U.PORTO

MESTRADO INTEGRADO
ARQUITETURA

Realidade Virtual e Arquitetura
A experimentação do não construído: ensaio sobre o Restaurante da Piscina de Marés (1965-1995) por Álvaro Siza

Jonas Carlos de Oliveira Barbosa

M
2022

U.PORTO

Realidade Virtual e Arquitetura: A experimentação do não construído: ensaio sobre o Restaurante da Piscina de Marés (1965-1995) por Álvaro Siza

Jonas Carlos de Oliveira Barbosa

FACULDADE DE ARQUITETURA

FACULDADE DE ARQUITECTURA
DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Realidade Virtual e Arquitetura

A experimentação do não construído: ensaio sobre o Restaurante da Piscina de Marés (1965-1995) por Álvaro Siza

Jonas Carlos de Oliveira Barbosa

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Arquitectura
da Universidade do Porto

Orientador:
Prof. Doutor José Pedro Ovelheiro Marques de Sousa
Co-orientadora:
Prof. Doutora Teresa Sofia Barbot Faria Cunha Ferreira

Porto, 2022

Agradecimentos:

Para a concretização deste trabalho, devo destacar o meu agradecimento ao apoio dedicado e atento dos orientadores deste estudo, o Professor Doutor José Pedro Sousa e a Professora Doutora Teresa Cunha Ferreira, pela paciência e motivação durante o curso do trabalho, cujas orientações e críticas construtivas definiram a realização deste projeto.

Agradeço aos meus familiares, em especial à minha mãe Nelma de Oliveira e ao meu pai Edson Barbosa, que sempre me apoiaram e me deram forças para seguir em frente no caminho que escolhi e foram os grandes responsáveis pela minha profissionalização.

Às minhas irmãs Raiza, Raiane e Rana que estiveram sempre comigo regando-me com palavras de incentivo e carinho. Em especial minha irmã Julie por estar sempre comigo.

Agradeço também aos meus amigos Pedro Morais e João Martins pelo apoio incondicional e todos aqueles que participaram desta jornada e deixaram sua contribuição através de palavras de incentivo e de cuidado.

Minha gratidão à esta experiência acadêmica tão enriquecedora e desafiadora que contribuiu para minha evolução profissional e pessoal.

Obrigado.

Notas:

A presente dissertação foi escrita ao abrigo do novo acordo ortográfico vigente. Algumas das citações do corpo de texto encontram-se traduzidas livremente para português por decisão do autor.

- ABSTRACT -

The current work aims to examine the technology of Virtual Reality in Architecture through the study of Álvaro Siza´s project for a Restaurant attached to the Ocean Swimming Pool in Leça da Palmeira. In an effort to analyze, explore and demonstrate Virtual Reality tools´ possible contributions to the field of Architecture. Proceeding from a historical examination of the development of immersive technologies and its relation to Architecture, the following display intends to demonstrate, through practical experience and combined with the careful research and investigation about the object of study, exemplify Virtual Reality as a support to the Architecture as a disciplinary field.

This work wishes to stimulate the analysis of architectural operations backed by Virtual Reality. Therefore, this dissertation seeks to contribute, to some degree, to the study of the digital tools in Architecture in a contemporary setting, gathering practical experience out of the process as a whole.

Key words:

Virtual Reality | Architecture | Digital | Unbuilt | Álvaro Siza

- RESUMO -

O presente trabalho tem como objetivo explorar a tecnologia de Realidade Virtual no campo da arquitetura tendo como objeto de estudo a obra do Restaurante da Piscina de Marés do arquiteto Álvaro Siza em Leça da Palmeira, no sentido de demonstrar e analisar de que forma a utilização das tecnologias imersivas podem auxiliar o campo disciplinar da arquitetura. A partir de um embasamento sobre a história e evolução das tecnologias imersivas e sua relação com a arquitetura, o trabalho pretende demonstrar através da experiência prática, juntamente com o processo de pesquisa e investigação do objeto de estudo, exemplificar o apoio da Realidade Virtual no campo disciplinar da arquitetura.

O processo de construção deste trabalho tem como fio condutor estimular as análises sobre o exercício da arquitetura impulsionada pela Realidade Virtual. Portanto, esta dissertação vislumbra contribuir em algum grau para o estudo das ferramentas digitais no campo da arquitetura perante o cenário contemporâneo, reunindo aqui algumas experiências do processo prático.

Palavras-chave:

Realidade Virtual | Arquitetura | Digital | Não contruído | Álvaro Siza

• ÍNDICE •

Resumo / Abstract

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO 8

1.1 - Tema 9

1.2 - Objetivo 10

1.3 - Estrutura e metodologia 11

CAPÍTULO 2 - REALIDADE VIRTUAL 13

2.1 - Conceito e contextualização da Realidade Virtual 14

2.2 - Tecnologia da Realidade Virtual 17

2.2.1 - Evolução histórica 18

2.2.2 - Realidade Virtual (RV), Realidade Aumentada (RA), Realidade Mista (RM) 23

2.3 - Realidade Virtual e Arquitetura 26

2.3.1 - Zaha Hadid Architects 32

2.3.2 - B.I.G. 33

2.3.3 - Ennead Architects 35

CAPÍTULO 3 - PISCINA DE MARÉS: O RESTAURANTE 37

3.1 - Enquadramento do projeto 39

3.2 - Fases construtivas: Piscina de Marés (1960-1973) 43

3.3 - Projeto do restaurante (1965-1995) 52

3.4 - Reabilitação e extensão (2018-2021) 56

CAPÍTULO 4 - EXPERIÊNCIA APLICADA 59

4.1 - Construção do modelo tridimensional 60

4.2 - Processo de construção da Realidade Virtual 66

CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPETIVAS EM ABERTO 74

REFERÊNCIAS 77

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Tema

A importância do uso das tecnologias avançadas, mais precisamente da Realidade Virtual (RV) aplicada ao campo disciplinar da arquitetura está cada vez mais evidente. Por mais que as representações bidimensionais sejam extremamente importantes para a conceção de um projeto de arquitetura, sempre faltará a capacidade de transmitir plenamente as sensações idealizadas pelo arquiteto. A tecnologia virtual tem vindo a trazer contributos à arquitetura sendo cada vez mais utilizada pelos ateliers no intuito de incorporar essas tecnologias a um nível de prática profissional que permita a interação e experimentação que uma representação bidimensional não é capaz de trazer na sua totalidade.

O mundo da RV visa transportar temporariamente o usuário para a realidade de um ambiente construído e permitir experimentar sutilezas como emoções, sentimentos e sensações. A experiência de imersão fornece uma representação muito mais precisa da escala, profundidade e relação espacial em comparação a outros métodos tradicionais, seja por representação bidimensional ou através de renderizações e animações.

Através desses princípios e ideias que envolvem o uso da tecnologia, nasce a vontade de realizar uma experiência imersiva que permita experimentar o não construído através do virtual. Em minhas buscas por referências arquitetónicas durante todo o trajeto académico, os projetos não construídos sempre me despertaram interesse, seja pela curiosidade em saber quais foram as razões de não terem sido materializados, seja pela tentativa de imaginar como ele seriam caso fosse construído.

Neste âmbito, a Piscina de Marés, concebida entre 1960 e 1966 (construção terminada em 1973), sempre foi uma obra arquitetónica que ganhou minha atenção e admiração devido à sua excecionalidade e pedagogia. A obra é um patrimônio arquitetónico estruturado através de múltiplas vidas e que transmite uma genuína organicidade pela sua capacidade de afirmar e materializar em conjunto com a natureza. O arquiteto Álvaro Siza foi capaz de identificar as virtualidades que o sítio apresentava e assim criar espaços que se comunicavam harmonicamente com a natureza, estabelecendo uma verdadeira simbiose entre arquitetura e natureza. O projeto foi elaborado em quatro fases, contemplando por último um edifício de restaurante que não veio a ser construído. Esta fase do projeto passou por diversos processos administrativos ao longo dos anos, sendo ligeiramente alterada em sua espacialidade em 1995, mesmo assim, por motivos até então desconhecidos a obra não foi possível de ser construída. Recentemente, a obra foi reabilitada e ampliada por Álvaro Siza (2018-2021), acrescentando uma nova camada que, decerta forma, evoca o projeto do restaurante.

Devido ao grau importância do projeto e à singularidade da sua implantação sobre as rochas marítimas, a possível construção do volume do restaurante daria completude a ideia do conjunto arquitetónico. Partindo desse pressuposto, surge a vontade de estudar este projeto e procurar desenvolver uma experiência imersiva que pudesse apoiar o processo investigativo da obra, utilizando a RV como experimento e materialização do não construído, apoiado por analises de textos, informações e peças desenhadas pelo arquiteto.

1.2 Objetivo

A representação gráfica de um projeto de arquitetura sempre foi tratada como uma competência do campo da arquitetura. É através do desenho que conseguimos expor a capacidade imaginativa do pensamento e materializar a ideia criativa de um projeto. Desde o seio académico aprendemos o quanto a capacidade de representar graficamente um projeto pode o valorizar, e assim, transmitir a ideia através de linhas e composições gráficas com o objetivo de comunicar da melhor maneira possível. A compreensão de um projeto de arquitetura representada bidimensionalmente, exige habilidade e capacidade imaginativa que nem todos a possuem, ficando assim a comunicação da arquitetura restrita aos profissionais da área, criando uma barreira por aqueles que não possuem tal habilidade.

Com base nestas observações, é importante pensar nas possibilidades que o arquiteto tem à sua disposição para que assim possa comunicar suas ideias de forma mais democrática, trazendo soluções que podem possibilitar um maior alcance por parte daqueles que não possuem a aptidão de interpretar um desenho bidimensional. Faz-se necessário ressaltar ferramentas que possam criar um elo entre o arquiteto e o mundo, trazendo formas de representações mais interativas.

Sendo a arquitetura uma área ligações naturais à tecnologia, foi possível trazer novas possibilidades de visualizar o espaço projetado através de simuladores virtuais capazes de demonstrar a realidade aproximada de um projeto de arquitetura. Os usos dessas ferramentas não se limitam apenas em comunicar, mas sim como mais um método a ser explorado pelo arquiteto, sendo possível experimentar e manipular condicionantes espaciais que englobam o controle da luz natural e artificial, aplicação de materiais e texturas e experimentação de espaços tridimensionais, assim como relações visuais e enquadramento do objeto à paisagem. Os usos dessas ferramentas pelos principais escritórios de arquitetura se tornam cada vez mais habitual, muito pela sua capacidade de produzir interatividade entre o arquiteto e o exercício de projeto.

O objetivo desta dissertação é levantar o tema da RV evidenciando o processo de aprendizado adquirido através das múltiplas ferramentas digitais disponíveis ao arquiteto como método investigativo capaz de permitir a experimentação da arquitetura. O trabalho consiste em evidenciar o processo de virtualização do projeto da Piscina de Marés no intuito de promover a RV como uma ferramenta eficaz capaz de explorar desde o projeto base até o projeto de execução mais avançado, estimulando a experimentação de elementos a aplicar em obra, simulações de luz, relações visuais entre espaços propostos, além de permitir que o projeto seja testado através da RV.

1.3 Estrutura e Metodologia

O presente trabalho está estruturado por capítulos que vão desde os conceitos básicos sobre o processo de virtualização da sociedade até o tema da RV como tecnologia. Estes conceitos apresentados são baseados a partir de pontos de vista provenientes de renomados autores, na intenção de trazer uma melhor compreensão fundamentada no real conceito de RV. A noção conceitual servirá de base para compreender as ramificações que serão abordadas ao longo deste trabalho, que vão desde a história e evolução da RV, até sua integração a partir do ponto de vista social, além de revelar a vertente da arquitetura como parte do processo de virtualização.

Para o andamento do trabalho, primeiramente foi necessário consultar todo o material disponível sobre a obra bem como toda a documentação escrita e desenhada existente. O trabalho apoia-se fundamentalmente em fontes de arquivo e bibliografia, em particular análise complementar de diferentes tipos de suporte: esquissos, peças desenhadas (implantação, estudo prévio, projeto de execução, incluindo pormenorização e especialidades), peças escritas (memórias descritivas, caderno de encargos e outras documentações), fotografias e cartografia. A documentação foi disponibilizada pelo Arquivo da Câmara Municipal de Matosinhos bem como o Arquivo de Álvaro Siza. O processo investigativo consiste em separar cronologicamente as diversas fases do projeto, analisar peças gráficas desde os primeiros esquissos e plantas até documentos escritos que pudessem auxiliar no desenvolvimento do trabalho, realizando paralelos com o objetivo de reunir o máximo de informações para que a imersão em RV fosse viabilizada.

O trabalho prático se desenvolve através de ferramentas digitais que pudessem viabilizar o trabalho de campo. Para a modelagem tridimensional foi utilizado o software *3DSMAX* da Autodesk. O desenvolvimento do modelo tridimensional contou com a disponibilização da nuvem de pontos, extraída a partir de fotogrametria executada por drone disponibilizada pelo projeto FTC Siza Atlas, pela Fundação Getty. A nuvem de pontos possibilitou que o processo de modelação fosse desenvolvido com o máximo de rigor e consequentemente pudesse corresponder as coordenadas geográficas da implantação do projeto, além de viabilizar o trabalho de campo executado através da observação e comparativos de peças gráficas. O software utilizado para a imersão em RV foi o Unreal Engine da Epic Games, onde o modelo tridimensional passou por um refinamento desde texturas, iluminação e programação básica para que a imersão em RV fosse concebida.

O curso deste trabalho foi realizado em simultâneo com as investigações acerca do objeto de estudo. O desenvolvimento teórico e a experiência prática proporcionaram que o conteúdo deste trabalho fosse desenvolvido de maneira unificada. Para que o trabalho fosse consistente, o processo digital será evidenciado desde a modelação tridimensional às incongruências encontradas no percurso até a concessão da experiência prática final. O trabalho deixa o seu contributo no âmbito investigativo do objeto de estudo revelando os percalços que esta obra multifacetada foi submetida desde o início de sua concessão, até sua recente intervenção. A imersão em RV, amparada pelo processo investigativo, permitiu o alcance às reflexões e análises sobre a obra investigada através das ferramentas digitais que possibilitaram que o elemento 'não construído' do restaurante fosse testado e explorado, dentro da realidade já existente da Piscina de Marés, evidenciando o sentido de completude que o restaurante estabeleceria desde que foi idealizado pelo arquiteto Álvaro Siza em 1965, data em que o primeiro projeto foi desenhado pelo arquiteto.

A conclusão do trabalho levará em conta todo o processo investigativo do qual a pesquisa foi submetida, os recuos e avanços do processo de investigação da obra, conhecimentos adquiridos durante o percurso do trabalho prático e, assim como os resultados e as perspetivas futuras de desenvolvimento deste campo de investigação.

CAPÍTULO 2

REALIDADE VIRTUAL

2.1 - Conceito

Quando pensamos em RV, a compreensão mais comum a respeito do tema é sobre uma espécie de realidade ilusória ou ficcional onde tudo que lá ocorre é criado de forma imaginativa e distante da perceção da realidade que estamos acostumados a lidar. Com isso, é absolutamente normal que as pessoas tenham a perceção de que os objetos reais e os objetos virtuais sejam diferentes em termos de conceito digital, como se os objetos virtuais não fossem verdadeiramente reais ou não tivessem valor algum. Para o filósofo David Chalmers, pesquisador especializado na ciência cognitiva, a RV é uma realidade genuína onde os objetos virtuais são objetos reais e o que acontece na RV é considerado real.

Para compreender o conceito de RV, primeiramente é importante reconhecer que o conceito de virtual é ambíguo. Em uma leitura mais pragmática, a RV seria a realidade que não corresponde à realidade física, logo o realismo do virtual ficaria descartado por definição. Para exemplificar a ideia, a partir de um significado mais comum, considere uma biblioteca virtual, que é uma versão digital de uma versão real baseada em dados originais provenientes de uma biblioteca real. Neste caso podemos afirmar que a biblioteca virtual é verdadeiramente real porque existe e funciona. Neste caso, apenas o meio de acesso se diferencia. Compreender o termo da realidade virtual desta maneira, impulsiona a ideia e o conceito de que o virtual é uma forma de realidade.[1]

Por muitas vezes a definição de realidade virtual é imprecisa, flexível e subjetiva, embora se apresente de forma unanime na maioria de suas definições. Podemos analisar a realidade virtual por experiências através de três noções principais: o ambiente imersivo, interativo e o gerado por computador, este por sua vez precisa ser capaz de tornar a experiência imersiva e interativa semelhante a realidade material.

