deste ambiente seria a presença de objetos artificiais, como por exemplo, torres de transmissão e comboios. Esta escolha transmite a ideia de que este espaço serve de repositório para as memórias do indivíduo, que estão representadas na forma de objetos que vê com frequência. Também é inspirada na série de desenhos animados *Digimon Adventure* (Hiroyuki Kakudo, 1999). Nesta série, existe o mundo digital, que serve de canal de passagem de toda a informação produzida pelos humanos. Ao entrar em contacto com o mundo digital, a informação é virtualizada em figuras geométricas e objetos artificiais como placas de circuito ou até mesmo automóveis. O mundo digital expandiu-se depois de alguns dados ganharem a forma de criaturas, denominadas de *Digimon*, dando origem a vários ecossistemas onde estas criaturas habitam. O design deste mundo, como representado na série, ilustra este conceito através da aparição de comboios, pontes, semáforos e outros objetos produzidos pelos humanos, que, juntamente com as altas montanhas e casas feitas de metal, contribuem para um mundo fantástico e surreal. A inspiração nesta série apoia-se noutro fator, a nostalgia. Tendo em conta que a faixa etária que representa o público-alvo do protótipo cresceu com a série. Os objetos interativos são baseados em ferramentas e objetos artificiais, nomeadamente um comando, uma alavanca, um peluche e um movel com gavetas, que contém objetos do ambiente como esferas translúcidas e cubos brilhantes. Neste ambiente as interações teriam uma reação sinestésica mais experimental. Tocar num objeto produz um som e aciona a vibração do periférico, cuja intensidade está dependente da forma do objeto (tato-visão). O mesmo aplica-se para o som, que é escolhido com base na forma do objeto (visão-audição). Como por exemplo, o som de um cubo teria variações tonais, para simular as arestas e vértices, enquanto que um objeto esférico reproduziria um som mais contínuo e simples, sem

variações tonais. O som tem a representação visual de uma partícula cujo volume reage com a sua intensidade. De forma a fortalecer a ligação entre as variações tonais e a forma do objeto, a partícula percorre o perímetro do objeto (audição-visão). Já o aroma tem uma representação sonora subtil. Cada aroma tem um som contínuo e espacializado, que fornece uma indicação a sua origem. Cada som está associado à intensidade do aroma (olfato-audição).

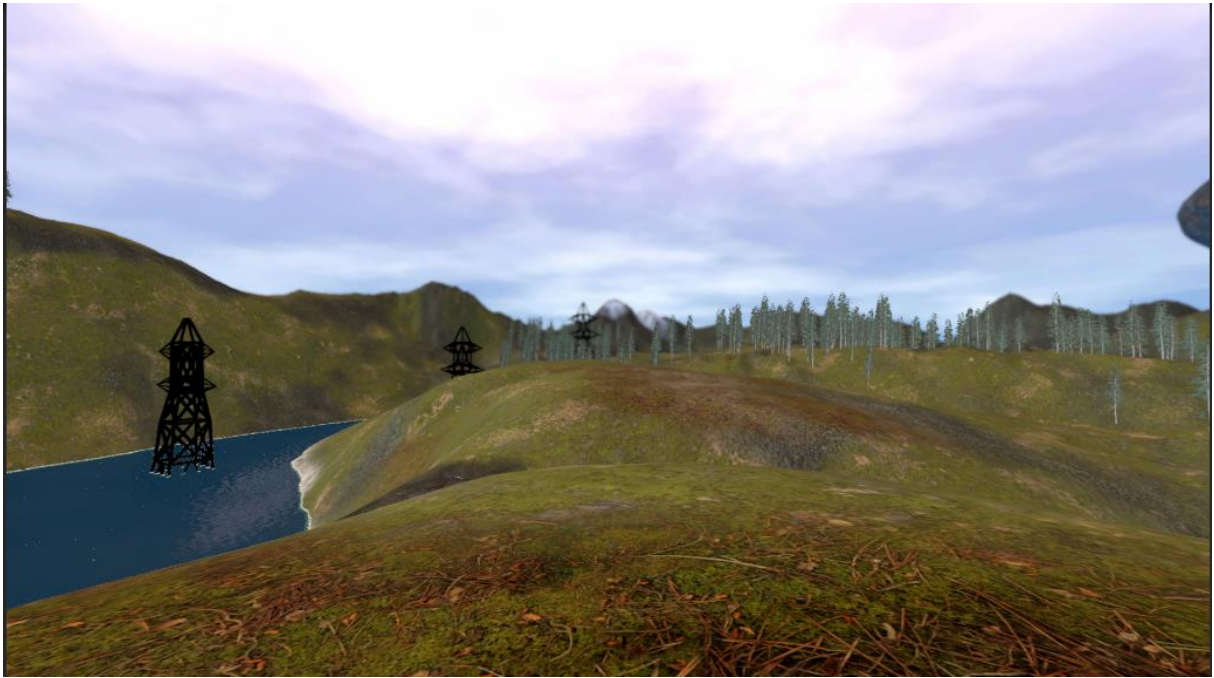


Figura 18 Estado atual do ambiente Artificial Land

Serene Garden

O *Serene Garden* marca o fim da jornada do utilizador. Este ambiente é designado pela harmonia e serenidade e a contemplação da natureza. No contexto da narrativa, o ambiente representa uma fase mais madura do indivíduo, onde medita sobre a sua vida. Sendo o último ambiente, é importante referir que a jornada representada pelos ambientes pode não se enquadrar com o utilizador, mesmo que este compreenda a existência de um tema por detrás dos ambientes. Cada indivíduo tem uma perspetiva diferente da vida e dos temas que esta inclui. A história por detrás dos ambientes retrata um indivíduo que nasceu, cresceu e passou dificuldades, deixou a sua marca e contempla em paz o que construiu. Por isso, a história é considerada um elemento que não tem um impacto direto na experiência do utilizador. O utilizador pode recorrer à interação com as plantas que dispersavam vários aromas. Pode utilizar um regador para fazer crescer mais plantas e pegar num vaso onde pode colocar certos elementos do jardim. O toque reproduz um som e acionava um aroma (tato-olfato), se o objeto fosse

uma planta, então o aroma é associado com a cor da planta, com base numa paleta de cores que será referida mais à frente. O som reproduzido é espacializado e, no caso das plantas criadas pelo utilizador, o som era representado por uma ligeira alteração cromática do ambiente (audição-visão). Isto pretende transmitir a ideia de que aquilo que o indivíduo criou, alterou a sua perspetiva na vida. No caso das flores já existentes o som era representado por partículas que surgiam na planta.

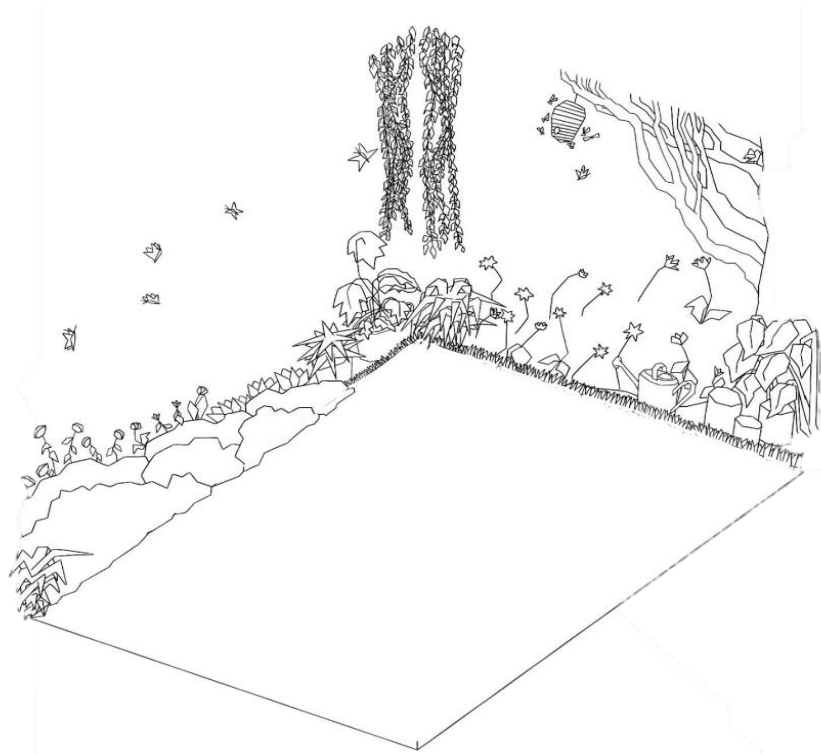


Figura 19 Esboço digitalizado do ambiente Serene Garden

3.3 Requisitos

O protótipo e o seu desenvolvimento passaram por várias fases. Para este desenvolvimento ser possível, foi necessário investigar o *workflow* para VR, programação e guias para uma experiência VR confortável. O uso de circuitos e controladores para gerir os dispensadores implicou uma expansão das bases de conhecimento neste tipo de matérias, introduzindo elementos eletrónicos que nunca tinham sido utilizados em outros projetos pessoais. Esta fase foi uma das mais importantes para fomentar a base da Sinestesia Expandida e por sua vez do *Sensory Medley*.

Esta fase também incluiu identificar os principais modelos de interação que foram utilizados. Visto que a minha experiência com realidade virtual era bastante escassa, direcionei a minha atenção para os modelos de interação de outros projetos. Foram testadas experiências de VR como o *First Steps* e o *Dreamdeck* da *Oculus*, o *Job Simula-*

torda *Owlchemy Labs*, o *TheLab* da *Valve Corporation*, o *Pavlov* da *Vankrupt Games* e até mesmo *softwares* de modelação em 3D como o *Gravity Sketch* ou o *Medium* da *Adobe*. Estas experiências e jogos ajudaram a discernir as várias formas de como o suporte VR era aplicado, especialmente as interações e a forma de como estas comunicavam com o utilizador. Também foi estudado a possibilidade de enjoo durante a utilização de equipamentos VR. Este fenómeno (o enjoo, também conhecido como *motion sickness*) não acontece apenas durante utilização de equipamentos realidade virtual, mas também acontece fora deste contexto, como durante uma viagem de carro. Devido à imersão que é proporcionada pelo VR, a sensação de movimento confunde o cérebro. O movimento no espaço físico é percecionado por várias partes do corpo, como no nervo vestibular do canal auditivo, que funciona como uma balança. Como o movimento acontece no mundo virtual e não no mundo real, isto vai causar confusão no nervo vestibular que resulta no enjoo (Adams, 2018). Visto que no contexto do *Sensory Medley*, o utilizador vai mover-se fisicamente, isto não é um problema. No entanto, é pertinente ter em consideração este fenómeno para futuros projetos.

Para o desenvolvimento do *Sensory Medley*, foram identificados requisitos funcionais relacionados com as suas várias dimensões, nomeadamente nas tecnologias de realidade virtual, no ambiente de autoria multimédia, na componente sonora e na implementação de aromas. Estes requisitos são fundamentais para a implementação de um protótipo que concretize o modelo de sinestesia expandida.

No caso da realidade virtual, o *headset* deve de ser sem fios para promover uma maior liberdade de movimento e amplitude e ter em consideração o conforto e fácil montagem. Adicionalmente, devem de apresentar uma velocidade de representação visual rápida e uma resolução de imagem moderada, enquanto que permita ao utilizador movimentar-se no espaço e rodar a cabeça 360°. O sistema também deverá suportar uma interface de controlo sem fios para as duas mãos com modo háptico e rastreio de posição que ofereça ao utilizador a capacidade de interagir e receber *feedback* sobre as suas interações. Alguns sistemas que se enquadram com estes requisitos incluem a gama de *headsets* VR *Oculus Quest*.

O software de autoria multimédia deve de oferecer as funcionalidades necessárias para criar um ambiente virtual onde acontecerá a experiência. Este software deve também suportar a criação de projetos VR e a devida compatibilidade com o *headset* VR escolhido. Deve permitir a criação de efeitos visuais com animação em tempo real, sejam estes em forma de um sistema de partículas ou outro, de forma que possam reagir com o som ou com as ações do utilizador. Alguns ambientes de autoria, que permitem a criação de experiências em realidade virtual, incluem o *Unity 3D* e o *Unreal Engine*.

Relativamente ao software de criação de conteúdo 3D, deve fornecer as condições necessárias para a modelação e animação de objetos tridimensionais. Isto é facilitado pela funcionalidade de esculpir os objetos, associar armaduras controláveis para efeitos de animação e uma interface compreensível e simples. Podem ser considerados programas como o *Autodesk Maya* e o *Blender*.

A componente sonora pode ser tratada dentro de um ambiente que permita a espacialização do áudio para efeitos de imersão e a modulação de efeitos especiais em tempo real. Adicionalmente, este ambiente deve de proporcionar metodologias que permitam a implementação e controlo do áudio no ambiente de autoria multimédia. Dois dos programas que incluem estas funcionalidades é a plataforma de edição e implementação de áudio *FMODE* e o *Wwise*.

A implementação dos aromas é uma parte importante na execução do modelo da sinestesia expandida. Nesse sentido, será necessária uma instalação de estrutura circular, que envolva o utilizador e onde este se possa mover livremente. Em volta desse círculo é elaborado um quadrado com um dispensador de aroma em cada vértice (Figura 20) direcionados para o centro da instalação. Estes dispensadores precisam de ser controlados e sincronizados com o ambiente virtual e com a interação do utilizador. Para este requisito podem ser considerados a gama de dispensadores de aroma automáticos da *Glade™*.

De forma que os aromas possam ser rapidamente percecionados pelo utilizador, é importante criar fluxos de ar que dispersem os aromas, nomeadamente através de

ventoinhas colocadas perto dos dispersores que possam ser controladas pelo sistema e até direcionadas. Para além disto, é necessário controlar todo este equipamento a partir de um sistema interativo que possa ser suportado por uma placa de prototipagem com microcontrolador. Estas placas devem de ser conectadas a um computador, para que possam ser controladas remotamente pela aplicação de realidade virtual. Alguns exemplos de placas incluem o *ESP32*, o *NodeMCU* e o *Arduino*. Quanto às ventoinhas, podem ser consideradas as que são usadas na refrigeração de computadores.

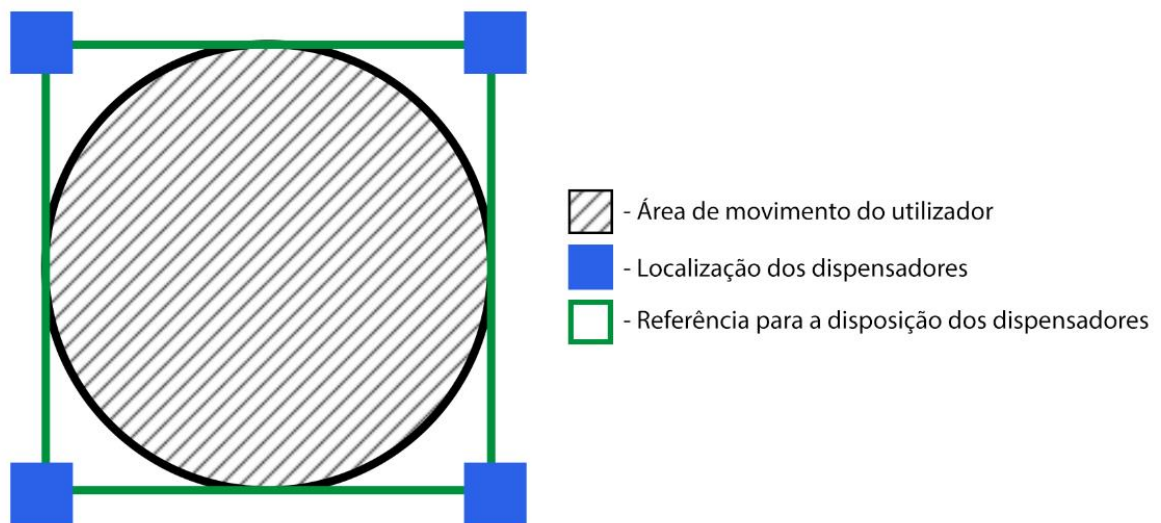


Figura 20 Representação da estrutura da instalação. O círculo com textura representa a área de interação do utilizador, os quadrados azuis a posição dos dispersores e o perímetro do quadrado verde serve de referência para a posição dos dispersores

3.4 Tecnologias

De forma a responder aos requisitos identificados na secção anterior, seguiu-se uma fase de experimentação e seleção das tecnologias e ferramentas que foram utilizadas no desenvolvimento do protótipo. Cada requisito será abordado pela mesma ordem que foram apresentados na secção anterior.

O primeiro requisito está relacionado com a interface de realidade virtual. Visto que eu não possuía nenhuma tecnologia de realidade virtual, foram testadas as que estavam disponíveis na ESMAD, nomeadamente: o *Oculus Quest*, o *Oculus Rift* e o *HTC Vive*. Todos apresentam características relevantes e são alguns dos equipamentos mais poderosos no mercado, no entanto, o *Oculus Rift* necessita de uma conexão constante a

um computador, podendo comprometer o movimento do utilizador. Já o *HTC Vive*, usa sensores de posição a laser que devem de ser colocados num perímetro definido pelo utilizador, dificultando a montagem. Sendo assim, o *Oculus Quest* preenche todos os requisitos necessários. É um equipamento de fácil montagem que não necessita de fios para realizar conexões, vem incluído com comandos de *feedback* háptico, proporciona o conforto do utilizador e uma boa fidelidade de imagem. Adicionalmente, está equipado com alto-falantes embutidos capazes de simular o som espacializado.

O requisito seguinte é relacionado com o ambiente de autoria de multimédia. Para este requisito foram testados dois softwares: o *Unity 3D* e o *Unreal Engine*. São ambos softwares gratuitos recomendados para o desenvolvimento de jogos, cada um com funcionalidades interessantes. Por um lado, o *Unreal Engine* apresenta uma capacidade de representação gráfica da luz complexa e a opção de programar através de um gráfico de nós. Por outro lado, o *Unity 3D*, carece de uma maior atenção no tratamento da luz, mas a programação é realizada num ambiente de desenvolvimento de código em separado. Em termos de integração de tecnologias VR, o *Unity 3D* possui uma abordagem mais acessível através do *Unity XR*. Este *plug-in framework*, desenvolvido pela *Unity*, fornece as ferramentas necessárias para desenvolver experiências VR com um *workflow* simples e automatizado, incluindo a opção de produzir componentes adaptados ao *framework*. Para além disto, existe uma grande comunidade de criadores que usam o *Unity* e partilham as suas experiências quer em artigos, quer em tutoriais. Neste caso, o *framework Unity XR* foi abordado seguindo uma série tutorial disponível no *Youtube* (Valem, 2020). Nesta série, foi criado um ambiente de testes (Figura 21) e foram apresentadas algumas das mecânicas que podiam ser elaboradas com este *framework*, sendo que, parte das mecânicas abordadas foram reutilizadas na construção do protótipo.

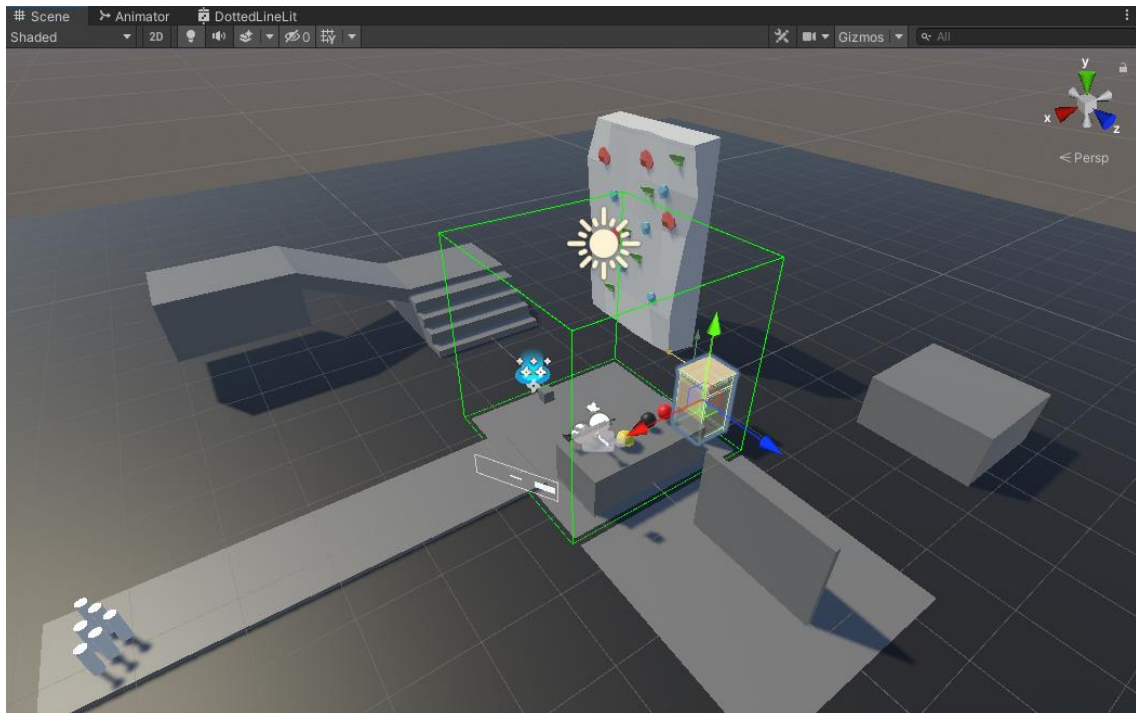


Figura 21 Primeiro Ambiente. Feito com o apoio de um curso disponível no Youtube para introduzir as mecânicas e workflow VR. O objeto selecionado é um armário e ao lado, uma mesa com vários objetos.

Por outro lado, durante as experiências, o *Unreal Engine* mostrou ser menos acessível. Disponibilizava os mesmos recursos que a comunidade *Unity* (documentação e tutoriais), no entanto em menor número. O único vídeo que foi encontrado a abordar a integração e utilização do *Oculus Quest*, mostrava o procedimento da programação no gráfico de nós, mas não desenvolvia qualquer tipo de explicação relativa ao que cada nó fazia ou qual era o objetivo de cada passo, tornando este vídeo confuso e difícil de assimilar. Tendo isto em conta, o software que foi escolhido foi o *Unity 3D*, devido à sua acessibilidade e pelas suas funcionalidades que permitem a criação de efeitos especiais a partir de partículas. Para o controlo dessas mesmas partículas através do som, foi utilizado o *plug-in LaspVFX*², que contem componentes capazes de ler a intensidade do áudio e regular os parâmetros dos efeitos visuais a partir dos dados obtidos. Adicionalmente, é possível controlar as características cromáticas do ambiente através dos componentes *Volume* que dão acesso a efeitos de *post-processing*, que podem ser acedidos por meio de algoritmos.

O próximo requisito aborda a escolha de um software que oferece a capacidade de criar e animar objetos 3D. Ambos os exemplos apresentados nos requisitos, são pro-

² Site *GitHub* onde foi obtido o *plug-in*: <https://github.com/keijiro/Lasp>

gramas sobre os quais eu tenho alguma experiência e que são bastante semelhantes em certos aspectos, no entanto considerou-se o seguinte: o *Maya* é um programa utilizado por várias empresas de várias áreas e apresenta qualidades que promovem o fluxo de trabalho quando são assimiladas pelos utilizadores, no entanto, o *Blender* dispõe de uma interface simples e foi o primeiro programa de modelação 3D a que eu tive acesso e assimilei a maior parte das suas funcionalidades. Desta forma justifica-se a opção pelo *Blender* para a criação de conteúdo 3D. Adicionalmente, o *Blender* contém uma funcionalidade denominada “modificadores”, que são essencialmente algoritmos que quando aplicados a objetos, alteram a sua geometria (Figura 22). Esta funcionalidade pode ser usada para agilizar certos processos ou recriar objetos com uma apresentação diferente.

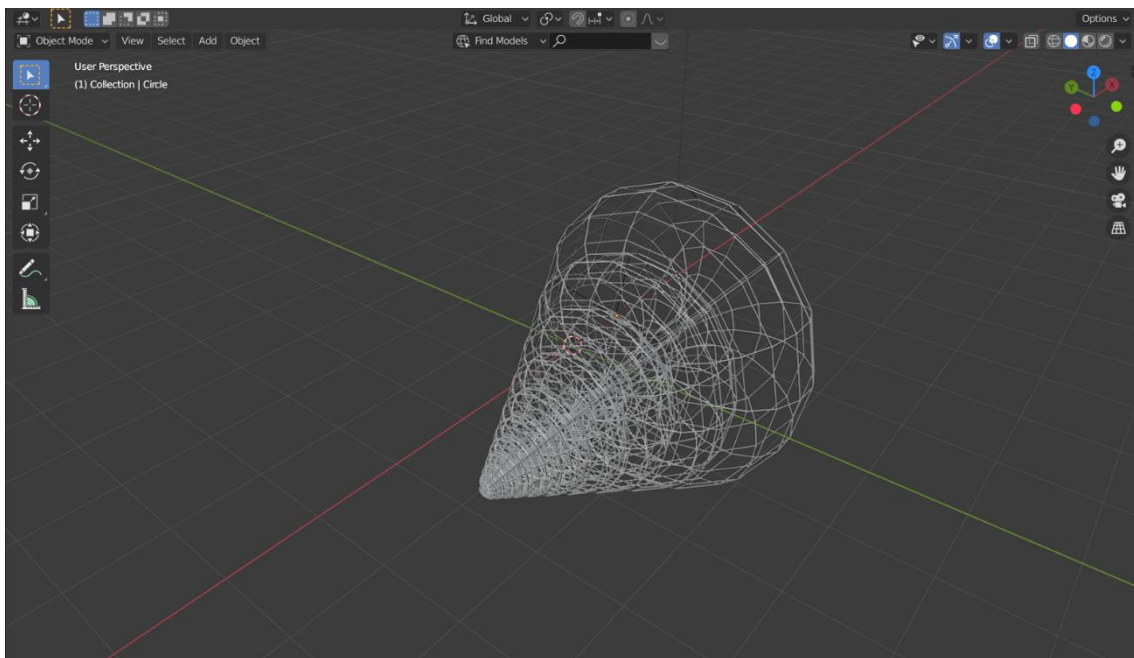


Figura 22 Um dos objetos criados em Blender com o modificador “wireframe”.