O ambiente imersivo é aquele capaz de gerar uma experiência em perspectiva ao usuário, oferecendo a sensação de presença. Tem a capacidade de reproduzir a experiência através do ambiente tridimensional, em sua maioria, acompanhado por elementos auditivos e sensoriais que intensifiquem a mesma experiência. O ambiente interativo é aquele que se desenvolve quando o usuário tem a capacidade de interagir com ambiente através de dispositivos de entrada que permitem o rastreamento do corpo através de aparelhos portáteis ou até mesmo através de um teclado. O ambiente gerado por um computador é quando o processo é fundamentado em um processo computacional que permita a simulação tridimensional e interação sensorial. Na RV atual, esse cálculo é feito a partir de um computador fixo capaz de suportar esses dispositivos complementares.

Outros pontos de vista podem divergir do conceito estruturado por David Chalmers ao levantar a oposição entre o real e o virtual e não por uma proximidade, como se as duas realidades pudessem coexistir. O autor Pierre Levy argumenta que o virtual deve ser uma concretização efetiva, tal como é na realidade comum, que já estaria constituída e latente, para Levy o real não se opõe ao virtual.

> *"Contrariamente ao possível, estático e já constituído, o virtual é como o complexo problemático, o nó de tendências ou de forças que acompanha uma situação, um acontecimento, um objeto ou uma entidade qualquer, e que chama um processo de resolução: a atualização."*[2]

1 CHALMERS, David, "Reality +: virtual worlds and the problems of philosophy". New York, W. W. Norton, 2022

2 LÉVY, Pierre (1996). O Que é Virtual?, Rio: Editora 34, p. 16

Desta forma, o virtual ganha a condição de algo que oferece inquietação para o processo criativo, de algo que não poderia ser previsível e inerte como é a passagem do possível para o real, o processo de atualização, assim chamado pelo autor, é a força motora criativa que colabora para que o conceito macro da RV esteja sempre em atualização. Compreender a dualidade proposta de Levy, referente a passagem do virtual para o real e do possível para o real, apoia a noção ontológica do significado do pensamento estrutural ao considerar o virtual como uma matriz criativa disposta de possibilidades e que reforça o dinamismo constantemente proposto pela virtualização, como movimento de passagem do atual para o virtual, ou seja, o virtual assume o lugar da matriz geradora em paralelo ao atual/real. O autor completa o raciocínio quando sugere que o processo de virtualização se desprende do momento presente, embora o processo exija um suporte físico, de fato ele não possuiria um lugar, sugerindo que a virtualização seja um processo de desterritorialização. [3]

> *"Quando uma pessoa, uma coletividade, um ato, uma informação, se virtualizam, eles se tornam 'não presentes', se desterritorializam. Uma espécie de desengate os separa do espaço físico ou geográfico ordinário da temporalidade do relógio e do calendário. É verdade que não são totalmente independentes do espaço-tempo de referência, uma vez que devem sempre se inserir em suportes físicos e se atualizar aqui ou alhures, agora ou mais tarde. No entanto, a virtualização lhes fez tomar a tangente."* [4]

Além do processo de desterritorialização, um outro caráter é frequentemente associado a virtualização: a passagem do interior ao exterior e do exterior ao interior. Esse efeito declina-se em vários registos: o das relações entre privado e publico, próprio e comum, subjetivo e objetivo, mapa e território, autor e leitor etc. Um exemplo disso é o do trabalhador clássico em sua mesa de trabalho, onde passa do espaço privado de seu domicílio para o espaço publico de trabalho compartilhado. Em contraste, o teletrabalhador transforma seu espaço privado em espaço publico e vice-versa, aqui ele consegue gerir critérios pessoais de temporalidade publica. Os lugares e tempos se misturam. [5]

Os sistemas de realidade virtual transmitem mais que imagens, transmitem quase uma presença. O telefone por exemplo, já funciona como um dispositivo de telepresença, uma vez que não leva apenas uma imagem ou uma representação da voz: transporta a própria voz. O telefone separa a voz do corpo físico e a transmite à distância.[6] A virtualização do corpo incita as viagens e a todas as trocas. As pessoas que veem o mesmo programa de televisão por exemplo, partilham o mesmo olho coletivo. Graças aos dispositivos tecnológicos como máquinas fotográficas, câmeras e aos gravadores, podemos perceber as sensações de pessoas que estão localizadas em outro lugar. Os sistemas ditos de realidade virtual nos permitem experimentar, além disso, uma integração dinâmica de diferentes modalidades percetivas.[7]

Na mesma linha de pensamento, a economia contemporânea é uma economia que está diretamente relacionada com a desterritorialização ou a virtualização, que por sua vez, cumpre o seu papel ao acrescentar as telecomunicações, a informática e os meios comunicação. O setor financeiro é sem dúvidas uma das atividades mais características da escalada da virtualização, onde se deixa o

3 CHALMERS, David, "Reality +: virtual worlds and the problems of philosophy". New York, W. W. Norton, 2022

4 Idem, p. 21

5 Idem, p. 24

6 Idem, p. 33

7 Idem, p. 38

manuseio do dinheiro em espécie que passa a ser trabalhado por números através de softwares de controle bancário que possam realizar o manuseio do dinheiro através de transações eletrônicas. As criptomoedas aparecem também como mais um meio da virtualização da economia ao sugerir ao sistema de troca virtual desterritorializado e descentralizado e que cada vez mais vem tomando espaço no processo de virtualização da economia.

O conceito de RV passa a estar presente no coletivo criativo humano, este por sua vez, guiado e gerado através de uma força motriz capaz de desmaterializar o sentido de lugar como conhecemos, do físico para um plano semiótico e desterritorializado que permita a ampliação de espaços e temporalidades. Qualquer ato cria efetivamente uma informação virtual, por isso o ciberespaço é por excelência o meio em que as informações podem ser registadas e exploradas. O consumidor não apenas se torna o coprodutor da informação que consome, mas também é habitante cooperativo dos "mundos virtuais" dos quais estão em constante evolução.[8]

8 LÉVY, Pierre (1996). O Que é Virtual?, Rio: Editora 34, p. 56

2.2 Tecnologia RV

A primeira vez que o termo realidade virtual, a RV, foi utilizado, aconteceu na década de 80, quando o cientista Jaron Lanier, fundador da *VPL Reserarch Inc.* utilizou o termo para diferenciar as simulações tradicionais feitas por computador de simulações envolvendo múltiplos usuários através de um ambiente compartilhado[9]. O conceito de RV não está somente ligado ao um conjunto de dispositivos capazes de oferecer uma experiência imersiva padrão, mas sim de um conceito de tecnologia de simulação que represente a realidade comum. De maneira mais popular, o uso do termo sofreu alterações à medida que as tecnologias subjacentes se tornaram mais consolidadas. A ideia de RV já vem sendo utilizado há algum tempo, mesmo em escalas mais simples, por exemplo, os videojogos domésticos que são controlados pelo usuário através de um comando ou teclado de computador. Esses sistemas possuem variantes que são necessárias para serem consideradas RV, ou seja, a simulação de uma realidade idealizada que oferece imersão através do som, experiência e monitores de projeção que exibem imagens em 3D, além de permitir a interação do usuário com o ambiente virtual tridimensional.

O termo de RV não está somente ligado a um conjunto específico de valores sensoriais que são capazes de estimular uma realidade ficcional, mas sim dentro de um processo chamado pelo filósofo Pierre Levy de virtualização, que nada mais é tudo aquilo que se desprende do aqui e agora, tudo que seja capaz de desmaterializar o sentido de lugar e presença e consequentemente fomentar uma experiência imersiva constantemente atualizada.

Nos tempos de hoje, o termo RV passou a ser utilizado para se referir a aplicativos que permitem ao usuário interagir com dados espaciais virtuais em tempo real. É uma palavra que cada vez mais sendo utilizada para se justificar o processo de virtualização do meio tecnológico. A tecnologia imersiva também permite criar ambientes virtuais interativos e protótipos digitais antes de serem fisicamente produzidos.

> *"O uso do termo 'realidade virtual' pode direcionar a atenção tanto para o meio RV, quanto para o sistema RV. Quando o termo é usado para se referir ao meio RV, há um foco no ambiente virtual e no modelo criado dentro do computador. Em contraste, quando é usado para se referir ao sistema de RV, o foco está no hardware e no software."*[10]

Podemos considerar a realidade virtual como um meio, ou seja, nas representações que implicam o uso interativo do usuário, que por sua vez podem interagir com o modelo espacial que são representados em três dimensões e assim obter feedback de suas ações em tempo real. O usuário pode explorar livremente o modelo e tomar decisões baseadas nas observações obtidas em tempo real.

---

9 LANIER, Jaron, "You are not a gadget: A Manifesto". Penguin UK, 2010, pag. 22

10 WHYTE, Jennifer, "Virtual Reality: and the built enviroment". Oxford, Architectural Press, 2002, pag. 3

2.2.1 História e desenvolvimento da RV

Historicamente a experiência RV era possível de ser experimentada através da arte quando o mundo era capaz de ser experimentado através de uma moldura, uma espécie de virtualização da criatividade e do abstrato. O desenvolvimento da tecnologia foi capaz de trazer inovações posteriores como lentes e espelhos, e isto afetou ainda mais a maneira como vemos e retratamos o mundo. A experiência emoldurada veio a evoluir seculos mais tarde quando a sociedade foi capaz de ver o mundo através de um ecrã de cinema ou de uma televisão. As experiências automobilísticas é uma ilustração aproximada do que é a realidade virtual experimentada. O carro restringe a nossa visão do mundo através de uma dinâmica que se assemelha ao um quadro. Observamos o mundo por uma janela, mesmo em movimento, o corpo permanece em estado estático enquanto tudo de move.

Na década de 40, o primeiro computador em tempo real foi desenvolvido como um dos primeiros computadores digitais capazes de funcionar como uma enorme calculadora, o *Whirlwind* (imagem 1), que estava sendo desenvolvido pelo MIT. O computador foi projetado para ser capaz de responder de forma instantânea a qualquer comando do usuário. Este computador tinha apenas 1024 bytes e dois bancos de dados e fisicamente era muito grande, pesando mais de 10 toneladas, além disso, suas capacidades gráficas de interface não eram boas.

Em 1955 a ideia de RV já era experimentada pelo então inventor e cineasta Morton Heilig. Heilig inventou e construiu um protótipo chamado Sensorama, em uma primeira tentativa de apresentar a realidade imersiva utilizando uma série de curtas-metragens filmados a partir da experiência em primeira pessoa. A máquina era composta por um ecrã estereoscópico colorido, ventiladores para simular o movimento, emissores de odores, além de som estéreo e uma cadeira que simulava os movimentos exibidos em tela.

Em um dos curtas-metragens, o usuário experimentava a simulação viajando em uma motocicleta através da cidade de Nova York, enquanto no ecrã o usuário poderia assistir ao passeio filmado pela cidade, a cadeira simulava movimentos de uma motocicleta e o ventilador trazia a experiência sensorial do vento em seu rosto, além de pequenas simulações do cheiro de gasolina e ruídos urbanos.

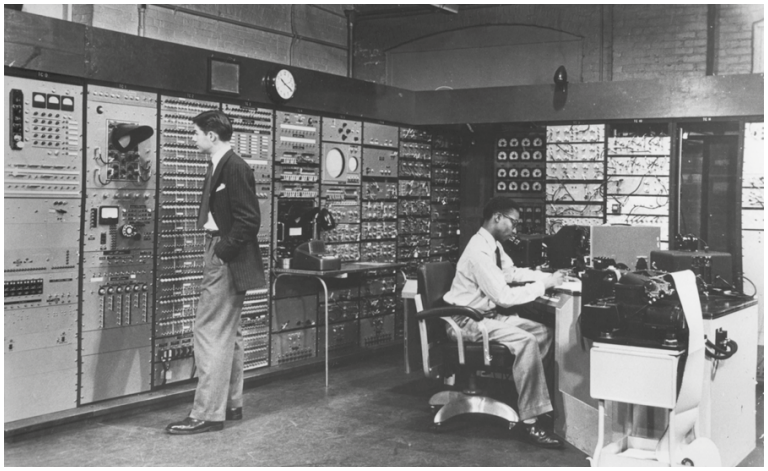

Imagem 1. Whirlwind



Imagem 2. Sensorama

Anos mais tarde, os ecrãs imersivos estavam sendo desenvolvidos voltados para o campo de pesquisa militar na década de 60. O desenvolvimento de softwares de simulação de voo e design industrial automobilístico, utilizado pela General Motors, foi um marco que contribuiu para a compreensão dos requisitos básicos da realidade virtual, abrindo espaço para o conceito de realidade imersiva através do primeiro *HMD*[11] (imagem 3).

Desde então foi possível perceber as potencialidades e o contributo que a RV apresentava, e assim, iniciou-se pesquisas que tornaram possível explorar potencialidades que pudessem contribuir para o progresso e desenvolvimento da tecnologia. Na década de 1970, a computação gráfica foi a aposta da vez pelos principais institutos de pesquisa. Na Universidade de Utah, Ivan Suntherland, conhecido pelo desenvolvimento da interface gráfica *Sketchpad*, inicia pesquisas que explora a renderização de objetos em 3D. O processo consiste em obter uma imagem final a partir de um conjunto de dados geométricos que são chamados pelo nome de renderização. Esse processo permite envolver dados como adição de cores, texturas, luz e sombra. Foi a partir desses dados que foi possível desenvolver sistemas gráficos que pudessem suportar dados 3D mais complexos, abrindo espaço a evolução de gráficas mais potentes.

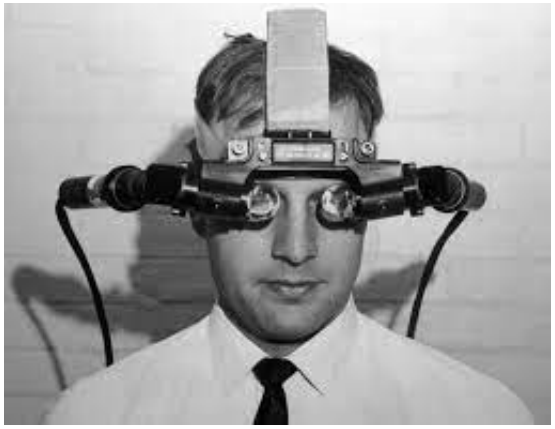

Imagem 3. Primeiro HMD



Imagem 4. Ivan Suntherland

As pesquisas de Suntherland acerca da RV, serviram como base mais tarde para o desenvolvimento de outras tecnologias ligadas ao tema. O cientista foi o primeiro a sugerir o uso de stereographic head-mounted displays nos anos 60. Em 1968, Suntherland e seu aluno Bob Sproull, criaram o primeiro dispositivo para RV chamado espada de Damôcles, ligado a um computador. Em 1987 a *NASA* começa a apostar no tema da RV e desenvolve o primeiro simulador virtual imersivo para treinamento de astronautas, o *VIEW*[12]. O *VIEW* é um sistema de exibição estereoscópica montada na cabeça no qual a imersão pode ser um ambiente artificial gerado por um computador ou um ambiente real transmitido através de câmeras de vídeo remotas, este sistema permite que o operador possa entrar no ambiente e interagir com ele.

O desenvolvimento de simuladores de voo em RV foi crucial para a evolução dos sistemas RV. Grande parte das tecnologias surgiram a partir de simuladores de voo militares que receberam um investimento considerável direcionado ao setor, grande parte dessas pesquisas foram exploradas por Tom Furness no *Armstrong's Medical Research Laboratories* da Força Aérea dos Estados Unidos. Foi desenvolvido dentro do laboratório o cockpit virtual *VCASS* (Visually-Coupled Airbone Systems

11 Head-Mounted-Display

12 Virtual Interface Environment Workstation

Simulator), onde o piloto usa um *HMD* que projeta a vistas da janela de uma aeronave em 3D, as simulações também eram realizadas através de sistemas *CAVE*.