Segue-se o próximo requisito, a componente sonora. Para facilitar as ligações sensoriais, é necessária uma plataforma que permita a edição, espacialização e implementação do áudio em tempo real no projeto. Foi escolhido o *FMOD*, por apresentar uma integração acessível no ambiente de autoria multimédia. A escolha deste software foi influenciada pela utilização do *Unity*, e o subsequente número de recursos disponíveis, juntamente com o *plug-in* de espacialização sonora dedicado ao VR: o *Oculus Spatializer*, fornecido pela própria *Oculus*.

O último requisito é relativo ao aroma e ao seu controlo. Para ir de encontro às condições formadas anteriormente foram abordados dois dispositivos capazes de integrar o aroma no protótipo. Um deles foram os dispersores à base de óleo, no entanto, esta opção foi rapidamente desconsiderada. Os dispersores à base de óleo usam o calor gerado pela eletricidade para estimular o óleo, levando-o a libertar o aroma lentamente. O objetivo da integração era que o aroma fosse sentido de uma forma direta e rápida. Portanto, a alternativa foi utilizar o segundo dispositivo em consideração, ou seja, os dispensadores automáticos com botão de teste da *Glade™*. Estes dispensadores usavam recargas que continham o aroma. Para dispensar o aroma, o aparelho continha um motor que, por meio de engrenagens, empurrava a cápsula contra uma peça de plástico, abrindo-a e libertando o aroma momentaneamente. O facto deste aparelho possuir um botão de testes facilitou o seu controlo. Este botão permitia forçar o motor a girar e a ativar a recarga, por isso, foi retirado o botão, e no seu lugar foram soldados dois fios que quando entravam em contacto acionavam o motor (Figura 23). Para além disto, estes dispersores funcionavam a pilhas, libertando a necessidade de alimentar os dispensadores por meio de uma fonte externa. Numa nota adicional, antes da aquisição dos dispensadores, foram testados solenoides e servomotores para tentar abrir as cápsulas, no entanto nenhum deles produzia força suficiente.

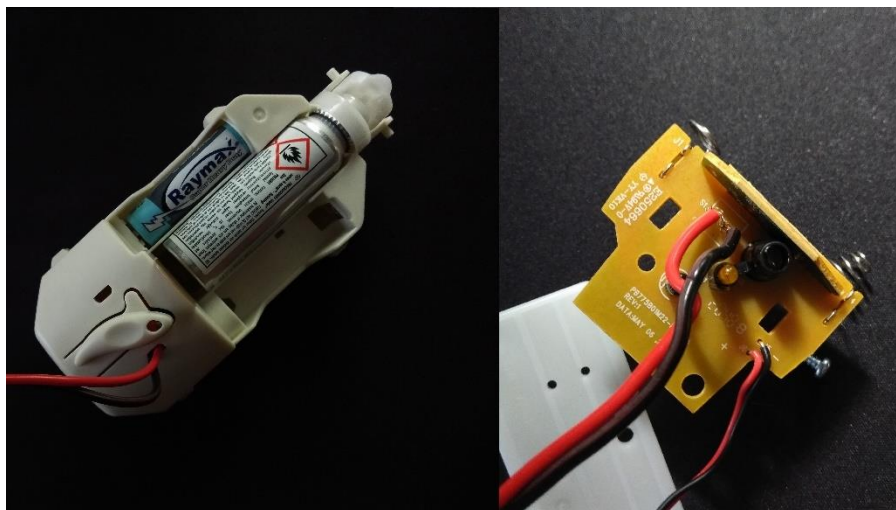


Figura 23 À esquerda, o dispensador modificado com uma recarga ZEN. À direita a placa de circuitos com os fios soldados no lugar do botão.

Para possibilitar o controlo dos dispensadores foi necessário construir um circuito que os conectasse a uma placa de prototipagem com microcontrolador. O *Arduino* foi o primeiro a ser testado por ser o mais acessível. O *ESP32* era uma boa opção, visto que era mais rápido e podia ser conectado ao computador por Wi-Fi, no entanto, o *Ar-*

duino já tinha sido experimentado e as propriedades Wi-Fi do *ESP32* não seriam necessárias. Sendo assim, foi construído um circuito de teste composto por três LEDs, que permitia a comunicação entre o *Unity* e *Arduino* (Figura 24). Este circuito e respectivo código foram adaptados de um artigo por *Darrenlloyd* no seu blogue *r3dstar.co.uk*³. Para este teste foi construído um ambiente no *Unity*, que continha 3 esferas, cada uma de cores diferentes. Ao interagir com uma das esferas, o respetivo LED no circuito *Arduino* acendia, marcando o teste como um sucesso. Sendo assim ficou definido que o protótipo ia utilizar o *Arduino* para o controlo da componente aromática.

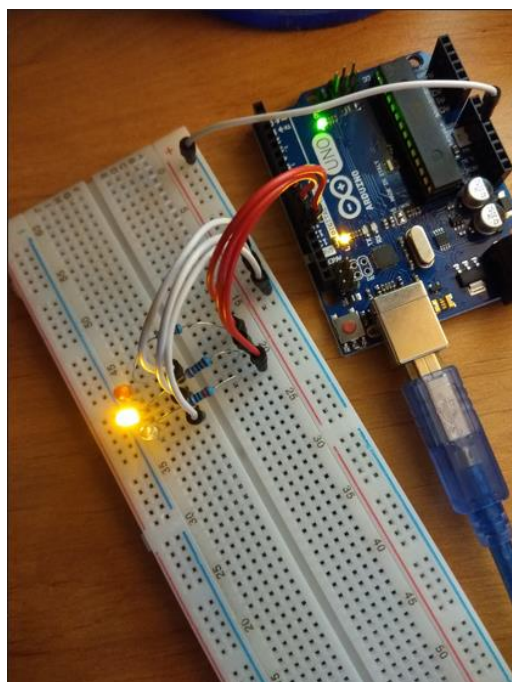


Figura 24 Circuito Arduino utilizado para os testes de comunicação Unity - Arduino. Baseado no artigo no site *r3dstar.co.uk*

Para além disto, verificou-se que os dispensadores apenas ativam quando recebem uma certa potência não discernida. O *Arduino* envia um sinal de 5V que fica abaixo da potência necessária, por isso, é necessário integrar um módulo relé no circuito (Figura 25). Essencialmente, o modulo relé funciona como um disjuntor operado por um íman eletromagnético, que pode ser ativado por um sinal de baixa potência. Quando ativado, o disjuntor pode fechar ou abrir um circuito. Finalmente, o modelo de ventoinha utilizado foi o *Arctic P14* de 140 milímetros com capacidade para 1,700 RPM (rotações por minuto), que mostrou ser suficiente para que o aroma fosse sentido mais rapidamente.

³ Blogue de onde o código e circuito foram adaptados: <http://r3dstar.co.uk/?p=211>

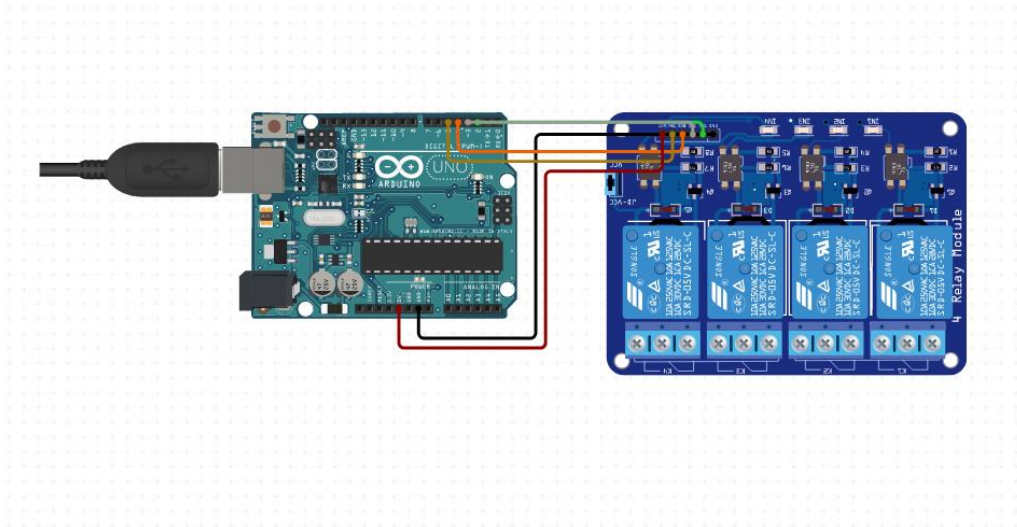


Figura 25 Esquema da ligação de Arduino ao módulo relé feita no circuito.io. Cada dispensador está ligado ao seu respetivo canal no módulo relé

3.5 Metodologia

A metodologia que foi aplicada no projeto pode ser dividida da seguinte forma: componente visual, componente sonora, componente aromática e componente interativa. Considere-se a forma de um triângulo para estabelecer as relações entre estas componentes. As componentes visual, sonora e aromática podem ser assumidas como os vértices e a relação entre elas varia consoante a componente interativa e o ambiente virtual em que estão inseridas (Figura 26).

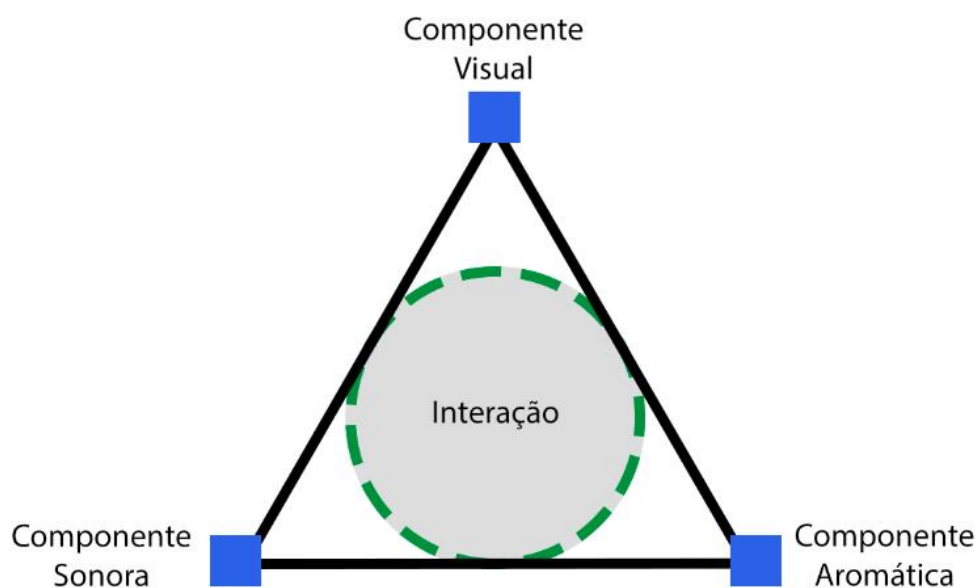


Figura 26 A relação entre as componentes pode ser assumida como um triângulo e a relação entre elas é definida pela componente interativa e o ambiente que se encontram.

A metodologia define os fluxos entre as componentes em termos de conteúdo e também deve de determinar os fluxos técnicos, isto é, o *framework* do protótipo. A componente interativa, sendo a que manipula as relações entre as outras componentes, está constantemente presente na forma de como estas componentes se virtualizam e reagem. Ou seja, a manipulação de objetos altera as características cromáticas do ambiente, acionam os elementos sonoros juntamente com os elementos aromáticos. Este tipo de interação deve de ser intuitivo e flexível, permitindo que um utilizador que nunca tenha tido contacto com tecnologias VR consiga usufruir da experiência sem dificuldades.

Os elementos visuais inseridos no espaço reagem segundo a interação do utilizador, particularmente ao seu movimento, bem como às alterações sonoras como a intensidade do som. No ambiente *Unity 3D*, os elementos visuais assumem a forma de objetos interativos que quando agarrados provocam alterações cromáticas no espaço por meio de efeitos *post-processing*, uma funcionalidade que permite a alteração da cor do ambiente e aplicação de filtros como aberração cromática.

Os elementos auditivos, devem reagir e acionar com as interações. Ações diferentes produzem sonoridades distintas, por exemplo, a ação de agarrar objetos e a ação de movimentar objetos podem produzir ambiências sonoras diferentes. Os sons também reagem aos elementos visuais, como à cor ou à forma dos objetos. As variações cromáticas no espaço ou as variações das formas no ambiente 3D podem ser acompanhados por variações sonoras espacializadas que seguem as transformações no espaço virtual promovendo assim a imersão. As relações entre o som e a visão acontecem novamente no *Unity 3D*, por meio das partículas criadas com *VFX Graph*, cujos parâmetros são alterados em tempo real graças ao *plug-in LaspVFX*. A plataforma de áudio espacializado FMOD integrado no ambiente *Unity*, deverá ser configurado para alterar as propriedades sonoras que sejam instanciadas pelos objetos em cena, fornecendo efeitos especiais e a respetiva espacialização sonora em tempo real.

Os elementos aromáticos devem de reagir com os elementos visuais, como a cor proporcionando uma relação sensorial entre a cor e o aroma. Adicionalmente, devem

acompanhar o utilizador espacialmente, por meio das ventoinhas que por sua vez tornam a interação mais direta. Para esta experiência foram escolhidos 4 aromas, todos eles com qualidades aromáticas diferentes, para que fosse possível distingui-los. O aroma é aplicado na experiência por meio dos dispensadores de aroma, que são controlados pelo *Arduino*. Já a relação com a cor acontece através do uso dos efeitos *post-processing*.

Em termos técnicos, a interação e subsequente reação é um processo em cadeia, que inclui os vários suportes referidos até agora. Começa no ambiente virtual criado no *Unity 3D*, a partir de uma interação com algum objeto. Esta interação assume duas formas, o toque e o agarrar. O toque pode apenas produzir um som, já o agarrar produz três reações. A primeira é a alteração da cor do ambiente por meio do *post-processing*, a segunda é a reprodução de um som por meio do *FMOD* e a terceira é a dispersão de um aroma através dos dispensadores controlados por *Arduino*. A alteração da cor está associada com o aroma. O som reproduzido modifica a intensidade do movimento das partículas que rodeiam o ambiente. O aroma é associado com o objeto que foi agarrado.

3.6 Implementação

Os componentes referidos na secção da metodologia são compilados no ambiente *Unity*. Esta secção contempla uma descrição técnica da implementação dos componentes, começando pelos visuais e pela interação, seguido pelo som, finalizando com a componente aromática e a disposição dos elementos tangíveis. O ambiente que é abordado para descrever a implementação é o *Unknown Space*, visto que dispõe de uma implementação completa de todas as componentes.

A interface *Unity 3D*, disponibiliza várias ferramentas que permitem o desenvolvimento de efeitos visuais e animações, e dispõe de um *framework* de interações compreensível. Para a criação das partículas que rodeiam o ambiente, foi utilizado o *VFX Graph*. Esta funcionalidade permite a integração de efeitos visuais, com recurso a programação por gráfico de nós. As partículas foram programadas para percorrem o perímetro de uma esfera, de forma a envolverem o espaço de interação do utilizador (Figura 27). Esta funcionalidade também permite a criação de parâmetros que podem ser alterados em tempo real, para modificar os aspetos das partículas. No caso do protótipo,

foram inseridos parâmetros que alteram a velocidade do movimento das partículas, segundo a intensidade do som. Os algoritmos que permitem a leitura da intensidade sonora são fornecidos pelo *plug-in LaspVFX*. O sistema de partículas que antecede o *VFX Graph*, o *Shuriken*, foi utilizado para criar uma névoa em redor do ambiente, com o objetivo de criar uma obstrução que desfoca o horizonte, para criar a ilusão de um espaço mais amplo. O ambiente geral que envolve o cenário, que se designa no *Unity* por *skybox*, foi escolhido e implementado para acrescentar profundidade e imensidão. Outras alterações visuais no ambiente, foram concretizadas através do componente *Volume*, que dá acesso ao controlo de aspetos como a cor do ambiente e efeitos como a aberração cromática.

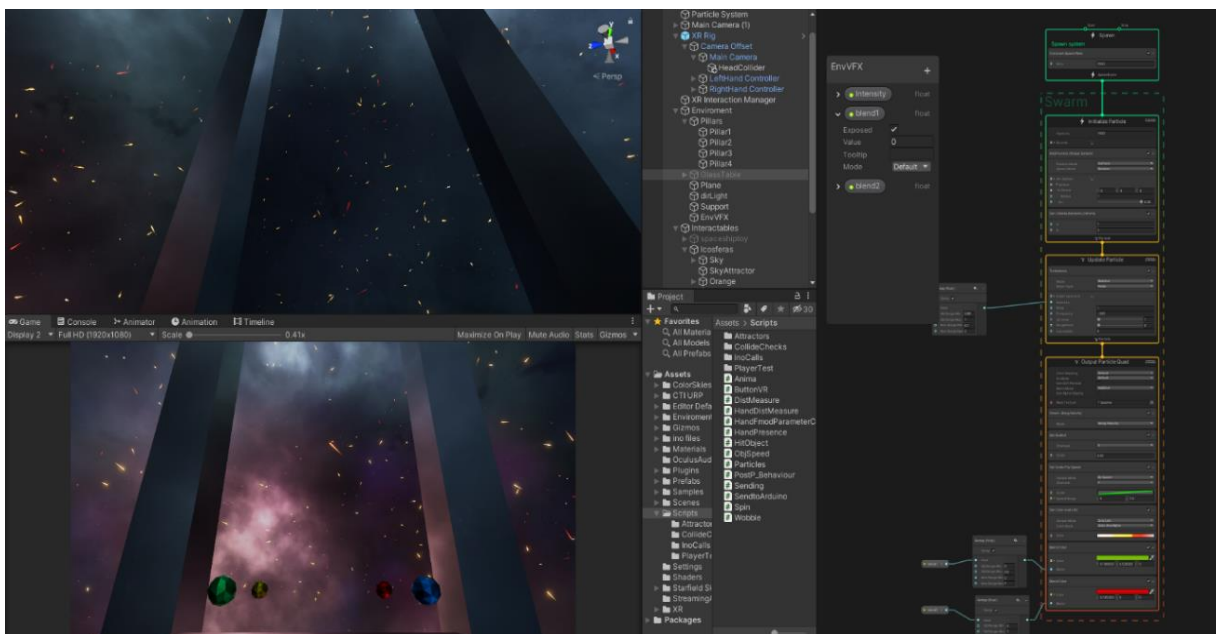


Figura 27 Partículas estimuladas pelo som com resultado final no mostrador de baixo e VFX Graph do respetivo efeito à direita

O espaço de interação, onde o utilizador se pode movimentar, foi criado para proporcionar a espacialização dos aromas. O espaço apresenta uma base quadrada com um material transparente, em cada vértice da base tem um pilar que aparenta estender-se infinitamente no eixo vertical. Caso algum objeto colidisse com o pilar, este reproduzia um som parecido aos sinos tubulares. Em frente de cada pilar, encontra-se um objeto interativo, cuja cor é relativa ao aroma. Os aromas e o respetivo processo de seleção cromática estão detalhados mais à frente. Estes objetos têm a forma de icosaedros com um material metálico refletor. A escolha desta forma é motivada pelo tema do ambiente, ou seja, o começo, que é aqui representado pelos objetos facetados. Interactivamente, os objetos reagem sobre 3 interações. A primeira é o toque que instância um som, a

segunda é o agarrar que para além de instanciar um som, altera a cor do ambiente (Figura 28), por meio do *post-processing* é libertado o respetivo aroma, a terceira acontece quando dois objetos colidiam, resultando numa alteração aditiva das cores, por exemplo, a colisão entre o objeto azul e o objeto vermelho resultava na alteração cromática do ambiente para roxo. Finalmente, para tornar a interação mais acessível, os objetos são transportados automaticamente para o seu lugar de origem depois de serem largados pelo utilizador, independentemente do movimento a que eram sujeitos, e permaneciam nesse local a pairar, esperando a interação do utilizador. Isto foi possível através da elaboração de um algoritmo que atraía os objetos para o seu local inicial caso não estivessem a ser agarrados.

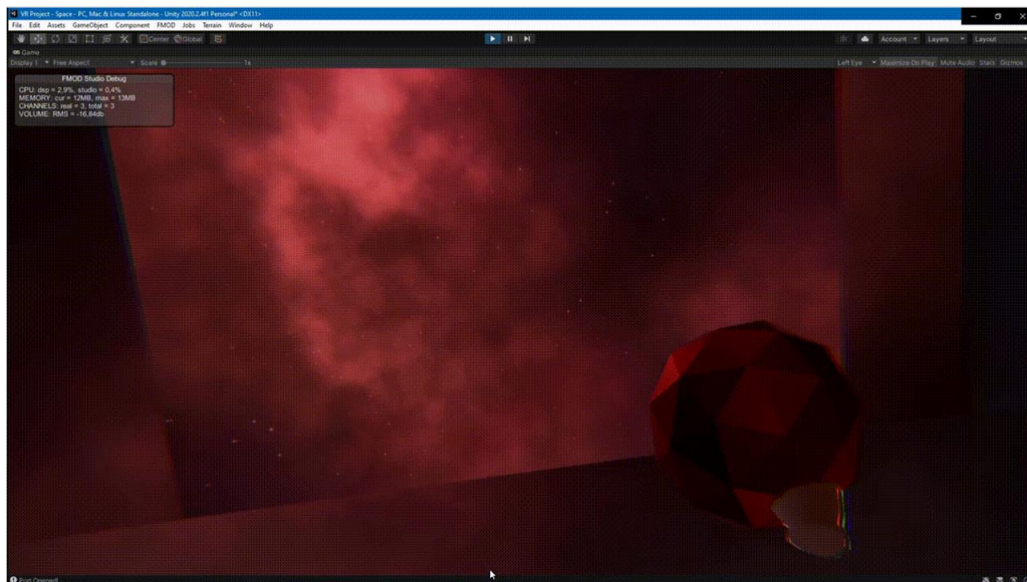


Figura 28 Esta captura de ecrã foi tirada durante um teste funcional. Pode-se ver a mão a agarrar o icosaedro vermelho, o que causou a mudança de cor do ambiente.

Os sons são instanciados e modulados em tempo real através da plataforma *FMOD*, integrada no ambiente *Unity*. Os sons foram escolhidos segundo o tema do ambiente. Neste caso remetem para um sonar, de forma a fomentar a imensidão do espaço. Para acrescentar a esta ideia, foram aplicados efeitos de reverberação e de espacialização sonora na plataforma *FMOD*. A espacialização sonora também permitia discernir a origem dos sons. O *FMOD* dispõe dos seus próprios métodos que facilitam a instanciação. É possível associar um som a um objeto e indicar em que circunstância é que é instanciado, a partir de uma interface acessível no ambiente *Unity*. No caso dos objetos do ambiente, o som é instanciado quando a mão do utilizador colide com o objeto.

Relativamente à componente aromática, foram escolhidos aromas com características olfativas distintas, para que pudessem ser facilmente diferenciados durante a experiência, no entanto a marca escolhida foi a mesma dos dispensadores automáticos. Estas distinções foram motivadas pela possibilidade de tornar a relação entre visão e o aroma mais afirmada, facilitando a associação entre as cores e o respetivo aroma. Os aromas escolhidos apresentam a denominação original da *Glade™*, mas são abreviadas para agilizar a programação quer em ambiente *Unity* quer em ambiente *Arduino*. Os nomes originais são: *Sky & Sea Salt*, *Mandarin & Sunshine*, *Romantic Vanilla Blossom* e *Relaxing Zen*, que foram respetivamente abreviadas para Sky, Orange, Vanilla e Zen em ambiente *Unity* e em ambiente de programação as abreviaturas são Sky, Ora, Van e Zen. As cores associadas a cada aroma têm origem numa paleta. A paleta foi criada a partir de um teste com 4 participantes, onde o aroma foi introduzido a cada participante, que de seguida atribuiu cores a esse aroma. A respetiva paleta pode ser encontrada nos anexos (Anexo B). Para o ambiente em questão, o aroma *Sky & Sea Salt* foi associada a cor azul, ao *Mandarin & Sunshine* foi associada a cor laranja, ao *Vanilla Blossom* foi associada a cor vermelho e ao *Relaxing Zen* foi associada a cor verde. Como já foi referido, os dispensadores são controlados a partir de um *Arduino*, com recurso a um modulo relé. A comunicação começa no *Unity*, que transmite um curto sinal ao *Arduino*, por meio do algoritmo adaptado do blogue r3dstar.co.uk. Este sinal contém uma mensagem que é assimilada pelo *Arduino*, que subseqüentemente, envia um impulso eletrónico para o modulo relé atuando o respetivo canal e ativando o dispensador. Para evitar o continuo envio de impulsos, o *Unity* envia uma segunda mensagem, 0.1 segundos depois da primeira, que causa uma troca de canais, fazendo com que o *Arduino* envie impulsos para um canal que não está a ser utilizado, desativando o modulo relé.