Imagem 5. HMD desenvolvido pela NASA

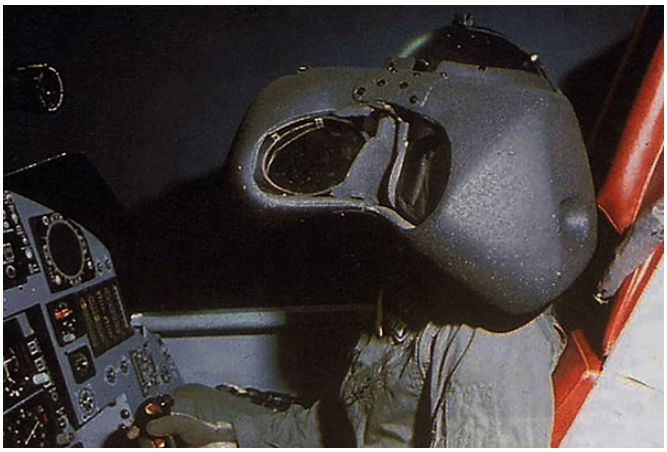

Imagem 6. Cockpit virtual por Tom Furness

Com a evolução dos headsets para RV, as principais empresas desenvolvedoras de videojogos da década de 90 começaram também a pensar introduzir a tecnologia direcionada aos seus jogos. A *SEGA* lançou os óculos de realidade virtual VR-1 que simulava os movimentos de acordo com o que estava sendo exibido na tela, os óculos não eram propriamente acessíveis e além do mais apresentavam alguns problemas gráficos, chegaram a desenvolver quatro jogos direcionados ao headset mas devido ao seu fracasso permaneceu na fase de protótipo e assim terminou por ser descontinuado. Outra empresa que se arriscou na RV foi a Nintendo com o *Nintendo Virtual Boy,* pelos mesmos motivos do VR-1 e sua produção foi descontinuada.

Apesar do uso de headsets para videojogos não ter tido muito sucesso, apareceram outros jogos no mercado com a mesma ideia de realidade simulada. Desta vez o desenvolvimento de simulação urbana se mostrou revelador ao apresentar cidades em grande escala, simuladas através de um ambiente virtual. O jogo *SimCity* foi particularmente uma grande influência para o desenvolvimento de aplicações em ambientes construídos. Observou-se uma grande aceitação por parte dos usuários, a criação de um jogo onde fosse possível criar e controlar uma cidade inteira. O jogador se torna o planeador da cidade e é capaz de interagir com os recursos básicos que um ambiente urbano necessita, como gestão de recursos, desemprego, crime e gestão de desastres. Inicialmente a ideia do jogo foi difícil de ser aceite por não acreditarem que sua jogabilidade seria bem aceite no mercado. Quem poderia se interessar por um jogo onde o objetivo não era vencer? A verdade é que o jogo foi muito bem aceito no mundo virtual e terminou alcançando um certo sucesso.



Imagem 7. Sega VR Headset



Imagem 8. Nintendo Virtual Boy

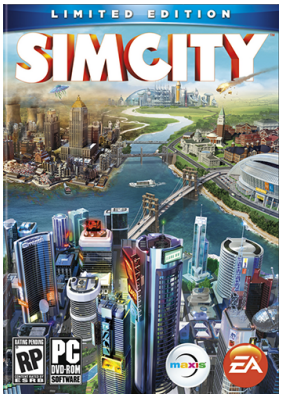

Imagem 9. Simcity

O *SimCity* foi o primeiro videojogo a sugerir que o usuário tivesse acesso a um manual de instruções que inclui uma bibliografia capaz de orientá-lo dentro da jogabilidade proposta. Depois de apresentar sugestões ao usuário sobre o mecanismo de gestão dos recursos básicos de uma cidade num contexto urbano, o jogo sugere que o usuário tenha acesso a informações de planeamento urbano de Kevin Lynch e Le Corbusier, no sentido de auxiliar o usuário para dentro do objetivo proposto. Durante a jornada, o jogo oferece uma série de indicadores para se obter sucesso desejado dentro de uma escala urbana.

Com o passar dos anos e com a evolução dos smartphones, o mundo e a sociedade tornaram-se cada vez mais interessados e conectados aos recursos digitais. O que antes significava texto digitado em computadores, passou a ter telefones com câmeras e consequentemente a internet ficou ainda mais visual, as conexões ficaram cada vez mais rápidas e a forma de visualização através de vídeo se tornou a principal forma de vivenciarmos conteúdo.[13]Novas plataformas de conexão de pessoas com o mundo cresciam de forma exponencial. A era da informação evoluiu rapidamente desde que surgiram as redes sociais. Evidenciou-se a necessidade humana de interagir com o mundo digital criando um certo paralelismo com o mundo físico.

Visando esse acontecimento e essas necessidades, a maior empresa responsável com esse crescimento, o *Facebook*, busca se reinventar e apostar na interação humana com as redes sociais através da realidade virtual. O conceito de metaverso foi mencionado pela primeira vez pelo do escritor Neal Stephenson em seus romances na tentativa de retratar a realidade futurística do século XXI. O nome meta advém do grego, que significa além, metafísico, o que vai além do físico. Neal explorava os temas que envolvia matemática, criptografia, filosofia e ciência. Este conceito parte da ideia de uma tentativa de replicar a realidade através dos recursos digitais. Ele parte do pressuposto sob um coletivo virtual partilhado interagidos através de dispositivos de RV, realidade aumentada e a internet.

Esta experiência já está disponível e possível de ser experimentada através de videojogos como Fortnite, criação de uma das principais empresas desenvolvedora de jogos, a Epicgames, que também auxilia o *Facebook* a desenvolver seus ambientes virtuais. Atualmente o jogo é a plataforma que mais se aproxima do conceito de "metaverso". A interação entre os usuários gera uma grande base de dados e algoritmos de inteligência artificial que permite uma constante evolução que resulta modelos de jogos cada vez mais aprimorados.

Além da parte construtiva do jogo, o *Fortnite* está a aprimorar cada vez mais o seu lado "rede social", sabendo que a interação entre usuários é o que faz o jogo ser convidativo. Devido ao forte crescimento da plataforma, o interesse comercial também vem numa crescente, hoje já existe a possibilidade de criar interações mais complexas dentro da interface do jogo como concertos virtuais promovidos por gravadoras com o objetivo de monetizar a plataforma, e assim criando um mundo virtual a parte do jogo.



Imagem 10. Concerto em RV do artista Travis Scott através do Fortnite

13 "The metaverse and How We'll Build it Together". Vídeo de apresentação, Mark Zuckerberg, 2021.

Com o crescimento do metaverso, o *Facebook* promete ser a maior plataforma de sociabilidade ligada ao conceito. O nome da empresa foi alterado para Meta já visando a angariação de usuários em um futuro bem próximo com o desenvolvimento do metaverso. A ideia de metaverso vem sendo cada vez mais aceita e se mostra como um meio eficiente do qual a sociedade conseguirá acessar o ciberespaço.

A pandemia causada pela COVID-19 no início de 2020, apresentou-se como um marco histórico vivenciado pela sociedade que impulsionou ainda mais a utilização e apelo aos recursos digitais como um meio de minimizar e encurtar as distâncias estabelecidas pela nova realidade apresentada. Os recursos digitais se tornaram os principais meios de conexão entre os profissionais de diversas áreas que já não poderiam estar fisicamente presentes em um ambiente laboral tradicional. Independentemente das vantagens e desvantagens que este novo modo de socializar se apresenta, a nova realidade que permeia cada vez mais por meio da pandemia, encontra-se cada vez mais presente em nosso meio social. Consequentemente, essa nova realidade paralela ao mundo físico fomenta uma série de discussões acerca da interação da sociedade com os recursos digitais e que maneira ela está cada vez mais presente em nossas vidas.

A nova realidade pandémica impulsionou o aperfeiçoamento e difusão tecnológica para atender as novas demandas sociais com o intuito de conectar pessoas e atrai-las cada vez mais ao espaço virtual. Mesmo que ainda em um estado experimental, porém muito próximo de ser materializado, o conceito de metaverso vem com o intuito de atender as demandas sociais já apresentadas e negligenciadas há algum tempo, e que foram apenas evidenciadas pelo momento pandémico. Nos momentos atuais já é possível experimentar o contexto de metaverso, só que em uma escala menor e com recursos mais simples em comparação com o que o metaverso proporcionará. Com a constante crescente do uso das redes sociais, o engajamento através delas traz um pouco do que poderá ser este novo universo que está a se desenhar. O conceito de realidade imersiva se apresenta como o novo sucessor dos telemóveis, que é basicamente uma realidade imersiva através de uma pequena janela, promovida pela virtualização do texto, imagem e da voz.

Independentemente dos questionamentos que o uso deliberado da realidade virtual ocasionará num contexto social, existe uma vontade intrínseca do ser humano em experimentar o metafísico e as diversas possibilidades que esta nova realidade traz. No âmbito profissional, o conceito de trabalho remoto já é uma realidade, nesta realidade a RV promete se aprimorar ainda mais ao criar ambientes profissionais virtuais que permitem aos usuários uma maior conexão com a rotina de trabalho de forma imersiva sem a necessidade de realizar grandes deslocações para o ambiente físico. Os ambientes virtuais projetados para o trabalho poderá permitir uma maior flexibilidade aos envolvidos à medida que as tecnologias evoluem. *Headsets* de realidade aumentada e realidade virtual já estão em fase de desenvolvimento avançado e alguns até consolidados, permitirão ao usuário obter uma experiência totalmente imersiva a um ambiente de trabalho virtual através de avatares virtuais, ou mesmo através de óculos de realidade aumentada que permitirá ao profissional ter acesso a um banco de dados compartilhado entre os profissionais, e assim permitir a troca de informações em tempo real.



Imagem 11. Ilustração da Meta Workrooms



Imagem 12. Meta Horizon Worlds

Além do âmbito profissional, o conceito traz uma série de outras áreas que possivelmente poderão completar a vivência virtual. No ambiente virtual poderá ser possível projetar a própria casa ao próprio gosto, além de também trazer interações através de jogos e entretenimento virtual. O futuro virtual promete ser incrementado por uma série de novas profissões e fortalecer o comercio virtual através das *NFT*'s[14], que basicamente são tokens não fungíveis compostos de dados digitais armazenados por uma blockchain[15], que podem ser transferíveis, porém nunca copiados, o que faz com que estes dados sejam singulares e únicos. Por outras palavras, as *NFT*'s é mais uma moeda de troca, entre muitas outras, do mundo virtual, a virtualização da vida quotidiana.

2.2.2 - Realidade virtual (RV), Realidade Aumentada (RA), Realidade Mista (RM)

O universo da Realidade Virtual é um universo que sempre está em constante progresso e evolução. Cada vez mais novos dispositivos de RV surgem no mercado de maneira cada vez mais acessível e com melhor performance à medida que a tecnologia evolui. A RV proporciona uma experiência imersiva total ao usuário, ela é capaz de deslocar o usuário do mundo real para um ambiente totalmente simulado por um computador. No início a tecnologia RV tinha maior representatividade para o universo dos videojogos, porém com o passar dos anos outros setores começaram a incorporar a RV como uma maneira paralela de explorar seus conteúdos, como a saúde, educação e engenharia.

A imersão do usuário em RV, é possível acontecer de suas maneiras: primeiro através de um sistema *CAVE*[16] (imagem 9), os *Cave Systems* foram sistemas de RV mais estáveis criados posteriormente aos *HMDs*, basicamente o sistema consiste em projeção de imagens desde o solo até o teto de maneira que a imagem cubra todo o ambiente o máximo possível do campo de visão do usuário. Com o auxílio dos óculos estereográficos é possível simular propositalmente a sensação de distância desejada pela projeção nos planos. Os óculos são capazes de detetar e transmitir o movimento da cabeça, permitindo assim que o computador calcule as distorções e imponha ao resultado final da imagem adequado a visão do usuário. Observando de fora pra dentro da *CAVE*, é possível verificar um certo grau de distorção da imagem ao se encontrar com os planos.

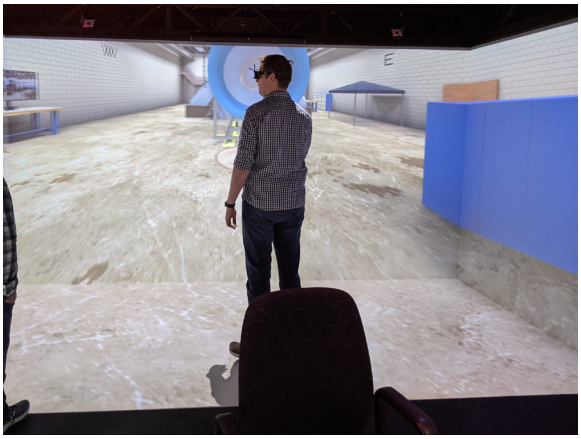

Imagem 13. Distorção entre planos da CAVE



Imagem 14. Experiência em CAVE partilhada

14 Non-fungible tokens é uma segurança financeira que consiste em dados digitais armazenados em blockchain.

15 Sistema de registo de informações digitais que dificulta a alteração e invasão por hackers

16 Cave Automatic Virtual Environment

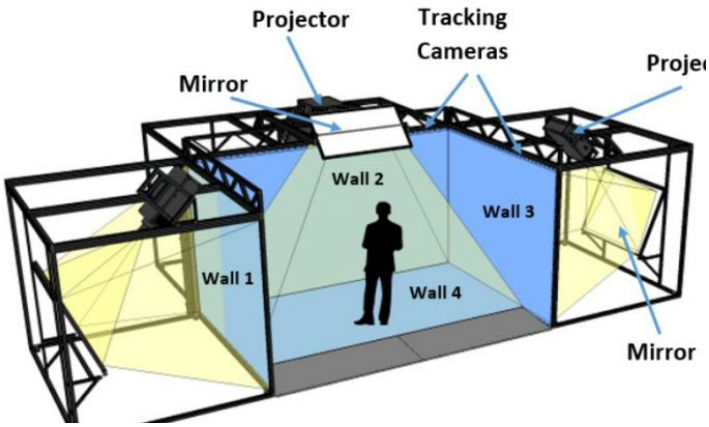

Imagem 15. Esquema CAVE

Em meados de 2012, o interesse pelo *HMD* veio a se intensificar quando o jovem empresário Palmer Luckey apresentou os óculos de realidade virtual por um preço bem acessível e que fosse capaz de recorrer a computadores domésticos devidamente atualizados, os óculos *Rift*, o que simbolizou a volta pelo interesse pela RV. Mais tarde, o Facebook adquire a patente tecnológica em 2014. O interesse da empresa *Facebook* pela tecnologia veio por aquecer o mercado da RV.

Certamente o sucesso dos *Oculus Rift* impulsionou o mercado para que novos componentes eletrónicos suportassem um dispositivo RV. Em 2014, a *Google* decide apresentar o Cardboard, utilizando as mesmas configurações de um smartphone. Em meados de 2015, a Samsung lança o Samsung Gear VR que utiliza os principais telemóveis de sua gama mais alta que permitam uma melhor deteção do movimento. Começa aqui o interesse da indústria de smartphones pela RV ao lançar o conceito *Standalone VR*, que nada mais é do que um *HMD* de realidade virtual simplificado e de funcionamento autónomo através de smartphones que utilizam RV.



Imagem 16. Óculos Rift lançado em 2012



Imagem 17. CardBoard da Google



Imagem 18. Google Daydream



Imagem 19. Óculos Samsung Gear VR

Com a aposta do mercado em dispositivos cada vez mais acessíveis e de qualidade de realidade virtual, emergiu em paralelo, o conceito de Realidade Aumentada (RA). A RA é uma tecnologia que insere elementos virtuais em ambientes reais, ou seja, completa interação entre o virtual e o real em semelhança com o conceito de holograma. É o mundo real que vem a ser acrescentado pelo virtual, possibilitando que as barreiras entre os dois mundos possam se sobrepor. Ao contrário dos ambientes totalmente imersivos de RV que dependem dos sistemas de imersão ao espaço virtual, na RA o espaço existente se torna híbrido acrescentado por hologramas que permitem a interação entre o espaço existente e os elementos virtuais. A RA se tornou popular em todo mundo a partir da aplicação mais conhecida de realidade aumentada, *Pokémon GO*. Na RA é possível interagir em ambiente real com imagens, vídeos, objetos 3D, games e links externos. A interação pode ser feita por um tablet ou por um smartphone ou mesmo com óculos de tecnologia mais avança que trabalhe com RA.