Os elementos tangíveis do protótipo foram organizados para que pudessem replicar as posições dos objetos interativos no ambiente virtual. Isto é, no ambiente virtual, os objetos estão colocados em cantos diagonalmente opostos, por isso, foi feita uma sobreposição de ambos os espaços (real e virtual) para que fosse possível encontrar os locais corretos dos respetivos dispensadores. Isto mostrou ser uma tarefa bastante simples devido à precisão do cálculo espacial dos Oculus Quest. É importante referir que

este processo foi importante para a experiência do protótipo, pois permitiu que os aromas fossem sentidos mais rápida e diretamente quando o utilizador interagisse com o respetivo objeto. Todo este processo resultou numa experiência que comunica com o utilizador de várias formas.

4 – RESULTADOS

Neste capítulo é feita uma análise do protótipo desenvolvido, constituído por um dos 4 cenários concetualizados que contempla uma experiência com participantes. Cada participante preencheu um questionário onde classificou a sua experiência e forneceu dados importantes para o estudo em questão.

4.1 Experiência

O espaço da instalação tem uma forma quadrada e foi organizado da seguinte maneira: 4 dispensadores colocados em cantos diagonalmente opostos uns aos outros para replicar as posições dos respetivos icosaedros (os objetos do ambiente). Todos os dispensadores tinham pilhas e à frente de cada um tinha uma ventoinha de 140 (cento e quarenta) milímetros. Estas ventoinhas funcionam com uma pilha de 9 (nove) volts. Todos os dispensadores estavam ligados aos respetivos canais de um relé, que está conectado a um *Arduino*. O protótipo foi executado a partir de um computador, colocado perto da área da experiência, para facilitar a observação das ações dos participantes no espaço da instalação e no ambiente virtual, como também evitar prejudicar a ligação à placa de prototipagem.

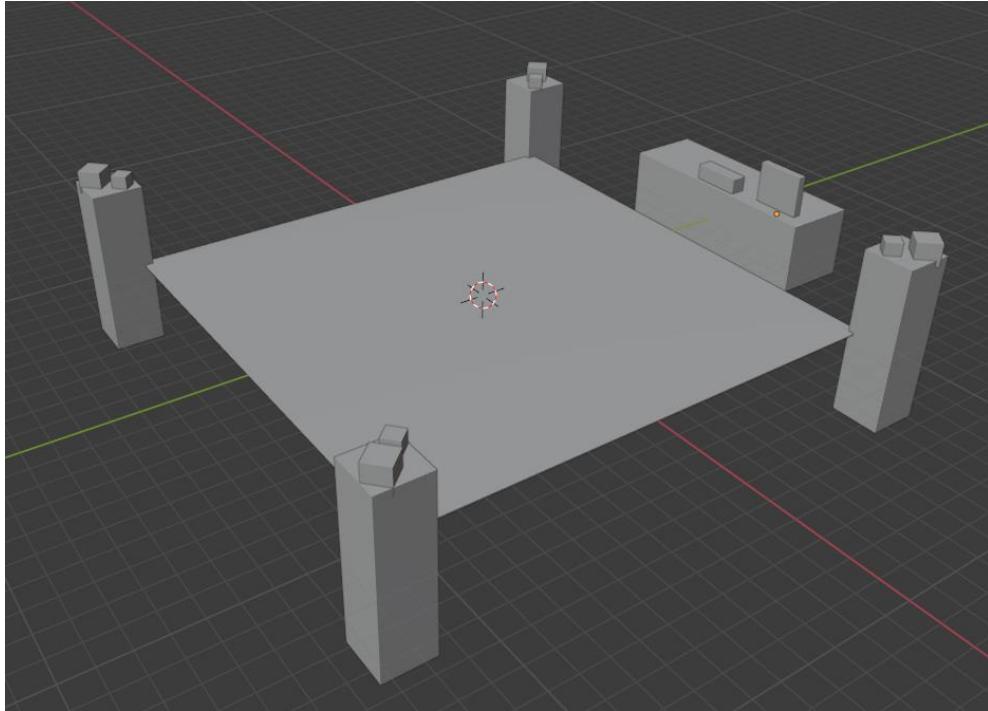


Figura 29 Representação tridimensional em ambiente Blender do espaço da instalação

Antes de iniciar o teste, apenas foi dada uma descrição de como usar um *headset* VR, as regras principais para manter a segurança do utilizador (como não ultrapassar os limites da área de segurança definidos previamente no *Oculus* aquando da montagem da instalação) e nada mais. Cada utilizador teria que perceber como interagir com o ambiente através da experimentação. Isto permitia que todas as ações do utilizador fossem genuínas e que fosse possível entender se o protótipo apresentava um sistema coerente para o utilizador.

Para este teste, foi seguida a metodologia já mencionada e foi realizada uma experiência em ambiente controlado e com uma triagem limitada de participantes que, neste caso, apresentavam uma faixa etária entre os 18 e os 25 anos. Foi escolhida esta faixa etária pois mostrou ser a mais acessível de instruir a forma de como a interface VR funciona. Os 7 participantes tinham entre 21 e 23 anos. O utilizador dava como terminada a sua experiência assim que desejasse ou acreditasse que já tinha explorado os aspetos do protótipo. Tendo em conta o estado pandémico da época em que este teste foi realizado, foram tomadas algumas precauções. O número de participantes foi limitado, mas foi possível realizar o teste com 7 indivíduos. Era obrigatório a utilização da máscara, com a exceção do participante que estava a experimentar o protótipo. O equipamento que esteve em contacto com o utilizador foi desinfetado antes do próximo participante o poder utilizar.

Adicionalmente, é pertinente para o contexto da análise do questionário, relatar algumas questões técnicas que sucederam na montagem e no decorrer da experiência:

- 1) Como já foi mencionado, é possível utilizar os *Oculus Quest* sem fios. Isto é possível através da utilização de um software denominado *ALLVR*, que permite transmitir as aplicações VR disponíveis no computador para o *headset*. A única condição é que a aplicação teria que estar na plataforma *Steam*. Visto que não é o caso para o *Sensory Medley*, a experiência teve que continuar com a ligação ao computador por cabo. No entanto, verificou-se os participantes conseguiram mover-se confortavelmente no espaço, devido ao longo comprimento do cabo;
- 2) Alguns dispensadores deixaram de funcionar nas últimas fases do teste, visto que algumas pilhas ficaram sem energia;
- 3) Dos 4 dispensadores, o respetivo ao *Sky* foi o que ativou mais frequentemente. Isto está relacionado com a forma de como o script está construído. Para fazer o intervalo de 0.1 segundos foi utilizado o método *coroutine*. O método não só faz o intervalo como o aumenta gradualmente de cada vez que é utilizado. Sabendo que de cada vez que um dispensador fica ativo o *coroutine* é chamado, o intervalo vai aumentando gradualmente, fazendo com que o envio das mensagens para o *Arduino* coagule e que único dispensador que pode ser ativado seja o primeiro, que neste caso é o *Sky*.

4.2 Questões e resultados

À medida que cada participante dava como terminada a sua experiência, um questionário era preenchido pelo próprio, possibilitando uma análise da eficácia do protótipo e da experiência do utilizador.

4.2.1 Experiência e informação básica

O primeiro grupo de questões tem a ver com a experiência em geral do utilizador com o protótipo. A maioria dos participantes (quatro) nunca teve uma experiência prévia com realidade virtual, portanto, este foi o primeiro contacto com este tipo de tecnologia. No entanto, todos os participantes responderam que não sentiram dificuldades

em compreender a forma de interação, consideraram a experiência intuitiva mesmo não tendo uma explicação prévia sobre o funcionamento do protótipo. Os dados obtidos destas duas perguntas são pertinentes para perceber se o protótipo era intuitivo, lembrando que as únicas indicações que foram dadas ao utilizador foram relativas aos cuidados a ter na utilização do *headset* VR. Relativamente ao conforto, a totalidade dos participantes responderam que não sentiram qualquer tipo de enjoo durante a experiência ou ao movimentarem-se no espaço. Pode-se concluir que o protótipo apresentava qualidades intuitivas que permitiam uma utilização acessível e confortável mesmo aos mais recentes utilizadores de realidade virtual.

4.2.2 Interação e ambiente

O segundo grupo de questões, foca-se na comunicação entre o ambiente e o utilizador, nomeadamente a fusão dos sentidos. A primeira pergunta averigua qual dos sentidos é que teve mais impacto na experiência do participante. 5 dos 7 participantes responderam “visão” enquanto que 2 responderam “audição”. Nas duas questões seguintes, 5 dos participantes referiram que estabeleceram conexões entre os sentidos, dos quais 3 estabeleceram uma conexão entre a visão e a audição. Dos 2 participantes restantes, 1 resposta foi rejeitada visto que não ia de encontro aos critérios da questão, enquanto que 1 participante restante estabeleceu uma conexão entre a visão e o olfato.

Outro fator importante foi a mistura destes sentidos através da sinestesia**. Estabeleceu alguma conexão entre os sentidos?

7 respostas

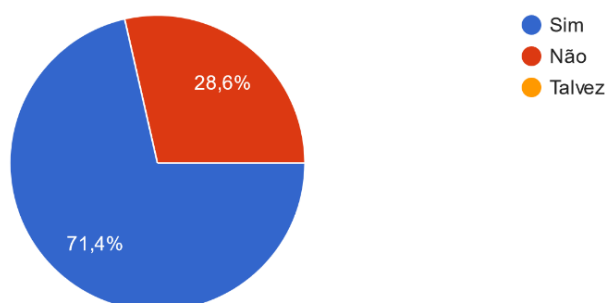


Tabela 1 Conexão entre sentidos

Os aromas foram sentidos com uma intensidade satisfatória visto que numa escala de 1 a 5 (sendo 1 pouco intenso e 5 muito intenso) 5 participantes atribuíram uma avaliação

de 4 à a intensidade dos aromas, enquanto que os restantes 2 participantes atribuíram uma avaliação de 5.

Numa escala de 1 a 5, avalie a intensidade com que sentiu os aromas.

7 respostas

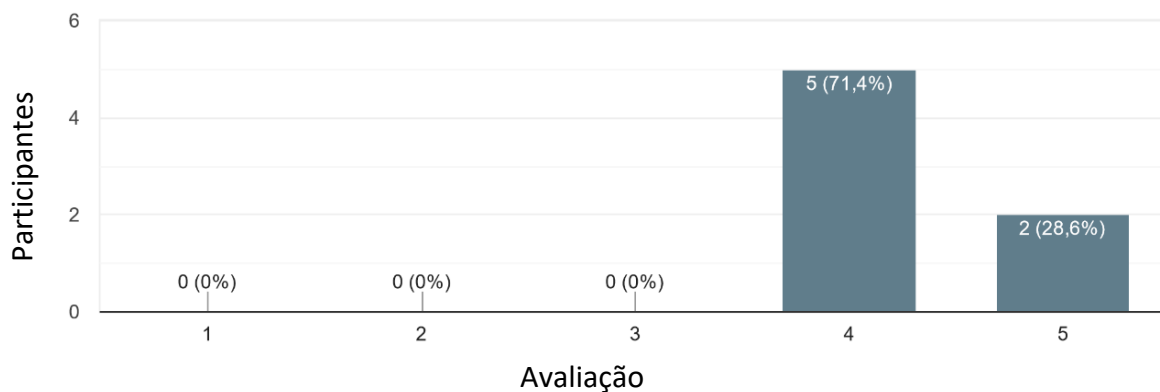


Tabela 2 Intensidade dos aromas

Assim, a partir dos dados recolhidos e aqui apresentados, pode-se concluir que a maior parte dos participantes estabeleceu algum tipo de sinestesia. É importante, contudo, considerar-se a natureza dos resultados perante as condições em que a experiência se realizou. Tendo em conta que a experiência não decorreu como seria esperado, devido a dificuldades técnicas, os dados obtidos a partir das questões aqui apresentadas consideram-se incertos. Perante isto, considera-se que a experiência deverá ser repetida sobre as condições corretas.

4.2.3 Estética e Áudio

O último grupo de questões é relativo à avaliação subjetiva de cada participante sobre aspetos como o ambiente visual e o som. Estes resultados são pertinentes para compreender a relação entre o utilizador e o protótipo. Foi utilizada uma escala de 1 a 5, sendo 1 muito mau e 5 muito bom. No eixo vertical encontra-se o número de utilizadores e no eixo horizontal encontra-se a classificação. De um modo geral 5 participantes atribuíram uma avaliação de 4 à estética geral do ambiente e 2 participantes atribuíram uma pontuação máxima.

Numa escala de 1 a 5, avalie a estética geral do projeto.

7 respostas

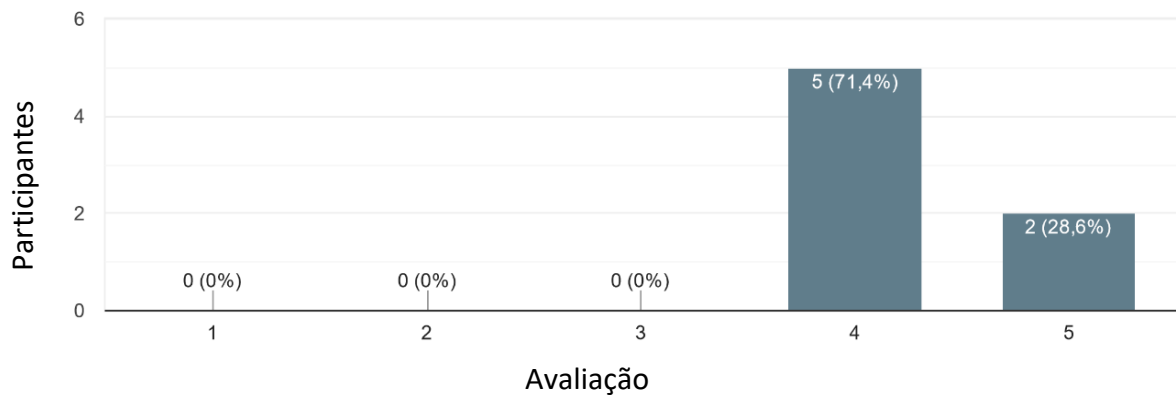


Tabela 3 Estética geral do projeto

As próximas perguntas são mais focadas nos aspetos individuais, começando pela avaliação da qualidade sonora, sobre o qual 1 participante atribuiu uma avaliação de 4 enquanto que os restantes 6 atribuíram a pontuação máxima, podendo concluir que o som apresenta qualidades satisfatórias. A questão seguinte é relativa à sensação de profundidade, efeito que foi procurado durante o desenvolvimento do ambiente virtual em que os participantes foram inseridos. Como já foi referido, o utilizador, no ambiente virtual, encontra-se numa plataforma de vidro onde consegue ver 4 pilares que se prolongam ao que parece ser o infinito. A ideia por detrás desta escolha foi aprimorar a imersão. 3 dos participantes atribuíram uma avaliação de 4 e os restantes 4 atribuíram uma avaliação de 5.

Numa escala de 1 a 5, avalie a sensação de profundidade que sentiu no espaço.

7 respostas

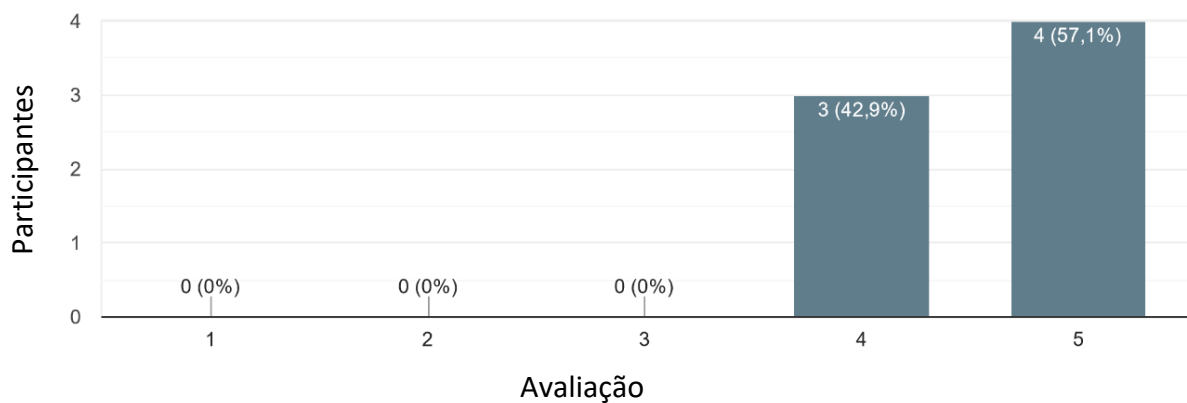


Tabela 4 Sensação de profundidade

Relativamente aos efeitos e tratamento visual, a totalidade dos participantes atribuiu a avaliação máxima. Com os dados obtidos neste grupo é possível concluir que o protótipo apresenta qualidades visuais e sonoras apelativas, dando ênfase para a sensação de profundidade que demarca a imersão sentida.

Após os testes, os participantes forneceram opiniões e observações sobre a sua experiência e algumas notas foram tiradas onde relatam alguns aspetos interessantes sobre a mesma. Os aromas foram sentidos rapidamente, tornando a experiência direta e iterativa. Para além da manipulação direta, os utilizadores podiam explorar as dinâmicas oferecidas pelo comportamento dos objetos através da simulação física, nomeadamente a gravidade e o atrito. Por outro lado, um dos utilizadores descobriu que os pilares produziam um som quando uma esfera colidia com eles. Visto que os pilares estavam a uma distância considerável, este utilizador usou uma esfera para impulsionar outra, fazendo com que esta fosse lançada contra os pilares e voltasse ao lugar como programado. Outros tentaram pegar em duas esferas para controlar uma terceira ou até mesmo empurrar as esferas com as mãos vazias. Outro ponto importante foi o facto de os utilizadores quererem experimentar com o som, isto é, perceber que sons diferentes poderiam descobrir, funcionando como um incentivo. Finalmente, todos os utilizadores expuseram a sua opinião sobre a cor de ambiente com que se identificavam mais, 5 escolheram o vermelho enquanto que 1 ficou entre o azul e o vermelho e 1 escolheu o verde.

5 – CONCLUSÃO

O projeto documentado neste relatório tinha como objetivo entender melhor o fenómeno da sinestesia e explorar de que forma é que as tecnologias de realidade virtual podem contribuir para que os utilizadores consigam experienciar as relações sinestésicas de uma forma imersiva.

O protótipo *Sensory Medley* apresenta uma solução para expandir o conceito de sinestesia virtual, através do aroma e a criação de ligações sinestésicas entre a visão, a audição, o olfato e o tato. O protótipo foi construído sobre uma linha narratológica que se conecta com a condição e evolução da vida humana. Foi desenvolvido um modelo interativo para aplicar a todos os cenários, mesmo que em cada um dos ambientes, se

apresentem momentos interativos específicos, para além das distintas relações sinestésicas onde os sentidos se combinam de formas diferentes. Para estas interações foram experimentadas e definidas várias tecnologias que poderiam ser utilizadas, nomeadamente os *Oculus Quest*, o *Arduino*, dispensadores automáticos e plataformas de criação de conteúdo como o *Unity*, *Blender* e o *FMOD*. Surgiram algumas dificuldades na elaboração do protótipo, a maior parte relacionada com a falta de contacto com linguagens de programação (neste caso, *C#*), VR e com a plataforma de autoria de videojogos, *Unity*. No entanto, um dos pontos positivos foi que estas dificuldades foram ultrapassadas e encontro-me mais equipado para projetos futuros.

A experiência que foi realizada para testar o protótipo, foi de alguma forma comprometida por questões técnicas. De todo o modo, foi possível obter dados sobre a intuição do protótipo e das abordagens visuais, já a relação entre sentidos apresentou uma conclusão precária e os dados são considerados incertos. O projeto apresenta, então uma metodologia que poderá ser adotada pela comunidade, contribuindo assim para a disseminação da sinestesia expandida.

Como trabalho futuro, pretende-se dar continuidade ao trabalho desenvolvido finalizando os restantes ambientes e submetendo o protótipo a novas experiências que possam contribuir para uma reflexão mais aprofundada sobre a sinestesia expandida. Este é um conceito que poderá ser explorado e aplicado em diversos contextos, com outras tecnologias e metodologias. Este é um conceito que não se esgota neste trabalho, pelo contrário, é um conceito que abre portas para futuras investigações.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, B. (2018, Agosto 7). *The Vestibulocochlear Nerve (CN VIII)–Balance–Hearing–TeachMeAnatomy*. <https://teachmeanatomy.info/head/cranial-nerves/vestibulocochlear/>
- ARS ELECTRONICA 2020, Barcelona Garden: Solar Orchard Garden*. (sem data). Mohsen Hazrati. Obtido 5 de Janeiro de 2021, de <http://mohsenhazrati.com/stargazer.html>
- Candy, L., Amitani, S., & Bilda, Z. (2006). Practice-led strategies for interactive art research. *CoDesign*, 2(4), 209–223. <https://doi.org/10.1080/15710880601007994>
- Carvalho, R. (2013). From Clavilux to Ufabulum. *Journal of Science and Technology of the Arts*, 43-52 Páginas. <https://doi.org/10.7559/CITARJ.V5I1.99>
- Correia, N. N. (2013). Interactive Audiovisual Objects [Doctoral Dissertation, School of Arts, Design and Architecture, Aalto University, Espoo, Finlândia] Aalto ARTS Books. <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/11341>
- Davies, C. (1995). *Char Davies (1998). Osmose: Notes on Being in Immersive Virtual Space (1995)*. http://www.immersence.com/publications/char/1998-CD-Digital_Creativity.html
- D’Orazio, D. (2015, Março 1). *Valve’s VR headset is called the Vive and it’s made by HTC*. The Verge. <https://www.theverge.com/2015/3/1/8127445/htc-vive-valve-vr-headset>
- Emrich, H., Neufeld, J., & Sinke, C. (sem data). *See this Sound (http://see-this-sound.at)*. Obtido 28 de Janeiro de 2021, de <http://see-this-sound.at/print/36.html>

END, O. T. (2019, Abril 17). *ON, Bosque Templado. Invierno* (I.v.2.2019) de OPEN THIS END presentado en la XIII BIENAL DE LA HABANA 2019.
<https://vimeo.com/331061533>

FEELREAL Multisensory VR Mask. (sem data). Obtido 31 de Janeiro de 2021, de <https://feelreal.com/>

Feelreal–The World’s First Multisensory VR Mask. (sem data). Indiegogo. Obtido 31 de Janeiro de 2021, de <https://www.indiegogo.com/projects/2498405>

Ghinea, G., & Ademoye, O. A. (2010). Perceived Synchronization of Olfactory Multimedia. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans*, 40(4), 657–663. <https://doi.org/10.1109/TSMCA.2010.2041224>

Google Cardboard – Google VR. (sem data). Obtido 28 de Janeiro de 2021, de <https://arvr.google.com/cardboard/>

Hale, K. S., Stanney, K. M., Wogalter, M., Sears, A., & Jacko, J. A. (2015). *Handbook of Virtual Environments: Design, Implementation, and Applications, Second Edition*. 1371.

Job Simulator. (2020). Em *Wikipedia*.

https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Job_Simulator&oldid=992914427

Job Simulator: The 2050 Archives / Owlchemy Labs. (sem data). Job Simulator Game. Obtido 27 de Janeiro de 2021, de <https://jobsimulorgame.com/>

Kosek, M., Koniaris, B., Sinclair, D., Markova, D., Rothnie, F., Smoot, L., & Mitchell, K. (2017). IRIDIUM+: Deep media storytelling with non-linear light field video. *ACM SIGGRAPH 2017 VR Village*, 1–2. <https://doi.org/10.1145/3089269.3089277>

- Kovacs, P. T., Murray, N., Rozinaj, G., Sulema, Y., & Rybarova, R. (2015). Application of immersive technologies for education: State of the art. *2015 International Conference on Interactive Mobile Communication Technologies and Learning (IMCL)*, 283–288. <https://doi.org/10.1109/IMCTL.2015.7359604>
- Kumparak, G. (sem data). A Brief History Of Oculus. *TechCrunch*. Obtido 28 de Janeiro de 2021, de <https://social.techcrunch.com/2014/03/26/a-brief-history-of-oculus/>
- Miller, R. B. (sem data). *Wassily Kandinsky's Symphony of Colors / Denver Art Museum*. Obtido 31 de Agosto de 2021, de <https://www.denverartmuseum.org/en/blog/wassily-kandinskys-symphony-colors>
- Moritz, W. (1997). The Dream of Color Music, And Machines That Made it Possible. In *Animation World Magazine*, Issue 2.1, April 1997. <https://www.awn.com/mag/issue2.1/articles/moritz2.1.html>
- Pocket-lint. (2016, Setembro 26). *Oculus Rift review: Affordable entry into high-end VR*. Pocket-Lint. <https://www.pocket-lint.com/ar-vr/reviews/oculus-rift/136621-oculus-rift-review-vr-virtual-reality-specs>
- Porto Editora – sinestesia na Infopédia [em linha]. Porto: Porto Editora. [consult. 2021-09-01 18:40:09]. Disponível em [https://www.infopedia.pt/\\$sinestesia](https://www.infopedia.pt/$sinestesia)
- Psotka, J. (1995). Immersive training systems: Virtual reality and education and training. *Instructional Science*, 23(5), 405–431. <https://doi.org/10.1007/BF00896880>
- Spence, C., & Youssef, J. (2019). Synaesthesia: The multisensory dining experience. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 18, 100179. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100179>

Stargazer. (2020, Setembro 9). Ars Electronica.