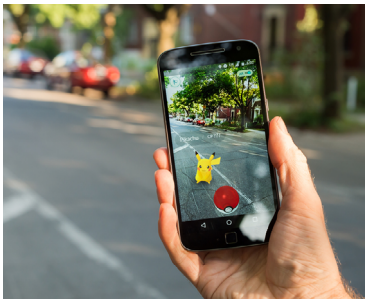

Imagem 20. Pokemon GO



Imagem 21. Interação em RA



Imagem 22. Interação em RA

A melhor maneira de tirar proveito da RA, é na utilização de um visor ou óculos que permita através de um ecrã translúcido, transmitir a informação visual e virtual, o melhor exemplo de HMD com essa característica é o *Hololens 2* da *Microsoft*, que é capaz, através de representações holográficas transmitir informações comandadas por gestos e voz, tal como em algum momento vimos em algum filme de ficção científica. A tecnologia de realidade aumentada ainda sim vem sendo aplicada com sucesso no setor de saúde na execução de linhas de trabalho altamente especializadas como a neurocirurgia, realizando intervenções cirúrgicas guiadas por imagens holográficas. No mesmo lado, a RA deixa também o seu contributo para as áreas de engenharia, educação e no setor de entretenimento.

Em 2017 a Microsoft lança também os óculos de *Windows Mixed Reality,* uma vertente da realidade virtual que também se encaixa no espectro das tecnologias imersivas. Um ambiente misto vai um passo além da realidade aumentada quando proporciona ao usuário a possibilidade de interagir com objetos virtuais como se eles fossem parte do mundo real, o que dispensa a intermediação de um ecrã. Para experimentar a tecnologia é necessário a utilização de hardwares com processamento um pouco mais exigente em relação a RV e RA, pois o HMD possibilita a interação através de hologramas e reconhecimentos de voz, gestos e olhares. Apesar de muito recente e pouco falada dentro do espectro das tecnologias imersivas, a RM já é utilizada pela *Ford Company* como meio de produzir e testar protótipos de veículos antes mesmo de serem construídos, devido o seu alto valor agregado por sua produção, reduzindo assim o custo operacional e o tempo de desenvolvimento do modelo.



Imagem 23. RA aplicada à medicina



Imagem 24. Interação em RA



Imagem 25. Hololens 2 da Microsoft

2.3 Realidade Virtual e Arquitetura

Projetos em realidade virtual envolvendo ambientes simulados representam um novo impulso dentro da realidade atual. Juntamente com a internet e todo o seu potencial como canal de comunicação cultural, essas realidades agora geram um novo impulso e abrem novos caminhos na arquitetura. A Realidade Virtual mostrou ser uma ferramenta cada vez mais sólida e aprimorada, e dessa maneira, passa a ser explorada como mecanismo de suporte para as diversas áreas ligadas a tecnologia como um modo de tornar o campo de trabalho mais rápido e aperfeiçoado. Com o passar dos anos, a realidade virtual mostrou ser um mecanismo de grande utilidade e importância para o processo de virtualização do mundo, o que fez com que o conceito estimulasse ainda mais o debate a volta de sua eficácia como mecanismo de suporte à tecnologia, que mais tarde, naturalmente, se apresenta de forma cada vez mais acessível ao mercado.

Para a maioria das pessoas, o termo "Realidade Virtual" é um conceito bastante genérico e que abrange uma gama de outros recursos e conceitos relacionados ao tema. A realidade virtual pode ser utilizada para se referir a várias outras tecnologias ligadas a experiência de realidade imersiva, como a realidade aumentada (RA) e a realidade mista (RM) ou a realidade virtual (RV), seja ela através de um HMD ou CAVE, que são semelhantes em termos utilitários de hardware e software, mas que são direcionadas para diferentes fins.

Com a realidade virtual, a arquitetura pode não estar somente ligada a lugares geográficos, mas também pode estar presente em vários ambientes de maneiras diferentes e que vão além das experiências do mundo real. O uso da realidade virtual na arquitetura permite que o arquiteto possa interagir com o projeto de maneira lúdica, além de permitir remodelar aspectos específicos do projeto, assim como um conjunto de dados que contribuam para o controle da escala, obtendo assim o domínio espacial, permitindo que o usuário possa experimentar e explorar as diversas fases que um projeto de arquitetura está submetido. Com todas essas possibilidades que a realidade virtual oferece ao meio prático do exercício de projeto, os profissionais de arquitetura começam a explorar cada vez mais a tecnologia com o intuito de trazer para dentro do escritório de arquitetura uma ferramenta que seja capaz de contribuir como suporte de visualização digital do modelo real idealizado a ser explorado com maior dinamismo e interação.

Do ponto de vista acadêmico, destaca-se a evolução pelo interesse investigativo que impulsiona ainda mais a interação da academia pela ampla gama de tecnologia imersiva em arquitetura. Esse crescimento permite com que novas instituições académicas e equipes de pesquisa explorem ainda mais o tema. Essa busca permite com que se crie uma nova perspetiva académica que seja capaz de fomentar o debate a respeito da dualidade operativa entre o real e o ideal e qual o lugar que a realidade virtual poderá ocupar dentro do universo da arquitetura. O seu uso é ilimitado? Existe limite da RV nas decisões de projeto? De que forma a tecnologia imersiva pode contribuir?

Ao considerar a velocidade da comunicação e os desenvolvimentos contemporâneos ligados ao aprendizado e domínio das máquinas, Helmut Kinzler, diretor da *Zaha Hadid Architect*s, questiona a estética contemporânea ao afirmar que nunca antes nossa compreensão da beleza foi tão amplamente comunicada, correspondida e desafiada. Elas contrastam o conceito individual com o coletivo criativo e o papel da RV nessa transição[17].

As tecnologias imersivas fomentam o potencial no processo de design atual, e sua integração na

17 ELOY, Sara, "Virtual aesthetics in architecture: design in mixed realities". New York, Routledge, 2022, pág. 21

sociedade promete criar uma maior interação do ambiente construído a medida que a realidade virtual atinge um certo nível de progresso. Apesar das promessas do potencial da RV para a arquitetura, deve-se notar que a realidade virtual nunca se tornou uma ferramenta padrão entre os arquitetos, sua utilização ainda se encontra distante das ferramentas de *CAD* e dos softwares de renderização tradicionais que já são utilizados em todos os escritórios de arquitetura pelo mundo.

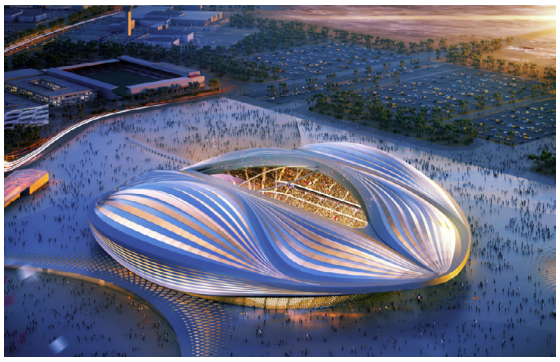

Imagem 26. Al Wakrah Stadium by Zaha Hadid Architects, estádio para o mundial de 2022, sediado no Catar. Design baseado na arquitetura cibernética

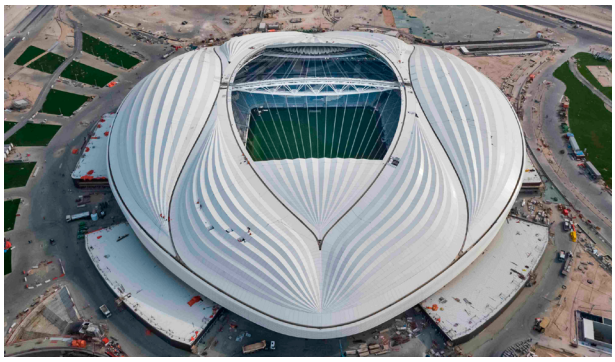

Imagem 27. Al Wakrah Stadium construído.

Na última década, os periféricos e headsets se tornaram ainda mais acessíveis e o alcance pela aquisição desses hardwares tornou possível a aproximação do arquiteto pela realidade virtual. Além do mais, as principais empresas desenvolvedoras de softwares de renderização real-time, buscam uma maior integração da arquitetura ao mundo dos motores gráficos que antes eram exclusivamente direcionados ao desenvolvimento de jogos. Os principais desenvolvedores, a *Unity* e a *Unreal Engine*, lançaram em suas plataformas uma interface específica destinada a arquitetura e engenharia, isso demonstra que cada vez mais o mercado aposta neste conceito voltado a construção e o design. O acesso a essas ferramentas por enquanto encontra-se de forma gratuita, sendo monetizado apenas em caso de lucro e uso comercial por aqueles que desenvolvem e promovem a experiência imersiva, criando royaltes ligados a essas empresas como forma de impulsionar o uso dessas ferramentas.

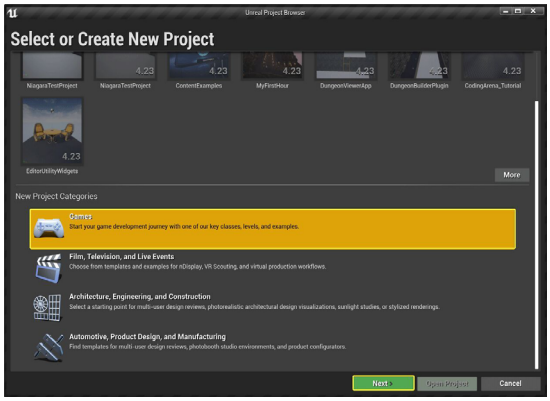

Imagem 28. Template Unreal para arquitetura



Imagem 29. Interface de texturização do UE5

Este movimento feito pelas empresas desenvolvedoras de jogos demonstra a potencialidade e o crescimento que a realidade virtual será capaz de promover para o mundo do design e arquitetura. Tal como hoje as imagens fotorrealísticas renderizadas são utilizadas para representar um projeto de arquitetura, a RV será em um futuro próximo como mais um meio de representação projetual, só que interativo e com uma capacidade gráfica que se apresenta cada vez mais real.

As ferramentas de visualização de projeto oferecem ao arquiteto caminhos diferentes ao

exercício de projeto tradicional que estamos acostumados a lidar. Essas ferramentas apresentam possibilidades de simular e testar características e detalhes específicos do projeto em si através de um modelo tridimensional virtual, promovendo o manuseio do modelo de forma mais assertiva e rápida. Desta forma, a tecnologia oferece seu contributo ao permitir que arquiteto possa testar e simular o desempenho do edifício projetado, diferente da maquete física. Como vimos no capítulo anterior, assim como toda tecnologia, a RV só se tornou uma possibilidade tangível graças ao desenvolvimento de tecnologias emergentes que compõem o processo da RV, oferecendo a possibilidade de interagir com banco de dados, telas de visualização e uma computação gráfica rápida e de excelente qualidade.

Assim como toda tecnologia emergente, a RV demorou mais do que o previsto para ter sua viabilidade consolidada como uma tecnologia acessível e possível de ser utilizada nas mais diversas áreas profissionais. No decorrer do tempo, a RV passou por recuos e avanços dentro da indústria do entretenimento até se tornar hoje uma ferramenta de grande potencialidade de uso nas mais diversas áreas do conhecimento científico.

Como referido anteriormente, o termo RV passou a ser utilizado para descrever todos os processos que estão inseridos na tecnologia desde o meio de RV até o sistema de realidade virtual. Quando tratamos do meio de RV, a nossa atenção está focada nas representações dentro de um ambiente imersivo contruído ao invés do hardware ou software dos sistemas atuais. O Interesse deste capítulo é levantar questões sobre a maneira como as pessoas podem utilizar a realidade virtual como um meio de interativo de produzir, contribuir e gerir o ambiente construído. Para se chegar a experiência imersiva, se faz necessário incluir neste processo, outras etapas para sua conceção até chegar ao modelo final de RV. Estas etapas incluem desde os primeiros modelos 2D do projeto, modelação 3D, ambientes virtuais interativos, protótipo digital fotorrealista (renderização), simulação urbana e o uso de ferramentas CAD.

A RV se resume a um meio interativo em tempo real que abrange a uma vasta gama de softwares que possibilitam a experiência em RA, a RM e a RV. É possível observar um crescimento exponencial de técnicas e modos de visualização e representação de arquitetura por intermedio de softwares de alta resolução que são capazes de fornecer uma experiência imersiva de qualidade, seja através de motores gráficos de renderizações fotorrealisticas, seja através de motores gráficos desenvolvidos para videojogos que cada vez mais vem trazendo qualidades gráficas altamente realistas.

Visando este crescimento exponencial que empresas desenvolvedoras de jogos, como a Epic Games e a Unity Technologies, estão buscando cada vez mais estar próximas ao mundo da visualização gráfica em arquitetura. Os softwares, inicialmente, foram desenvolvidos tendo como o publico alvo as empresas desenvolvedoras de videojogos. Os softwares como o *Unreal Engine* da *Epic Games* e o *Unity* da *Unity* Technologies são softwares escritos em programação C++, que é uma linguagem de programação geralmente usada para desenvolvimento de softwares ligados ao design que permitem a manipulação de objetos e movimentos, geralmente essa linguagem de programação é mais difícil para aqueles que não tem uma certa afinidade com programação. O blueprint também é outra linguagem de programação, mais fácil, que permite a inserção de dados em um objeto geométrico.

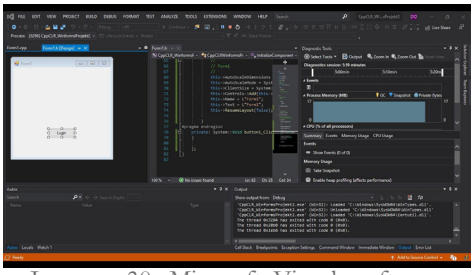

Imagem 30. Micosoft Visual, software desenvolvedor de programação C++

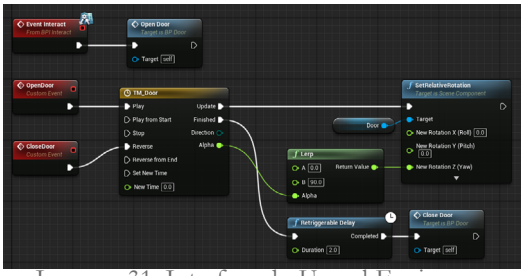

Imagem 31. Interface do Unreal Engine em blueprint

Na interface desses softwares é possível encontrar uma janela de desenvolvimento direcionados a projetos para arquitetura e engenharia, este modo de desenvolvimento permite ao usuário ter uma experiência imersiva tridimensional através do modelo 3D desenvolvido por outros softwares de modelação como o *Rhinoceros*, *3DSMAX, Sketchup, Blender* e etc. Os métodos de modelação dentro da plataforma ainda não são tão completos e não oferecem possibilidades de modelação da mesma maneira que os softwares de modelação já mencionados oferecem. Para além disso, os softwares fornecem em sua interface, possibilidades de imersão em RV, RA e RM mista através de templates pré-definidos pelo programa com recursos básicos de visualização e interação do usuário, onde há a possibilidade de interagir com o espaço visual e manipular objetos.

Uma parte considerada fundamental para a experiência RV, são os dados gerados neste processo. Conforme dito anteriormente, o modelo pode ser muito bem construído no próprio ambiente virtual, mas normalmente são importados de outras ferramentas *CAD*. Além da interação através destas ferramentas, outras técnicas de inserção da realidade podem ser colocadas no processo, como por exemplo a inclusão da fotogrametria [18]ou varredura a laser do ambiente físico com o intuito criar uma maior troca entre dados reais e virtuais.