<https://ars.electronica.art/keplersgardens/en/stargazer/>

Sutherland, I. E. (1965). *The Ultimate Display*.pdf. IFIP Congress, 506–508.

<http://citeseer.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=3A76AA18785E182B870733B639CB9AF7?doi=10.1.1.136.3720&rep=rep1&type=pdf>

Tarbi, A. (2020, Agosto 19). VR CAVE system: An immersive technology. *Laval Virtual*.

Obtido 10 de Setembro de 2021, de <https://blog.laval-virtual.com/en/vr-cave-system-an-immersive-technology/>

The Times Archive / The Times & The Sunday Times. (sem data). Obtido 26 de Janeiro

de 2021, de [https://www.thetimes.co.uk/archive/article/1856-10-](https://www.thetimes.co.uk/archive/article/1856-10-31/10/7.html?region=global#start%3D1856-01-01%26end%3D1985-01-01%26terms%3Dyour%20stereoscope%26back%3D/tto/archive/find/your+stereoscope/w:1856-01-01%7E1985-01-01/1%26prev%3D/tto/archive/frame/goto/your+stereoscope/w:1856-01-01%7E1985-01-01/1%26next%3D/tto/archive/frame/goto/your+stereoscope/w:1856-01-01%7E1985-01-01/3)

[31/10/7.html?region=global#start%3D1856-01-01%26end%3D1985-01-](https://www.thetimes.co.uk/archive/article/1856-10-31/10/7.html?region=global#start%3D1856-01-01%26end%3D1985-01-01%26terms%3Dyour%20stereoscope%26back%3D/tto/archive/find/your+stereoscope/w:1856-01-01%7E1985-01-01/1%26prev%3D/tto/archive/frame/goto/your+stereoscope/w:1856-01-01%7E1985-01-01/1%26next%3D/tto/archive/frame/goto/your+stereoscope/w:1856-01-01%7E1985-01-01/3)

[01%26terms%3Dyour%20stereoscope%26back%3D/tto/archive/find/your+stereoscope/w:1856-01-01%7E1985-01-](https://www.thetimes.co.uk/archive/article/1856-10-31/10/7.html?region=global#start%3D1856-01-01%26end%3D1985-01-01%26terms%3Dyour%20stereoscope%26back%3D/tto/archive/find/your+stereoscope/w:1856-01-01%7E1985-01-01/1%26prev%3D/tto/archive/frame/goto/your+stereoscope/w:1856-01-01%7E1985-01-01/1%26next%3D/tto/archive/frame/goto/your+stereoscope/w:1856-01-01%7E1985-01-01/3)

[01/1%26prev%3D/tto/archive/frame/goto/your+stereoscope/w:1856-01-](https://www.thetimes.co.uk/archive/article/1856-10-31/10/7.html?region=global#start%3D1856-01-01%26end%3D1985-01-01%26terms%3Dyour%20stereoscope%26back%3D/tto/archive/find/your+stereoscope/w:1856-01-01%7E1985-01-01/1%26prev%3D/tto/archive/frame/goto/your+stereoscope/w:1856-01-01%7E1985-01-01/1%26next%3D/tto/archive/frame/goto/your+stereoscope/w:1856-01-01%7E1985-01-01/3)

[01%7E1985-01-](https://www.thetimes.co.uk/archive/article/1856-10-31/10/7.html?region=global#start%3D1856-01-01%26end%3D1985-01-01%26terms%3Dyour%20stereoscope%26back%3D/tto/archive/find/your+stereoscope/w:1856-01-01%7E1985-01-01/1%26prev%3D/tto/archive/frame/goto/your+stereoscope/w:1856-01-01%7E1985-01-01/1%26next%3D/tto/archive/frame/goto/your+stereoscope/w:1856-01-01%7E1985-01-01/3)

[01/1%26next%3D/tto/archive/frame/goto/your+stereoscope/w:1856-01-](https://www.thetimes.co.uk/archive/article/1856-10-31/10/7.html?region=global#start%3D1856-01-01%26end%3D1985-01-01%26terms%3Dyour%20stereoscope%26back%3D/tto/archive/find/your+stereoscope/w:1856-01-01%7E1985-01-01/1%26prev%3D/tto/archive/frame/goto/your+stereoscope/w:1856-01-01%7E1985-01-01/1%26next%3D/tto/archive/frame/goto/your+stereoscope/w:1856-01-01%7E1985-01-01/3)

[01%7E1985-01-01/3](https://www.thetimes.co.uk/archive/article/1856-10-31/10/7.html?region=global#start%3D1856-01-01%26end%3D1985-01-01%26terms%3Dyour%20stereoscope%26back%3D/tto/archive/find/your+stereoscope/w:1856-01-01%7E1985-01-01/1%26prev%3D/tto/archive/frame/goto/your+stereoscope/w:1856-01-01%7E1985-01-01/1%26next%3D/tto/archive/frame/goto/your+stereoscope/w:1856-01-01%7E1985-01-01/3)

USC Hugh M. Hefner Moving Image Archive » MORTON HEILIG: THE FATHER OF VIR-

TUAL REALITY. (sem data). *USC H. Hefner Archive*. Obtido 26 de Janeiro de 2021,

de <https://www.uschefnerarchive.com/mortonheilig/>

Valem. (2020, Agosto 4). *Introduction to VR in Unity - PART 1: VR SETUP*.

<https://www.youtube.com/watch?v=gGYtahQjmWQ>

VIVE™ / Buy VIVE Hardware. (sem data). VIVE. Obtido 31 de Janeiro de 2021, de

<https://www.vive.com/eu/product/vive/>

Whitelaw, M. (2008). Synesthesia and Cross-Modality in Contemporary Audiovisuals.
The Senses and Society, 3(3), 259–276.
<https://doi.org/10.2752/174589308X331314>

ANEXOS

Anexo A – Diagramas iniciais dos ambientes

Ambiente

Espaço

Buracos negros

Som - Abanar causa um curto som reverberante.

Distorce espaço à volta,

Alta gravidade

Planetas

Som - Aproximar do ouvido (headset) produz o som de vento. (terra adic. produz mar)

Interativo - Abanar faz com que as nuvens girem mais depressa.

Liberta "Sal"

Baixa gravidade

Nave (brinquedo)

Abanar faz aparecer uma nave maior que transporta o USER para outro cenário.

Trail FX com particle system

Ambiente

Oceano

Mão

Interativo/Ambiente - Apertar faz com que a mão feche e a mão no ambiente abra. Liberta "Baunilha"

Som - Apertar produz som de um sino seguido de um revebrar

Garrafa com água

Som - Abanar produz som de água a ser chapinhada e sino. Liberta "Sal"

Interativo - Dentro da garrafa, a água vai reagir com o movimento
Concha

Som - Tocar produz um som simples de um toque. Aproximar da cabeça do User produz o som do mar

Interativo - Abanar liberta "Sal" e "Laranja"

Ambiente

Terreno

Comando

Alavanca

Peluche

Móvel com gavetas

Ambiente

Jardim

Flores

Liberta cheiro e dobra com o toque

Regador

Permite o crescimento de plantas adicionais

Vasos

Anexo B – Palete de cores associadas aos aromas

Sky & Sea Salt

Azul;

Turquesa;

Cinza-claro;

Amarelo;

Verde.

Mandarin & Sunshine

Laranja;

Vermelho;

Rosa;

Verde-claro;

Castanho.

Romantic Vanilla Blossom

Rosa;

Azul-bebé;

Beje;

Amarelo;

Vermelho.

Relaxing Zen

Verde;

Amarelo;

Rosa;

Castanho-Claro;

Azul.

Sky & Sea Salt	1681fa	60e0de	b2caca	e8dc1f	53ca99
Mandarin & Sunshine	d98000	e52d2d	de5e94	9be68a	846418
Romantic Vanilla Blossom	dc7fc1	b0eaff	f8d57f	e1d26d	e20000
Relaxing Zen	83be57	fbf481	deafd7	ceac5c	6cead4

Anexo C – Questionário realizado aos participantes

Sensory Medley – Questionário

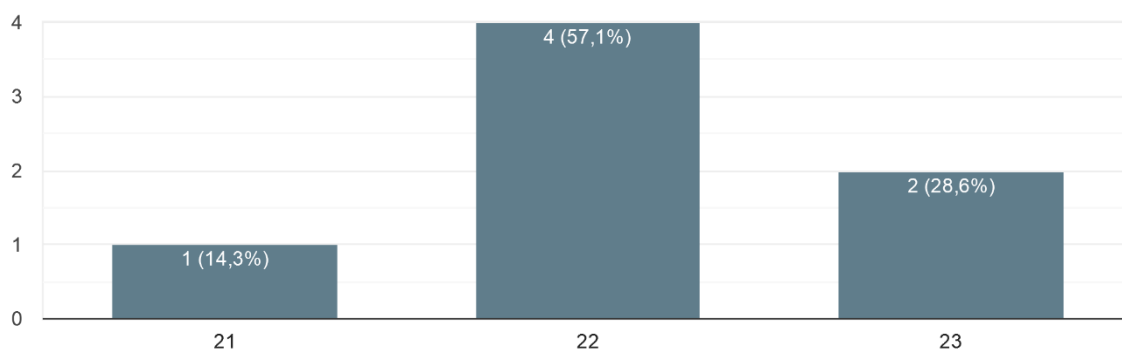
Este questionário deve de ser preenchido após o(a) utilizador(a) experimentar o projeto "Sensory Medley". Os dados recolhidos serão utilizados para poder analisar a eficácia do projeto de um ponto de vista artístico e experimental. Os dados serão entregues de forma anónima.

Nota: O eixo vertical nos gráficos de barras representa o número de utilizadores, enquanto horizontal representa a idade, intensidade ou avaliação, dependendo do contexto da questão.

Secção 1 – Informação básica

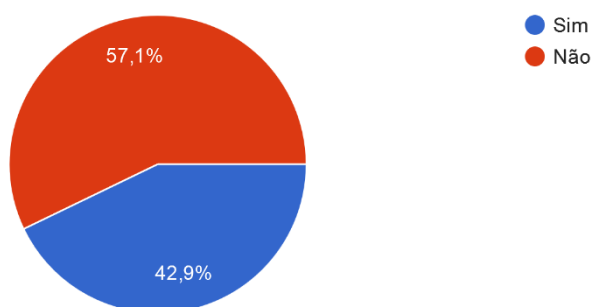
Idade do utilizador@

7 respostas



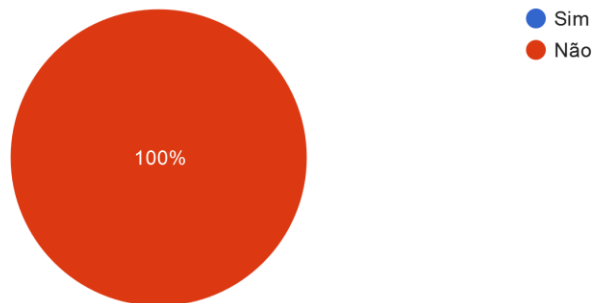
Já alguma vez utilizou algum headset VR?

7 respostas



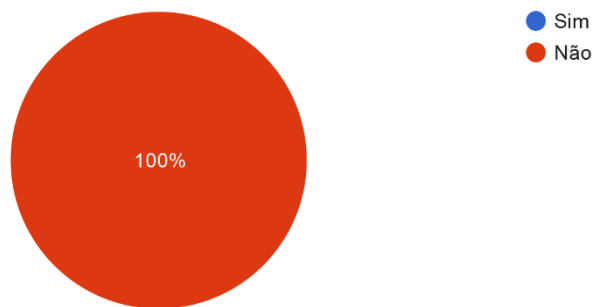
Tendo em conta a sua resposta, achou a forma de como interage com os objetos do cenário difícil de compreender?

7 respostas



Em alguma altura durante a experiência sentiu algum enjoo (motion sickness**)?