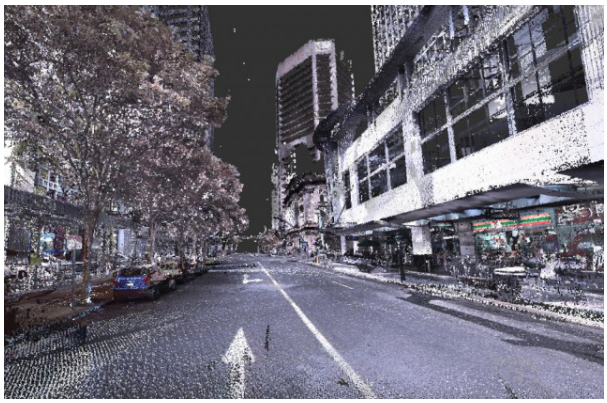

Imagem 32. Modelo de nuvem de pontos retirado por fotogrametria

Outro ponto importante a salientar, é a RV como modo de preservação do patrimônio histórico. Os sítios patrimoniais são tecidos espaciais sensíveis ao tempo que estão em constante e inevitável fluxo físico, sendo assim necessário documentar a situação para poder mensurar o impacto dessas mudanças. A RV vem a dar um passo a frente dos métodos convencionais de documentação do património como fotografias, modelos físicos, materiais de texto e desenho que fazem uma releitura das configurações atuais do património cultural. A RV oferece nova possibilidades de documentação, preservação e gestão, tornando mais fácil para gestores, educadores e pesquisadores, além do publico geral, criando a possibilidade de observar e compreender as complicações dos eventos históricos.[19]

Para exemplificar esse conceito, é o trabalho que está sendo realizado de introdução de uma plataforma digital em instituições na Palestina, serve como ferramenta de preservação ao património arquitetónico em zonas de conflito. O projeto tem como objetivo desenvolver uma plataforma digital interativa para patrimónios e paisagens historicamente importantes na Palestina. A plataforma tecnológica é baseada em tecnologias comercialmente acessíveis e ferramentas de realidade virtual baseada em dispositivos moveis, realidade aumentada, fotogrametria esférica panorâmica, captura de vídeo em 360º, banco de dados espaciais, modelagem 3D, mapeamento 3D.[20]

18 Técnica para obter informações precisas sobre um objeto físico existente através da fotografia.

19 ELOY, Sara, "Virtual aesthetics in architecture: design in mixed realities". New York, Routledge, 2022, pág. 89

20 ELOY, Sara, "Virtual aesthetics in architecture: design in mixed realities". New York, Routledge, 2022, pág. 90

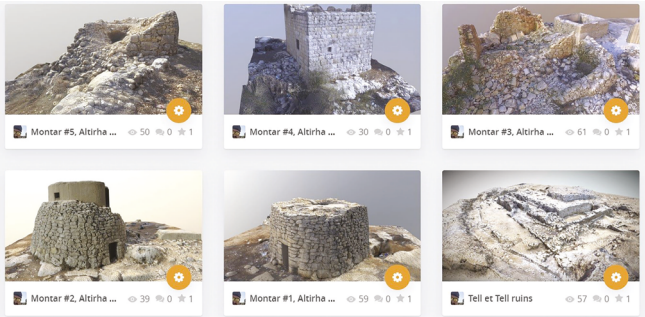

Imagem 33. Projetos 3D provenientes da biblioteca digital da Instituição

Com base nesses dados, venho apresentar a RV como um meio de representar o passado, presente e futuro da arquitetura. Os ambientes virtuais podem nos dar pistas sobre o objeto de estudo, além de enriquecer ainda mais o processo de aprendizagem ao permitir que possamos utilizá-la com o intuito explorar espaços que antecedem a era digital e aqueles concebidos dentro do digital. A RV nos permite navegar dentro de edifícios que já não existem mais, além de permitir interagir com modelos que ainda serão concebidos, dando a oportunidade de testar nuances projetuais e assim criar uma maior assertividade da ideia pré-concebida pelo arquiteto.

Questionando a capacidade da RV para aumentar a autenticidade da experiência em primeira pessoa na arquitetura. Sean Pickersgill afirma que existe uma tensão fundamental entre os diferentes modos de tomada de decisão do projeto arquitetónico e o foco particular na realidade fenomenal que a RV promove. Esta contribuição discute a evolução das tecnologias representacionais na arquitetura, de modelos e animações 3D a experiências imersivas, especulando sobre a capacidade da RV de destacar flexibilidade e brilho como aspectos das realidades virtuais.[21]

Ao permitir que os profissionais visualizem os dados de engenharia e projeto disponíveis, a RV pode ser usada para prototipar projetos e considerar diferentes alternativas. O objetivo é encontrar falhas mais cedo, quando são menos dispendiosas corrigi-las, além de explorar soluções completamente novas. Nas fases posteriores de projeto e construção, o uso da RV e visto como uma forma de reduzir o trabalho e redesenho e os atrasos na construção. Ele facilita os processos de engenharia simultânea e esta sendo usada para aumentar a qualidade do produto final.[22]

Seria o novo arquiteto o profissional cada vez mais ligado as diferentes áreas tecnológicas e não somente à tecnologia de materiais e conhecedor de um saber sincronizado com as tendências tecnológicas? Este conhecimento será o requisito definidor do profissional de arquitetura? Levando em consideração que a arquitetura é uma área científica que historicamente avança e evolui a medida que suas experimentações construtivas dão lugar a um método construtivo consolidado e mimetizado por seus sucessores ao longo do tempo. Podemos observar que a arquitetura avança à medida que a tecnologia evolui, portanto, a arquitetura é tecnologia. O arquiteto precisa estar conectado com as tendências ligadas a tecnologia e ao salto em direção ao virtual que cada vez mais acontece através de softwares CAD que já são partes integrantes do exercício de projeto. “Esses profissionais têm procurado midias dinâmicas e espaciais para explorar formas complexas. Formas de representação mais flexíveis são disponibilizadas aos designers por meio da midia digital.” (Mitchell e McCullough,

21 ELOY, Sara, “Virtual aesthetics in architecture: design in mixed realities”. New York, Routledge, 2022, pág. 02

22 WHYTE, Jennifer, “Virtual Reality: and the built enviroment”. Oxford, Architectural Press, 2002, pag. 54

1995[23]). Novak argumenta que "aprender com software supera aprender com Las Vegas, Bauhaus e Vitrúvio" (1996).

23 ELOY, Sara, "Virtual aesthetics in architecture: design in mixed realities". New York, Routledge, 2022, pág. 78

2.3.1 Zaha Hadid Architects

O escritório *ZHVR Group*, é uma das vertentes presentes no escritório *Zaha Hadid Architects*, que buscam impulsionar soluções de design, especializados em inovações tecnológicas através do processo de design 3D. O escritório é especializado em desenvolver experiências e apresentações de RV para projetos de construção, como também visam o desenvolvimento de projetos específicos voltados para realidade virtual. O escritório busca integrar a tecnologia como parte do seu processo de design, auxiliando na implantação de plataformas e aplicações em RV direcionadas a equipe de arquitetos e clientes que estão envolvidos no processo, como modo de potencializar o maior envolvimento entre eles.

O escritório intitula o design e a criação de construções espaciais que se estendem ao ciberespaço de *Arquitetura Cibernética*. A visão tem como premissa utilizar a RV como um portal, buscando soluções tecnológicas centradas no ser humano, e a partir dele, desenvolver metodologias para construção de espaços virtuais, reconhecendo a centralidade da experiência humana como modus operandi do entendimento dos espaços. Nesta lógica, a informação em realidade virtual é recebida da mesma forma que a experiência em realidade física, sendo ela a referência biológica humana que informa, estabelecendo a RV como uma maneira de conectar as informações cognitivas aos sistemas de informação, reconhecendo a importância da experiência incorporada para a evolução da arquitetura cibernética.



Imagem 34. Ponte Danjing em Taiwan



Imagem 35. Ponte Danjing em Taiwan



Imagem 36. Centro Heydar Aliyev renderizado em tempo real pelo software Unreal 4

2.3.2 B.I.G.

A empresa *Bjarke Ingles Group* (B.I.G.), liderada pelo renomado arquiteto Bjarke Ingeles, é um escritório que demonstra ter bastante afinidade com as tecnologias emergentes de RV como parte do processo de apresentação de seus projetos. Em 2016, juntamente com a empresa UNStudio, investiram no projeto digital desenvolvido pelo estúdio digital Squint/Opera, uma ferramenta que permite que arquitetos e planejadores colaborem em realidade virtual. A ferramenta hyperform é um dekstop virtual que pode ser acessado através de computadores, tablets, telemóveis utilizando um headset de RV.

A ferramenta permite, além de observar modelos em espaço neutro, ser utilizado para visualizar digitalmente modelos de edifícios dentro dos ambientes para os quais eles estão sendo projetados, criando uma espécie de realidade misturada que usa dados de geolocalização para criar o modelo virtual de um edifício dentro da paisagem ao seu redor, desta forma a ferramenta permite que os arquitetos possam observar de que forma o modelo tridimensional se relaciona com o ambiente do qual será inserido.

Todos os modelos trabalhados ficam armazenados em nuvem, o que significa que a ferramenta permite que os modelos podem ser trabalhados de qualquer parte do mundo. Os estúdios envolvidos no desenvolvimento da ferramenta afirmam que isso permitirá uma maior compreensão e colaboração entre os envolvidos, além de proporcionar que os arquitetos adaptem melhor seus projetos ao local de construção. Os investidores do projeto acreditam que a ferramenta permitirá a criação de designs mais relevantes e com propósito, mais centrados no usuário, onde a forma que se pretende chegar se encaixa perfeitamente no ambiente físico.



Imagem 37. Interação com a ferramenta Hyperform

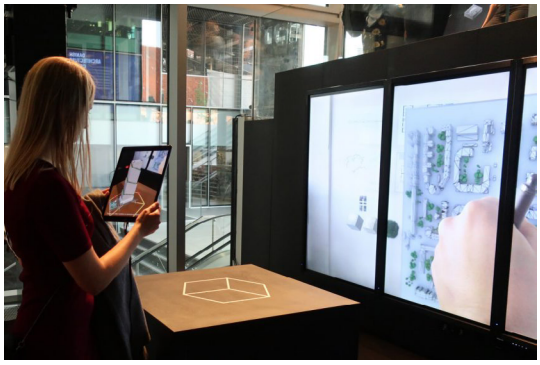

Imagem 38. Utilização da ferramenta em RA através de um tablet

Outro bom exemplo dos B.I.G., é o modelo em RV criado para o 'Serpentine Gallery Pavillon', o modelo tridimensional pode ser visitado virtualmente através de um simples navegador da web. O modelo é interativo e pode ser experimentado através de um Oculos Rift ou Google Cardboard, ou até mesmo através do navegador. A ideia de criar o modelo interativo parte da vontade de tornar possível a visita daqueles que não podem estar presentes fisicamente na exposição, que já contou com a participação de renomados arquitetos como Herzog & Meuron, Sou Fujimoto, Peter Zumthor e Jean Nouvel.

Utilizando um headset de RV, o usuário pode recriar a experiência de caminhar através do pavilhão, concebido por Bjarke Ingels nos Kensington Gardens, em Londres. Além de poder visitar o modelo, o navegador também permite que os usuários possam ter a oportunidade de editar o design e criar suas próprias versões da estrutura. A ferramenta permite que números infinitos de desenhos possam ser criados, tornando a visitação virtual mais interessante.

A estrutura é composta por tijolos em fibra de vidro empilhados umas sobre as outras, esse padrão é determinado tendo como referência uma parede de tijolos comum, à medida que o usuário interage com o modelo virtual, movendo as geometrias dos tijolos, a parede de divide para criar aberturas curvas nas extremidades do pavilhão. Ao mover as geometrias, a alteração das paredes segue algumas regras pré-definidas que permite que a altura dos tijolos e a forma da curva gere um resultado único para o pavilhão Serpentine.



Imagem 39. Modelo tridimensional interativo do Pavilhão Serpentine

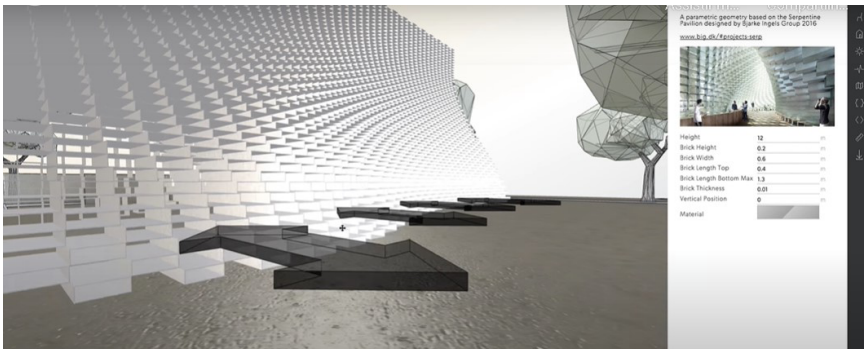

Imagem 40. Frame do vídeo de demonstração do modelo interativo sendo alterado pelo usuário

2.3.3 Ennead Architects

A *Ennead Architects*, com sede em Nova York, utiliza a RV para promover que os clientes possam visualizar o espaço e os dados que envolvem o projeto em um ambiente tridimensional. Como exemplo deste trabalho, o Museu de Astronomia de Xangai, construído em 2021, usufruiu da realidade virtual em seus estágios de projeto e planejamento como modo de definição conceitual. O ambiente imersivo exibia uma variação de blocos coloridos que representavam o local do edifício onde recebia mais luz, os blocos vermelhos significavam maior exposição à luz. Através da escala, o edifício virtual aumenta a consciência da forma e manipulação da luz à medida que o movimento do sol cria uma experiência imersiva ao colocar os usuários em contato direto com os fenómenos astronômicos reais.

O design do museu se inspira nos princípios astronómicos onde o design invoca a experiência do movimento orbital da terra. O *Oculus* acima da entrada principal do museu, demonstra a passagem do tempo rastreando um círculo solar no chão ao longo da praça de entrada. Ao meio-dia durante o solstício de verão, o círculo completo se alinha a sombra projetada pela cobertura do edifício. O teste de luz foi realizado através de tecnologia de realidade virtual que proporcionou uma maior assertividade para a ideia do projeto. A forma do museu evita geométricas ortogonais e ângulos retos, ecoando a geometria do universo e o movimento celeste



Imagem 41. Museu de Astronomia de Xangai

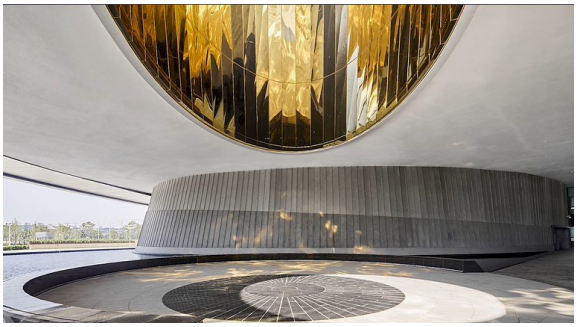

Imagem 42. Luz projetada no solstício de verão

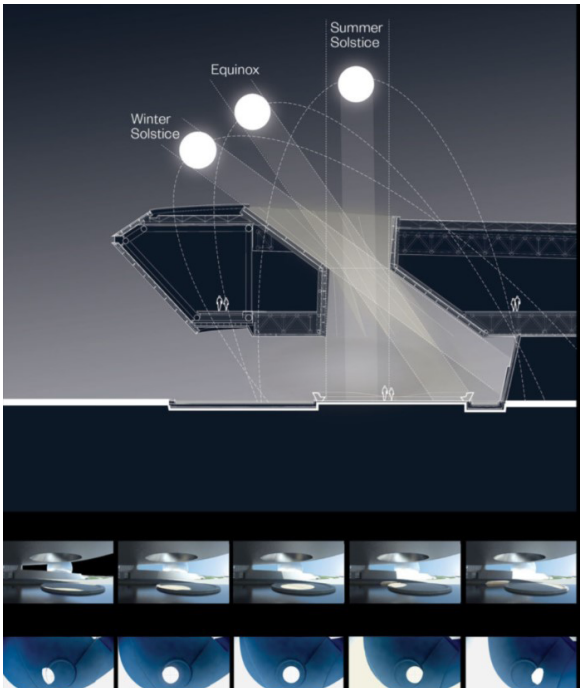

Imagem 43. Estudo de luz projetada

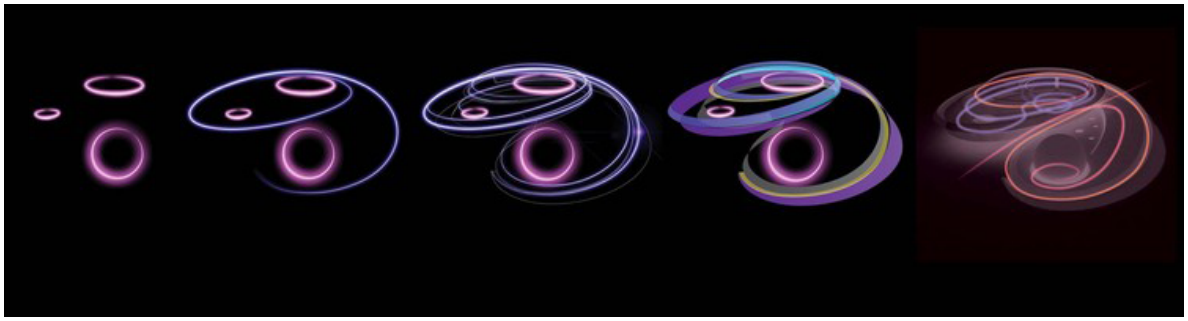

Imagem 44. Experimentação da luz no interior do edifício através do recurso tecnológico

CAPÍTULO 3

PISCINA DE MARÉS: O RESTAURANTE

Capítulo 3 – Piscina de Marés: o Restaurante

O aprofundamento sobre o objeto de estudo escolhido, o Restaurante das Piscina de Marés, servirá como base para o ensaio em RV que seguirá ao curso desta dissertação de mestrado. A escolha pelo restaurante parte da ideia de evocar e imaginar o não-construído, ou seja, dar vida ao pensamento e ideia do arquiteto através de recursos e ferramentas digitais, criando uma perspetiva digital em RV sob uma das obras mais emblemáticas da arquitetura portuguesa. Todas as informações reunidas acerca da obra, contribuirão para que o resultado final seja satisfatório e que possibilite que a demonstração em RV revele as suas potencialidades como mecanismo de estudo que permite simular e testar o espaço não construído, idealizado pelo arquiteto. Para tal, será necessário enquadrar as generalidades que esta obra apresenta, além de revelar detalhes relevantes sobre o processo de pesquisa deste trabalho, que por sua vez foi apoiado por ferramentas digitais como método de pesquisa e documentação.

A Piscina de Marés em Leça da Palmeira, foi projetada entre 1960 e 1966 (construção terminada em 1973). Ao contrário do que geralmente se pensa, esta obra foi concebida como um projeto único, sendo sim o resultado de sucessivas encomendas que resultaram em um projeto constituído por diversas fases construtivas, evidenciando assim o processo criativo do arquiteto Álvaro Siza.[24]



Imagem 45. Vista aérea por Fotografo Fernando Guerra



Imagem 46. Vista aérea por Fotografo Fernando Guerra

24 FERREIRA,Teresa Cunha. e URBANO, Luis. (eds.) *No place is deserted. Álvaro Siza: Ocean Swimming Pool (1960-2021)*. Porto: FAUP/ Afrontamento, 2022., pág. 11

3.1 Enquadramento do projeto

Uma das características mais presentes nas obras do arquiteto Álvaro Siza é a sua incessante busca pela aproximação ao sítio através do desenho à mão, muitas vezes quase que compulsivamente na intenção de obter o domínio quase total sobre o terreno, o gesto possibilita com que o arquiteto obtenha o máximo de respostas possíveis sobre o terreno. Nesta obra, o arquiteto busca uma relação intrínseca entre natureza e arquitetura através de uma persistente busca por respostas e soluções que já lá existiam.

> *"É através da folha de papel que o arquiteto vai a procura da medida certa entre arquitetura e território, numa alternância entre arquitetura e artefacto onde se vão cruzando Mies, Wright e Malevitch sem nunca se denunciarem."*[25]

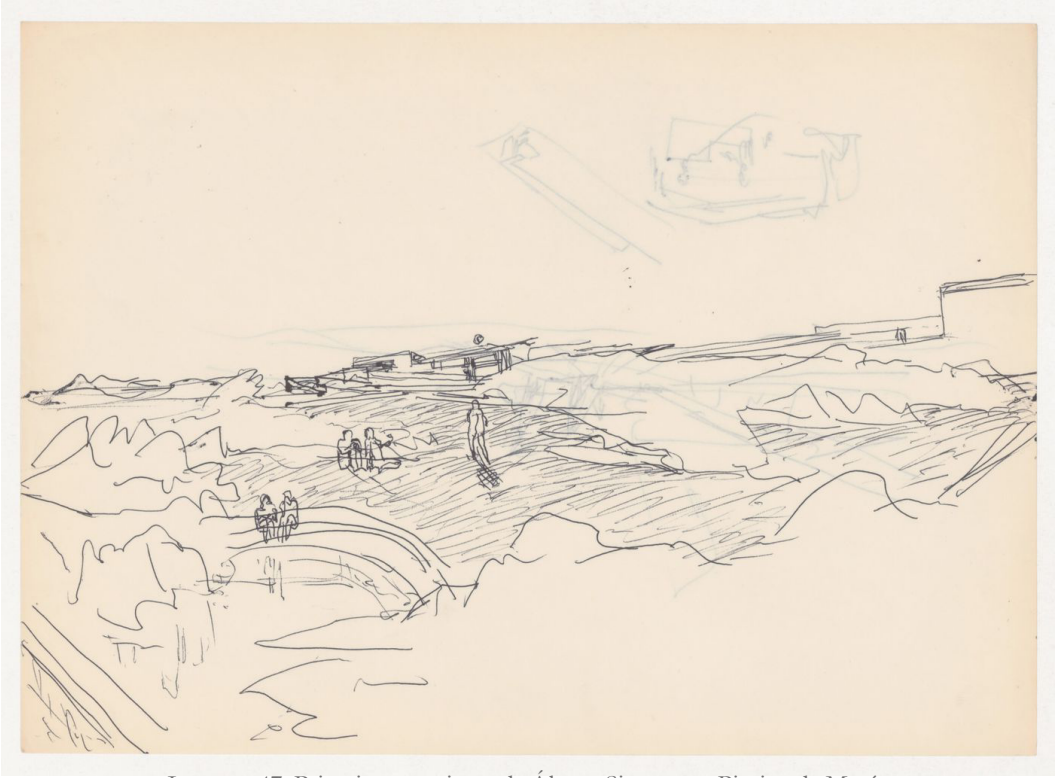

Imagem 47. Primeiros esquissos de Álvaro Siza para a Piscina de Marés

As primeiras linhas que determinavam os limites do projeto já estavam explicitas ao arquiteto em um primeiro momento, o sítio apresentava-lhe "três linhas paralelas": [26] i)o longo muro de um quilometro e meio da marginal de Leça da Palmeira, ii) o encontro da praia e o mar e iii) do mar e o céu. O arquiteto leu com inteligência, todas as respostas que o sítio apresentava ao projeto em estágio inicial, desde as preexistências até os percursos que o próprio sítio já sugeria. A Piscina de Marés definitivamente é o resultado de uma sucessão de consecutivas encomendas realizadas ao arquiteto (primeiro o tanque dos adultos, depois o tanque das crianças e balneários, sucessivamente o bar e

25 Eduardo Souto de Moura, 1986

26 SIZA, Alvaro, "Piscina de Leça da Palmeira". In Siza, Álvaro, 01 textos (coord. Carlos Campos Morais). Porto: Civilização, 2009, p. 23

casas de banho e, por fim, o restaurante), que foram cuidadosamente examinadas para que o projeto se adequasse às normas da época e ao que era requisitado naquele momento. O fato de não ter sido contemplado como um projeto único, ou como um projeto pensado apenas em um período específico, possibilitou que a obra ilustrasse suas múltiplas vidas através de peças desenhadas, maquetas e fotografias que demonstram a rica multiplicidade da obra[27].

A obra se apresenta cronologicamente dentro de uma leitura do processo que é subdividido em quatro partes entre os períodos de 1960 a 1995 (ano que é entregue o projeto de execução do restaurante). Todas as peças gráficas reunidas deste projeto elucidam as diferentes representações e decisões que foram tomadas à medida que o projeto avançava em colaboração com o engenheiro Bernardo Ferrão, irmão do arquiteto Fernando Távora.

Para iniciar o projeto o arquiteto reúne algumas referências já encontradas no sítio anteriormente: a piscina natural localizada a sul da implantação onde Siza ia a banhos na sua infância; o tanque de lagostas, situado a norte e a meia laranja, um alargamento do passeio da marginal que avançava sobre a praia[28]. Desta forma o arquiteto expressa sua máxima: "A ideia está no sítio, mais do que na cabeça de cada um, para quem souber ver." [29]

> *"Começo um projeto quando visito um sítio (programa e condicionalismos vagos, quase como sempre acontece). (…) Um sítio vale pelo que é, e pelo que pode ou deseja ser – coisas talvez opostas, mas nunca sem nenhuma relação. Muito do que antes desenhei (muito do que outros desenharam) flutua no interior do primeiro esquisso. Sem ordem. Tanto que pouco aparece no sítio tudo que invoca. Nenhum sítio é deserto."* [30]

Siza percebeu que o maciço rochoso que se manifestava na paisagem do sítio das marés, dominava todo o contexto, uma característica fortemente dominante desta zona da costa Atlântica. A característica horizontalizada do lugar também pedia uma intervenção igualmente horizontal a fim de não obstruir a visibilidade a partir da marginal de Leça da Palmeira. Surge assim a ideia de um edifício térreo e longitudinal que permitisse vivenciar uma verdadeira promenade architecturale através de espaços que são percorridos de forma ziguezagueada sem denunciar o espaço por inteiro, mas permitindo que fosse desvendado à medida que o percurso fosse realizado. "Recordo-me que quando comecei este projeto comprei um livro do Frank Lloyd Wright, e em certos aspectos, uma parte da sua obra exerceu uma positiva influência sobre o meu trabalho. Nas piscinas está presente o poder da sua geometria essencial, visível no uso subjacente dos ângulos de 45º (…) Recordo então que Wright era uma espécie de caminho para a liberdade."[31]

---

27 FERREIRA,Teresa Cunha. (2022). "Life between tides", in FERREIRA,Teresa Cunha. e URBANO, Luis.(eds.) No place is deserted. Álvaro Siza: Ocean Swimming Pool (1960-2021). Porto: FAUP/ Afrontamento, pag. 10-27.

28 Idem, pag. 10-27.

29 SIZA, Álvaro – Notas sobre o trabalho em Evora In Arquitectura, nº132, Fev/Mar, pag-36-44

30 SIZA, Álvaro, "Oito pontos In Siza, Álvaro, 01 textos, (Coord: Carlos Campos Morais). Porto: Civilização, 2009, p27

31 FRAMPTON, Kenneth; SIZA, Álvaro. - Álvaro Siza: tutte le opere. Electa, 1999. pag 32

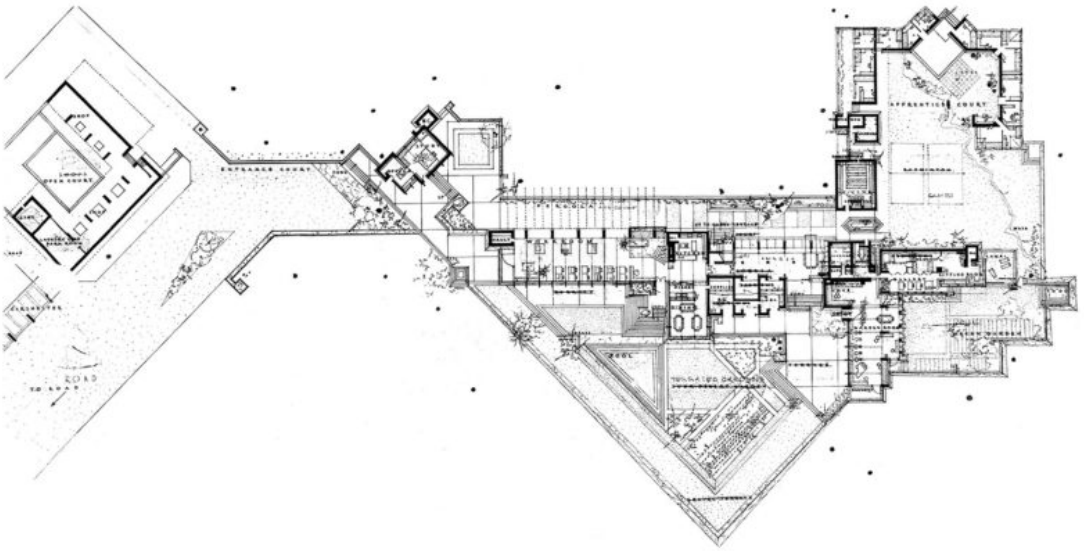

Imagem 48. Casa Taliesin West, 1937. Frank Lloyd Wright

Ao percorrer o momento de entrada do edifício, a rampa se alarga para que possa equilibrar a tensão gerada pelos muros que crescem a medida que avançamos e descemos para o momento de recepção do edifício, assim que entramos no edifício das Piscina de Marés, somos totalmente tomados por uma premeditada escuridão em contraste com o mundo exterior anteriormente experimentado, criando um antagonismo ao momento livre e iluminado que antecede a entrada do edifício, para um espaço com pé direito intencionalmente baixo, que é experienciado por um jogo de feixes de luzes lançados ao interior do edifício sem que comprometa a sensação de intimidade de estar sozinho em uma zona balnear. À medida que avançamos aos espaços em percurso de ziguezague, somos avisados pela luz ao fundo do percurso de que há algo lá fora. "Os percursos existiam (em terreno difícil, as pessoas sabem onde por os pés), a piscina existia, os muros são paralelos ao suporte em granito da avenida, do qual apenas se destacam."[32]



Imagem 49. Entrada do edifício. Fotografia por Fernando Guerra

32 SIZA, Alvaro, "Piscina de Leça da Palmeira". In Siza, Álvaro, 01 textos (coord. Carlos Campos Morais). Porto: Civilização, 2009, p. 23

Os primeiros esquissos de Álvaro Siza claramente demonstram uma distância da arquitetura tradicional procurando maior abstração em comparação com a obra do mesmo período, a Casa de Chá da Boa Nova, quando propõe uma intervenção diretamente ligada com a topografia do terreno e opta por coberturas planas e paredes brutalistas que se ligam aos espaços propostos, criando uma maior integração com a orla marítima de Leça da Palmeira como se fosse "um barco no muro da marginal. Dali não sai."[33] Assim, Siza projeta "Uma arquitetura de grandes linhas, de paredes compridas, buscava um encontro com os rochedos no lugar adequado."[34]

Em sua materialidade, Siza opta pelo betão aparente por todo o edifício com sua estereotomia marcada pelas réguas em madeira responsáveis pela cofragem do betão estrutural. A madeira e o cobre complementam e realizam o remate de todo o edifício, presentes também na zona balnear e na cobertura. Estes elementos densos formam uma geometria simples e perfeitamente articulada com a topografia do terreno, o momento dos balneários guarnece um ambiente intenso e fechado em seu interior, o que encoraja o instante íntimo que uma zona balnear deve ter. Os vestiários individuais são divididos por tábuas suspensas e presas às vigas da cobertura e ditam o ritmo do espaço guarnecido de uma iluminação criteriosa que favorece com que a madeira escura pintada a óleo seja realçada, mesmo método utilizado para a fabricação e conservação de embarcações náuticas.



Imagem 50. Interior do edifício. Fotografia por Fernando Guerra



Imagem 51. Entrada do interior do edifício

O projeto das Piscina de Marés foi concebido em quatro fases, sendo a última e quarta fase, o restaurante. A fase 1 deste projeto integra o conjunto da Piscina Municipal iniciado em 1961. Em 1966 o projeto do restaurante é entregue e apenas anos mais tarde, em 1995, tem o seu projeto de execução concluído com pequenas alterações em relação ao primeiro projeto. O restaurante nunca chegou a ser construído até então por razões desconhecidas. Em 2018, Álvaro Siza elabora um projeto de reabilitação e extensão das redes e infraestruturas que se encontravam obsoletas. O corpo localizado a norte foi contruído integralmente com o muro em 45º onde seria construído o corpo do restaurante, complementando os princípios compositivos do conjunto da Piscina de Marés.[35] A cronologia que seguidamente se apresenta, apoia-se no catálogo da Exposição 'Nenhum Sítio é deserto: Piscina de Marés (1960-2021, exibida na FAUP entre maio e junho de 2022.[36]

33 SIZA, Álvaro, "Piscina de Leça da Palmeira". In Siza, Álvaro, 01 textos (coord. Carlos Campos Morais). Porto: Civilização, 2009, p. 23

34 SIZA, Álvaro, Imaginar a evidência. Lisboa: Edições 70, 2000. Pag 25

35 FERREIRA,Teresa Cunha. (2022). "A vida entre marés", in FERREIRA,Teresa Cunha. e URBANO, Luis. (eds.) No place is deserted. Álvaro Siza: Ocean Swimming Pool (1960-2021). Porto: FAUP/ Afrontamento,, pág. 24

36 Exposição no âmbito do projeto 'Keeping It Modern – Piscina de Marés', pela Fundação Getty.

3.2 Fases Construtivas: Piscina de Marés (1960 – 1973)

-Primeira fase (1960)

Em 1959, a Câmara Municipal de Matosinhos, por meio de um ofício, solicita a apresentação de um projeto das piscinas em carater definitivo, além da solicitação de um projeto designado ao Arquiteto Álvaro Siza para o arranjo urbanístico da Avenida dos Centenários, em condicionamento à construção do complexo da piscina municipal. Ainda, neste mesmo documento, optou-se por razões estéticas, o emprego do betão ciclópico para a construção dos suportes em fuga à tradicional alvenaria.