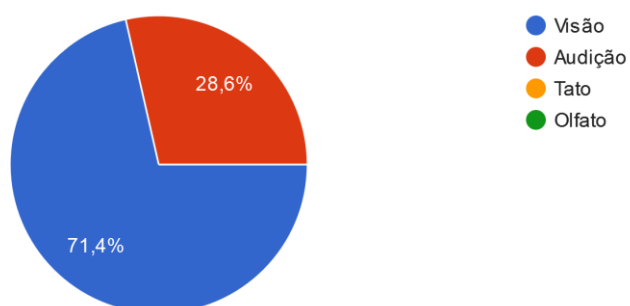
7 respostas



Secção 2 – Interação e ambiente

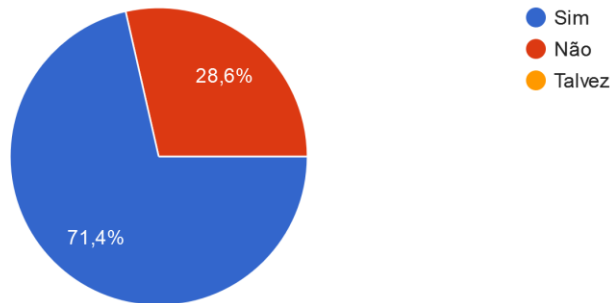
Um dos fatores importantes desta experiência foi a projeção de vários sentidos. Qual destes é que teve mais impacto na sua experiência?

7 respostas



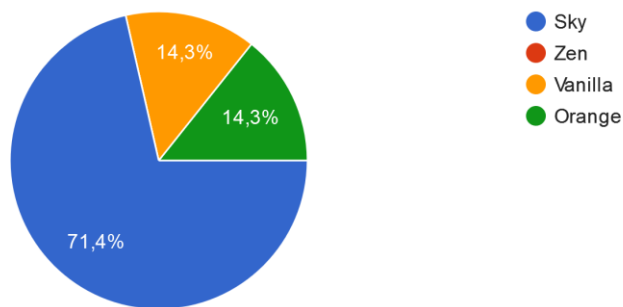
Outro fator importante foi a mistura destes sentidos através da sinestesia**. Estabeleceu alguma conexão entre os sentidos?

7 respostas



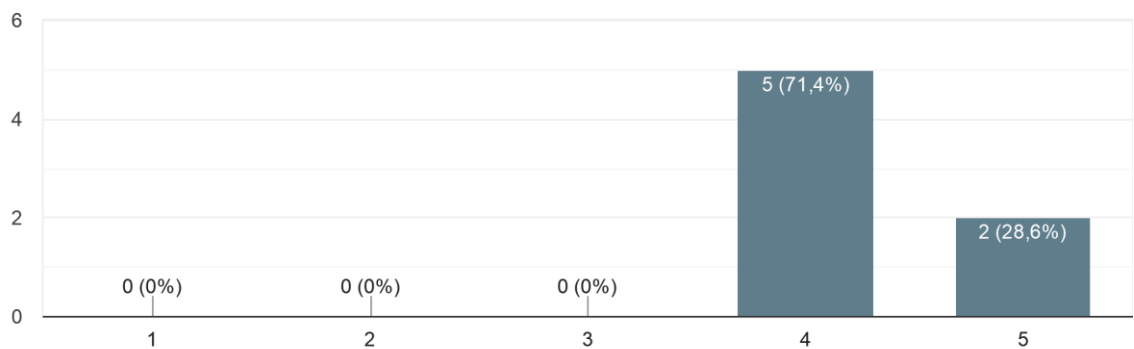
Existem 4 aromas neste projeto, qual destes sentiu com mais frequência? Pode usar o papel com o aroma como referência.

7 respostas



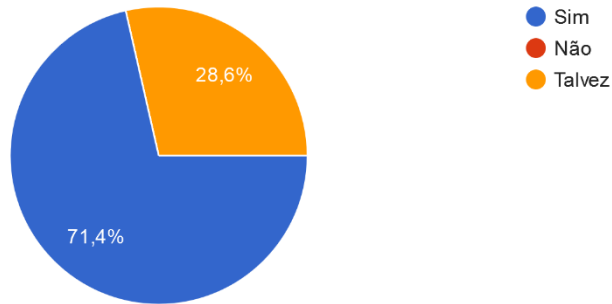
Numa escala de 1 a 5, avalie a intensidade com que sentiu os aromas.

7 respostas



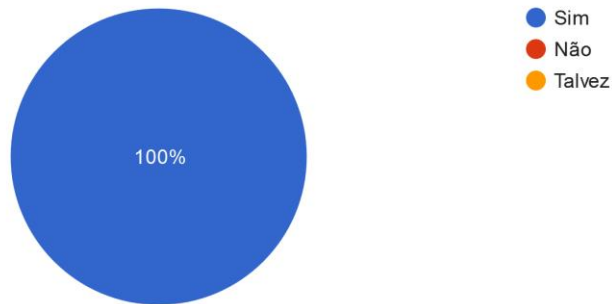
Em alguma ocasião, sentiu mais do que um aroma ao mesmo tempo?

7 respostas



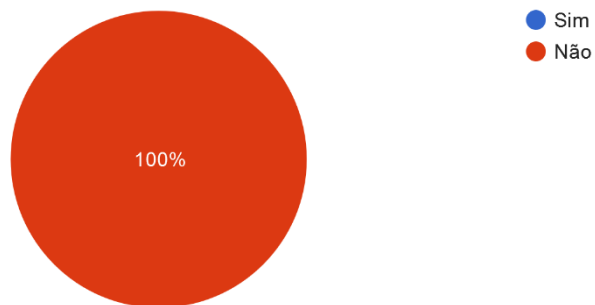
Sentiu que efeitos visuais e as cores eram adequados para as interações?

7 respostas



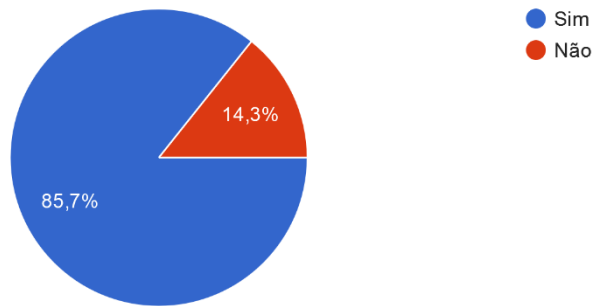
Teve dificuldade em interagir com alguns objetos?

7 respostas



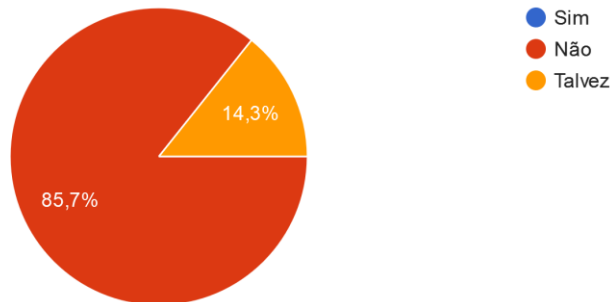
Achou a disposição dos objetos conveniente para a interação?

7 respostas



Durante a experiência, sentiu que estava a ser sensorialmente sobrecarregado(a) ou de um modo geral, confuso(a)?

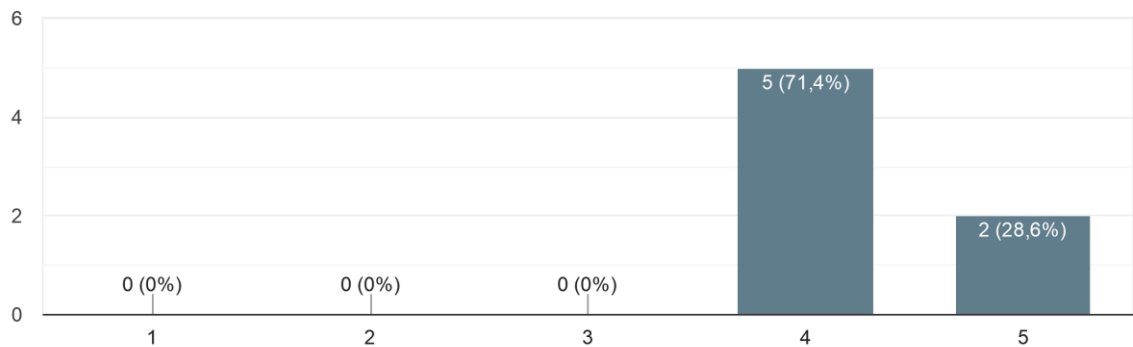
7 respostas



Secção 3 – Estética e áudio do projeto

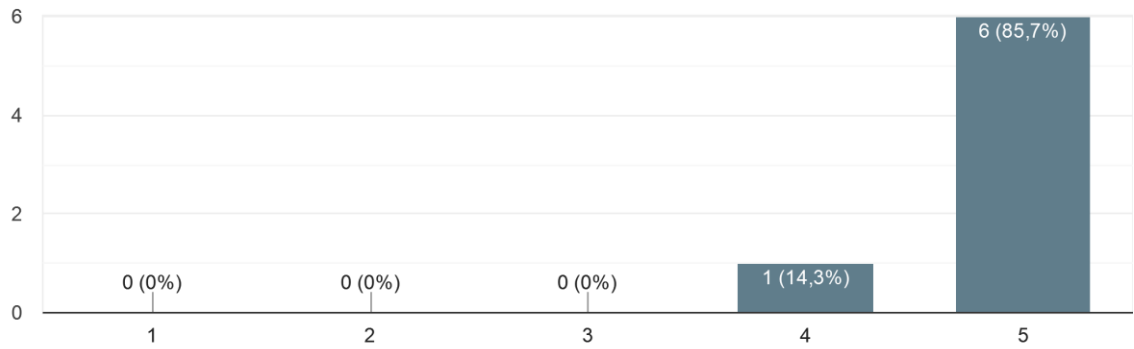
Numa escala de 1 a 5, avalie a estética geral do projeto.

7 respostas



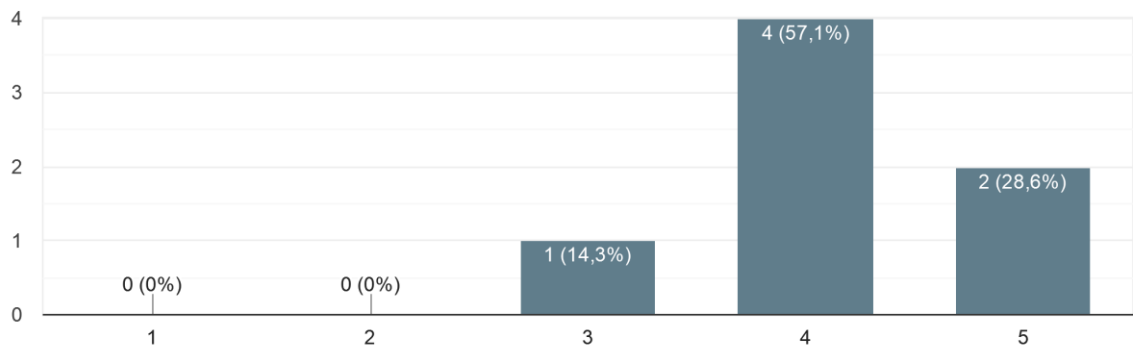
Numa escala de 1 a 5, avalie os sons utilizados.

7 respostas



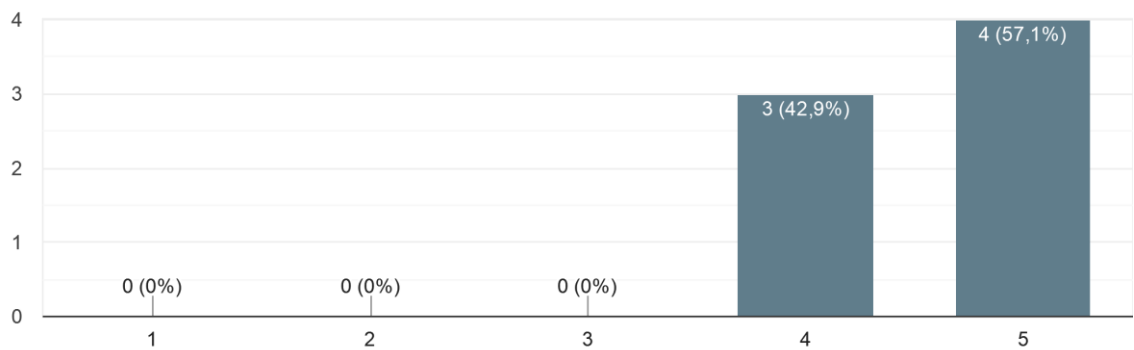
Numa escala de 1 a 5, avalie os modelos utilizados para os objetos.

7 respostas



Numa escala de 1 a 5, avalie a a sensação de profundidade que sentiu no espaço.

7 respostas



Numa escala de 1 a 5, indique se os efeitos visuais e as cores fomentaram uma boa experiência.
7 respostas