O primeiro documento apresentado pela Câmara Municipal de Matosinhos para a encomenda do complexo da Piscina de Marés, é datado em março de 1960. Em memória descritiva redigida pelo Engenheiro Bernardo Ferrão, revela-se uma consulta à empresa "Ribeiro da Silva Lda.", empreiteiros de obras públicas e especializados em trabalhos marítimos, acerca da viabilidade da construção. O documento aponta para a construção de uma piscina de água salgada na praia de Leça, que corresponde a uma aspiração antiga da Camara de Matosinhos. A escolha do local de implantação da obra, se desenvolve para além da beleza do sítio, mas também se dá pela existência da enseada de rochas que se desenvolve paralelamente à costa da praia, como possível local em potencial para a construção da piscina, defronte à "meia-laranja". As condições naturais das rochas permitiam que uma piscina fosse inserida no local com um mínimo de mão-de-obra em uma primeira intervenção.



Imagem 52. Planta de implantação da primeira fase (1960)

A primeira planta de implantação, assinada nesta fase pelo Eng. Bernardo Ferrão, demonstra a disposição natural das rochas que facilitaria, mais tarde, a inclusão da piscina sem a necessidade de grandes desmontes das rochas. A ideia era que o eixo principal da piscina se desenvolvesse em paralelo ao suporte da meia-laranja.

Em outubro de 1962, Álvaro Siza apresenta um anteprojeto em que os princípios gerais do que viria a ser construído já se encontram enunciados. O arquiteto resolve explorar a topografia do terreno, não somente por razões de económicas, mas também como um método de intervenção orgânica no intuito de ancorar o edificado à paisagem. Nesta fase já é possível observar que a intencionalidade do arquiteto é projetar as instalações anexas da piscina ao muro de suporte, principal elemento que delimita e determina o espaço da praia e o passeio da marginal, além de articular esses espaços com a zona de serviços de bar e restaurante, a norte do projeto.

O arquiteto se baseia no livro "A arte de projetar arquitetura" de Ernest Neufert para implementar e decidir a quantidade de cabines que serão dispostas ao longo do edifício anexo, chegando a conclusão de que seria necessário a construção de vinte e quatro no total. Além disso, nesta fase fica determinado a materialidade do edifício, que seria composta por paredes em betão descofrado, cobertura em madeira revestida com chapa de cobre sobre telas asfálticas, os pavimentos, nomeadamente dos vestiários, decide-se pela escolha pelo pavimento lavável em lajetas pré-fabricadas de betão branco como forma criteriosa de manter a higiene que o espaço necessita.

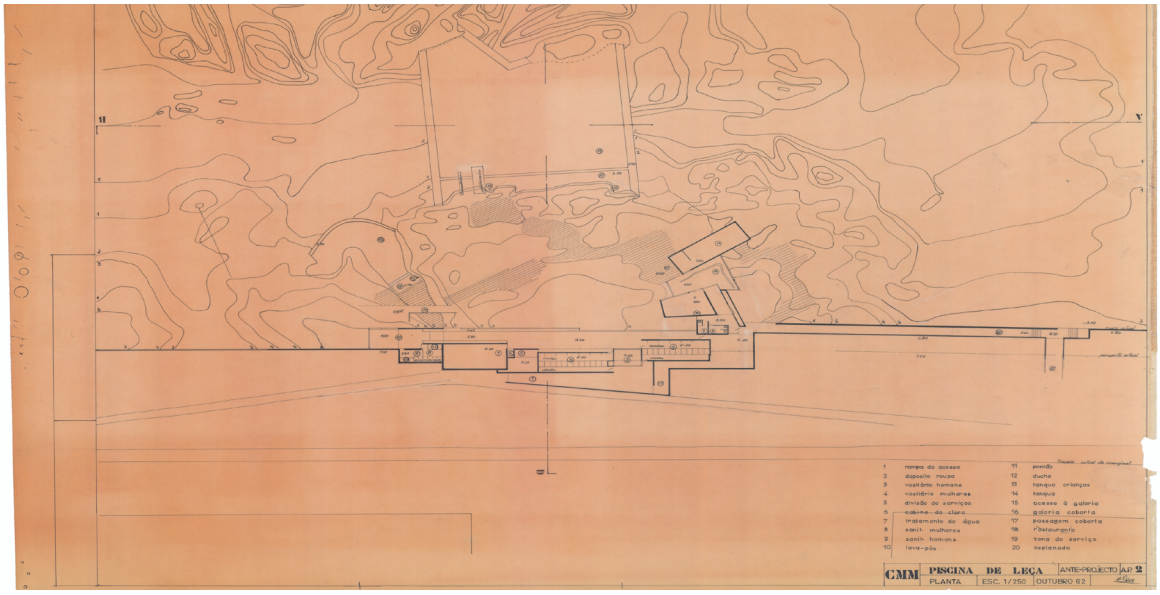

Imagem 53. Planta da fase 1 (1962)



Imagem 54. Esquisso do arquiteto Álvaro Siza

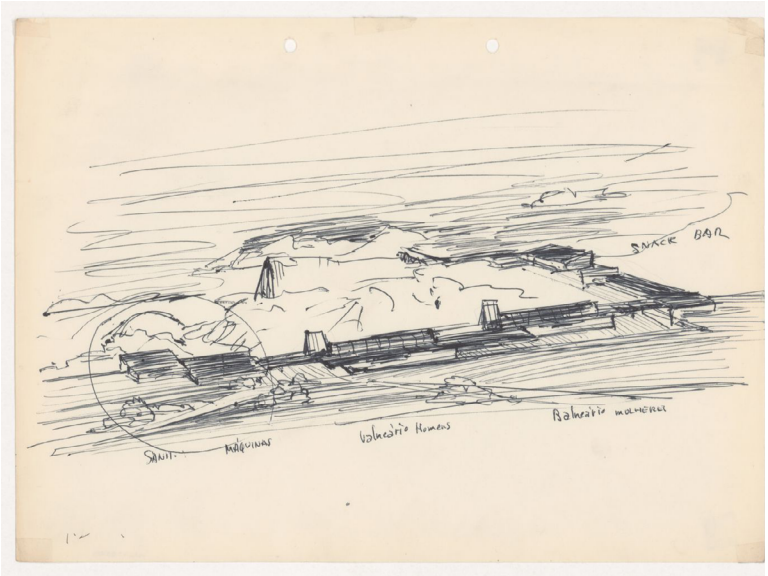

Imagem 55. Esquisso do arquiteto ilustrando o conjunto do edificado

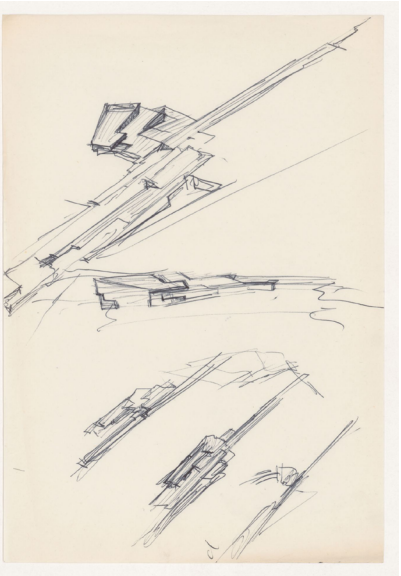

Imagem 56. Esquisso de processo

-Segunda fase (1965)

Em fevereiro de 1965, é entregue à Câmara Municipal de Matosinhos a segunda fase do projeto de execução para as piscinas de marés. Neste estágio, o projeto se apresenta de forma mais articulada e demonstra, com uma certa clareza, o processo de estudo que foi submetido e as intencionalidades do arquiteto para a piscina municipal. Na evolução natural da realização do projeto, foi anexada a construção da piscina destinada as crianças, assim como a demolição da meia-laranja para que este mesmo espaço desse lugar ao conjunto de edificações previstos na planta desta fase (casa de máquinas, balneários, instalações sanitárias).

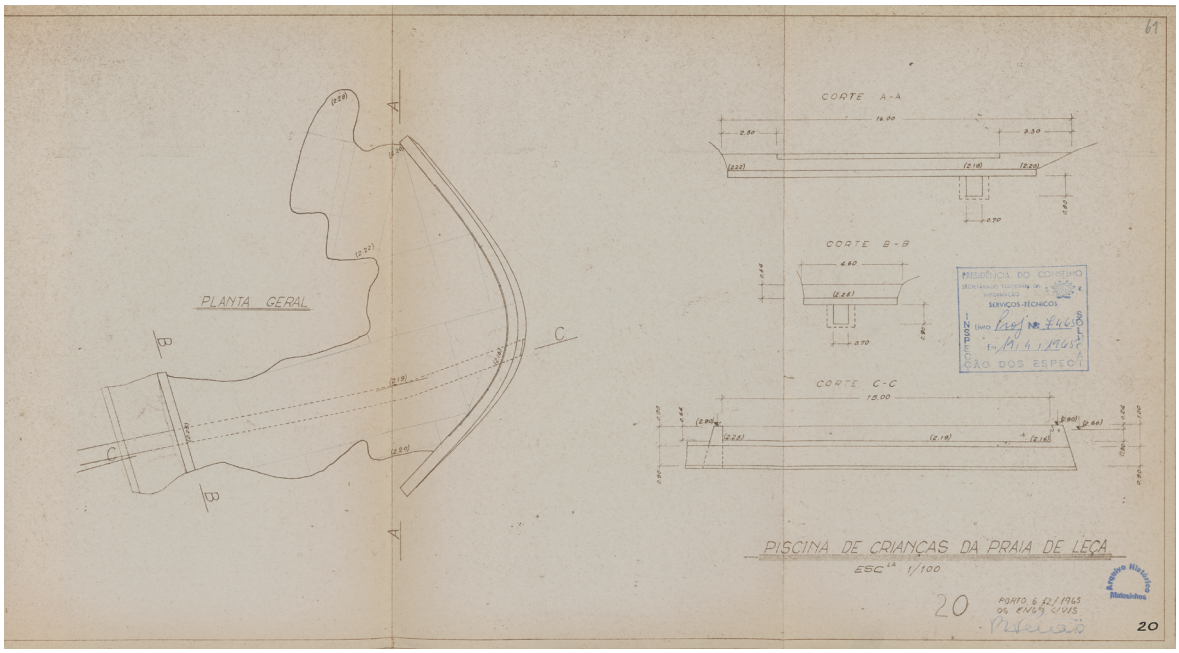

Imagem 57. Planta da piscina de crianças

Conforme descrito na fase anterior, a localização do tanque de nadadores foi escolhida pela composição da enseada de rochas que se formavam de maneira natural, sendo o espaço ideal para a inserção do tanque principal. O tanque destinado às crianças, segue o mesmo princípio, sendo justificado em memória descritiva como um espaço que abrigava um "talweg" [37] na mesma enseada de rochas do tanque principal. Nesta fase, já é possível perceber que o edificado dos sanitários, cabine de tratamento de água e vestiários se alinham paralelamente à avenida, e é ancorado ao muro de suporte disposto ao longo da marginal.

Nesta fase, é possível perceber que o plano urbanístico que contempla o traçado da marginal ainda não está muito claro nos desenhos apresentados. No próprio documento de memória descritiva, o arquiteto justifica que o estudo para o novo traçado para marginal ainda se encontra em processo de estudo. Entretanto o acesso para o recinto da piscina é feito através de uma rampa à entrada do edifício, que realiza a ligação entre a diferença de cota existente entre o passeio da marginal e a piscina. Para o espaço dos vestiários, o arquiteto adotou o esquema de cabines de mudança de roupa dividido entre secções de homens e mulheres, além da separação entre os percursos de calçados e descalços.

Conforme já determinado na fase anterior, Álvaro Siza assume os mesmos materiais descritos anteriormente, parede em betão armado aparente que suporta a cobertura composta por madeira em riga, revestida por chapas de cobre sobre telas asfálticas. A altura das vigas em madeira é aproveitada para permitir que a ventilação transversal seja feita de forma natural. As divisórias das cabines são feitas do mesmo material da cobertura, que por sua vez, são penduradas à cobertura de modo permitir a fácil lavagem do pavimento, em betão pré-fabricado, e escoação dos vestígios de água do recinto quando este estiver em pleno funcionamento. Os acabamentos são devidamente protegidos, sendo a madeira coberta em resina vinílica para suportar o desgaste do tempo.



Imagem 58. Esquisso de Álvaro Siza da estrutura em madeora para os vestiários

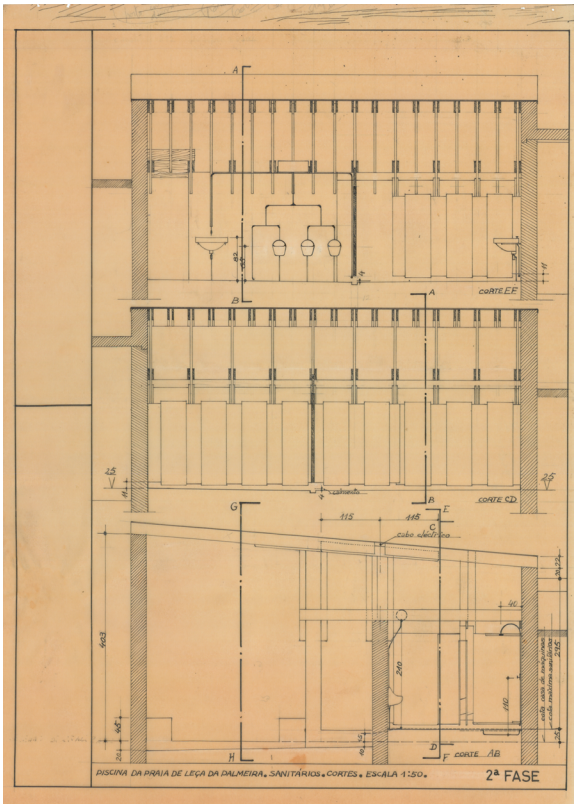

Imagem 59. Corte transversal dos vestiários

37 Linha de menor elevação dentro de um vale ou curso de água.

O estudo topográfico da zona foi eficaz ao perceber que as condições naturais do terreno poderiam favorecer abrigos contra os ventos dominantes através dos maciços rochosos, essas zonas foram levemente alteradas com pequenos desmontes de rochas para que esses mesmos espaços de permanência fossem ampliados, estes que são ligados através de percursos compostos de plataformas e escadas em betão.

O tanque principal, feito em formato retangular, é subdividido em três plataformas: uma mais baixa, uma de média profundidade e a área para saltos que chega a uma altura de 4 metros de profundidade. O tanque de nadadores é alimentado pela água do mar e com recurso de captação submarina, através de uma galera projetada por entre as rochas em secção de 1,50m x 1,80m e com uma extensão total de 102,90m ao total de galeria. Esta galeria é ligada até uma estação de tratamento de água localizada no conjunto edificado junto ao muro de contenção à marginal, alimentado por um poço de 18 metros de profundidade.

-Quarta fase - Ante- projeto do Restaurante (1965)

Em setembro de 1965, Álvaro Siza apresenta o anteprojeto para a 4ª fase que tem como principal objeto, o restaurante. Esta obra daria uma maior completude ao conjunto idealizado pelo arquiteto. Nesta fase é possível perceber o cuidado que Álvaro Siza dá ao processo de alargamento das instalações da piscina municipal quando primeiramente resolve questões de relações entre os espaços propostos, nomeadamente aos acessos a norte, ou seja, os acessos entre as instalações de anexo à piscina e o restaurante que seria construído a posteriori (imagem 60). Este fato é possível de perceber quando o arquiteto desenha e propõe a construção de uma plataforma contínua entre o corpo dos vestiários e o restaurante.

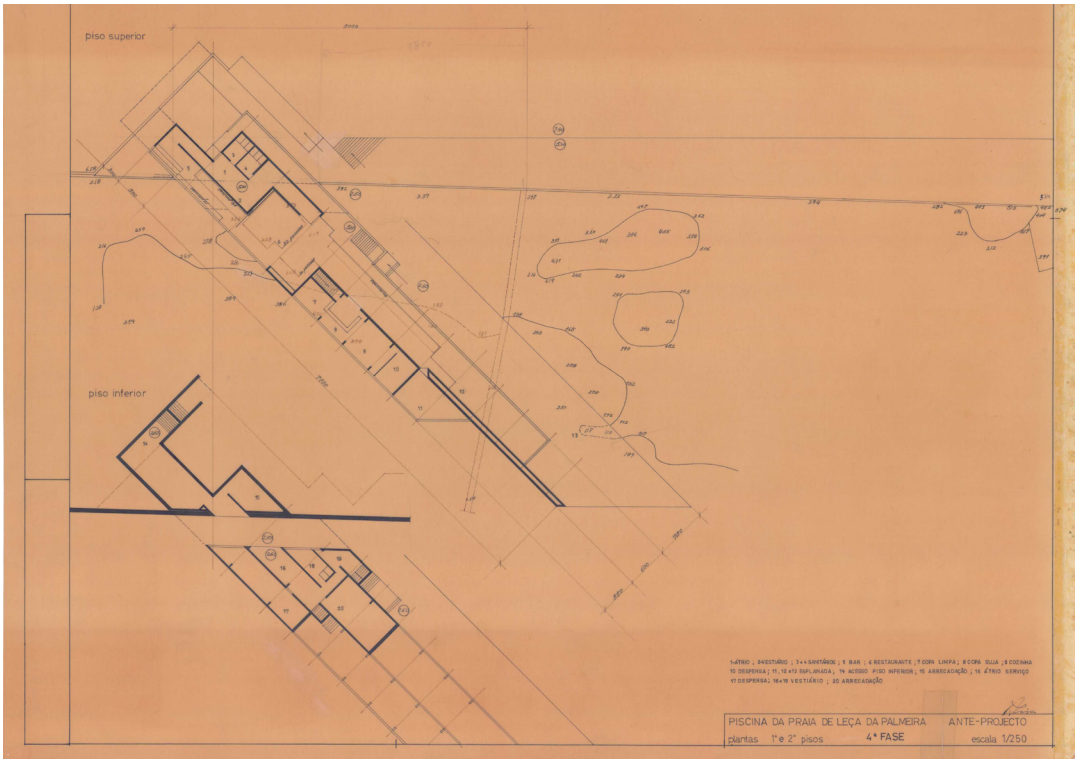

Imagem 60. Planta do restaurante com a plataforma de ligação às piscinas

Neste período já era possível experienciar algumas perceções em relação ao uso funcional dos espaços já construídos. Esta experiência permitiu com que alguns princípios fossem seguidos para um melhor funcionamento do complexo, considerando que o uso da piscina seria feito de forma sazonal, diferentemente do restaurante que teria o seu funcionamento atribuído ao ano inteiro, esse princípio foi um dos principais requisitos para que o restaurante fosse construído a extremo norte do conjunto, que são conectados através do muro de contenção da marginal.

Seguindo o mesmo princípio das instalações anexas, o restaurante se desenvolve a partir do muro de suporte da marginal e é implantado em um ângulo de 45º no sentido de abrigar o recinto dos ventos dominantes da região. Além de tudo, a localização e implantação do restaurante, acentua o limite de todo o conjunto que é definido pela topografia do terreno a norte, onde se assenta sobre o maciço rochoso.

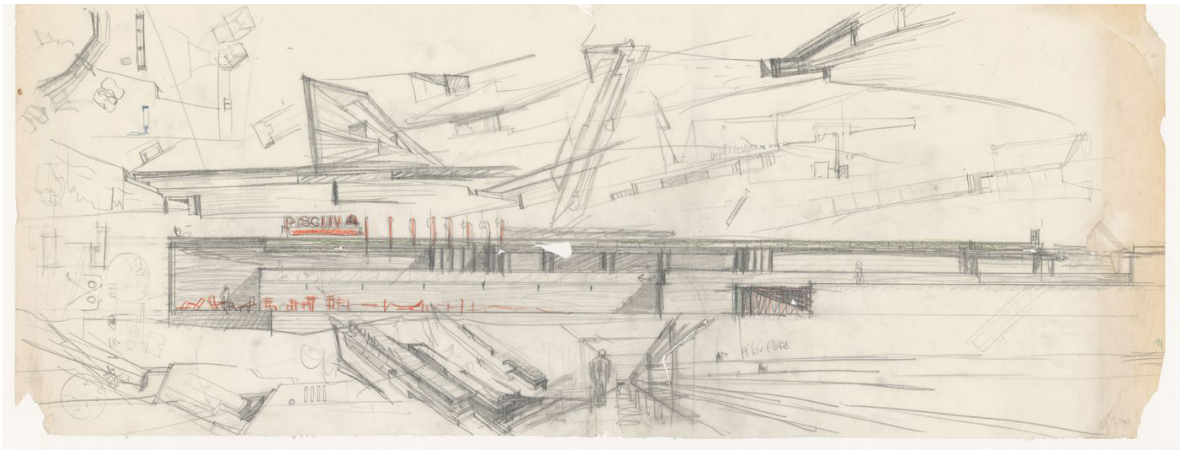

Imagem 61. Esquisso de processo do restaurante

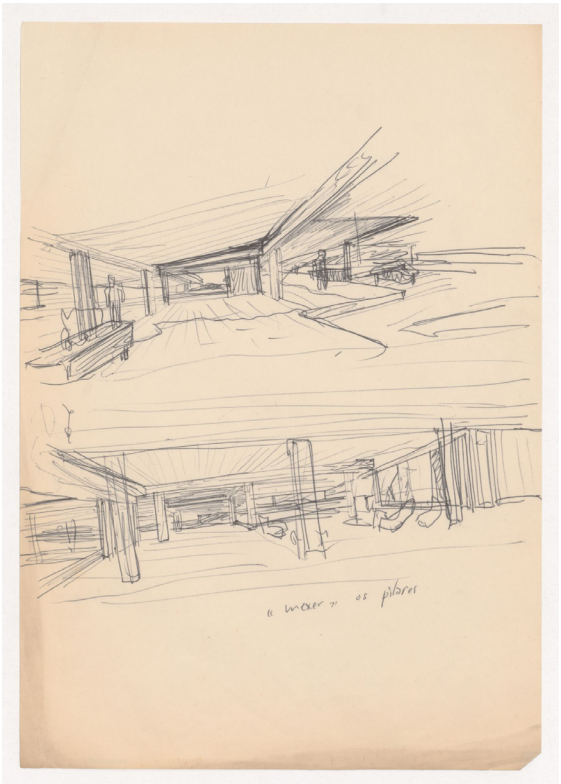

Imagem 62. Esquisso de processo do restaurante

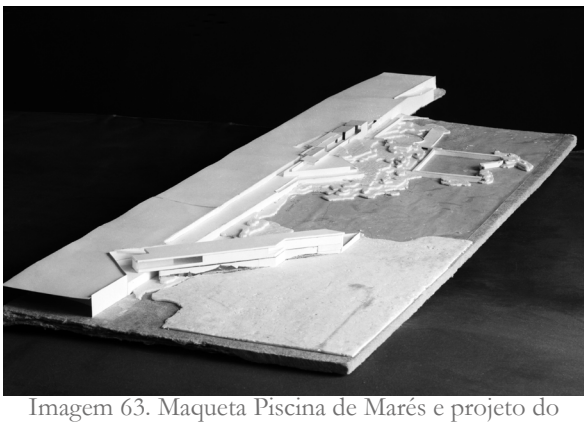

Imagem 63. Maqueta Piscina de Marés e projeto do Restaurante

-Terceira fase (1966)

Em fevereiro de 1966 Álvaro Siza entrega o projeto de execução referente a 3ª fase. Com a experiência previa obtida pelo funcionamento das instalações da piscina, foi possível perceber alguns condicionamentos a nível de dinamismo de funcionamento e realizar as devidas alterações. Além de seguir o mesmo princípio de integração à paisagem, o projeto consistia em melhorar o funcionamento dos acessos além da diferenciação de zonas e descentralização através de ligeiras alterações.

Conforme elucidado anteriormente no anteprojeto da quarta fase, é nesta fase que os muros de suporte a sul e a norte são construídos a fim de estabelecer os remates dos edifícios, ao mesmo tempo que se resolve a ligação entre os espaços projetados e que promovem o encontro entre muros de materialidade distintas, alvenaria de granito e betão descofrado.



Imagem 64. Esplanada do Bar em construção



Imagem 65. Esplanada do Bar em construída

É nesta mesma fase que ocorre o alargamento do recinto das piscinas em função das necessidades apresentadas pelo conjunto em seu funcionamento. Nesta fase, é construído o bar, que até então funcionava a título provisório e sem suporte de esplanada. O bar é inserido a norte do corpo das instalações anexas, seguido pelo muro em 45º que tinha como função proteger dos ventos dominantes além de criar remate para a esplanada em frente ao bar. Instalações anexas como sanitários para calçados e arrecadação junto ao muro de suporte em betão a norte também é construído, seguindo o mesmo princípio dominante que marca o todo o edificado ao ancorar as instalações anexas no muro de suporte.

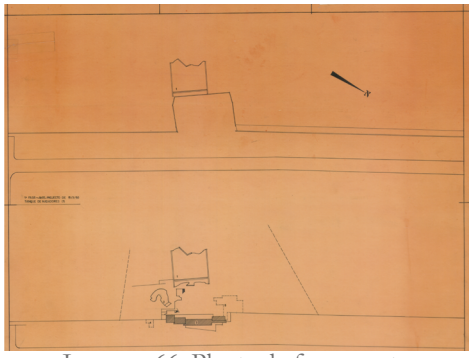

Imagem 66. Planta de faseamento

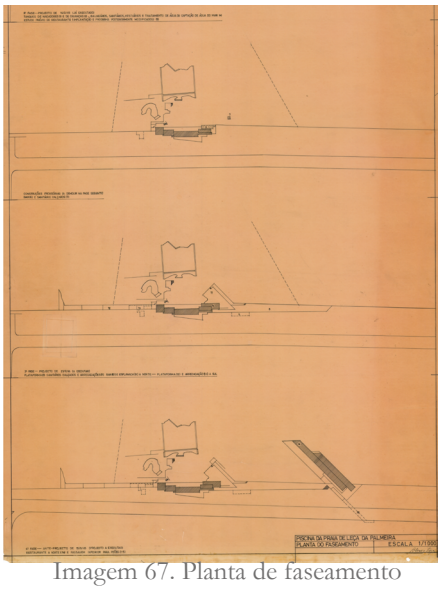

Imagem 67. Planta de faseamento

- Anteprojeto Intercalar das terceiras e quartas fases (1973)

A fase do projeto intercalar vem com o objetivo de complementar em dar resposta ao retorno dos utilizadores sobre a experiência do funcionamento do conjunto. Além do mais, alguns elementos da terceira fase, construído em 1966, não foram devidamente finalizados, tendo a sua continuação formalizada em 1973. Para além dos pontos mais importantes a nível funcional do recinto, manutenções a nível de ligações de esgoto à rede geral, são tomadas a fim de obedecer as presentes normas. Apesar das intervenções previstas não terem sido construídas, o projeto apresentado em 1973 revela a intencionalidade em realizar melhorias decorrente da dinâmica apresentada do funcionamento do edifício.

Em memória descritiva, o projeto apresentado propunha a instalação de forma definitiva dos sanitários para calçados a norte, este que teria intenção de elevar a cota do canteiro de transição entre a marginal e o muro com o objetivo de obter maior controle sobre o acesso. É proposto também a instalação da zona de armazenagem e vestiários do pessoal a sul, assim como a definição de uma zona de serviço mais alargada e de uma copa associada ao bar[38]. Com o objetivo de rematar as extremidades do complexo, é proposto para zona sul, a construção de uma escadaria em anfiteatro que faz a transição de cotas. E para zona norte, a extensão da plataforma onde se construiria o restaurante (imagem 68).

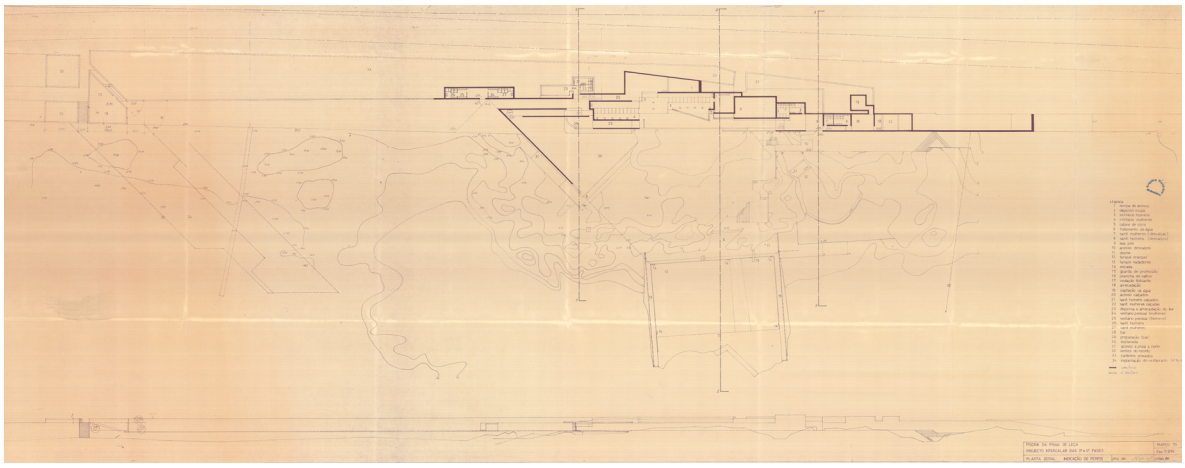

Imagem 68. Planta Geral, Projeto Intercalar das 3ª e 4ª fases

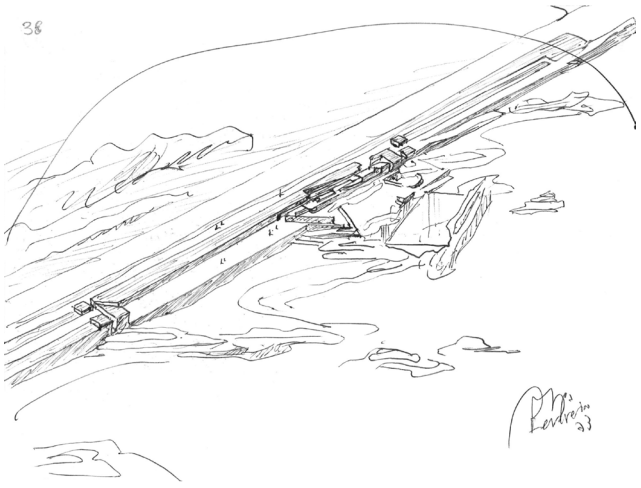

Imagem 69. Esquisso de Álvaro Siza de 1973

38 FERREIRA,Teresa Cunha. (2022). "A vida entre marés", in FERREIRA,Teresa Cunha. e URBANO, Luis. (eds.) *No place is deserted. Álvaro Siza: Ocean Swimming Pool (1960-2021)*. Porto: FAUP/ Afrontamento, pág. 23

A plataforma norte, projetada para servir de ligação com o objeto da quarta fase, o restaurante, é construída, porém parcialmente sem a inserção prevista em projeto de memória descritiva, da rampa localizada a extremo norte da plataforma e que faria ligação com a marginal salientando os remates em suas extremidades. Já o remate à sul é finalizado com a construção do anfiteatro.

3.3 Projeto do Restaurante (1995)

Em 1963 a Camara Municipal de Matosinhos designa ao arquiteto Álvaro Siza a elaboração do projeto de execução do restaurante, juntamente com o técnico responsável pela conservação das piscinas, o pedido constava além do projeto de execução do restaurante, algumas intervenções que seriam necessárias para o pleno funcionamento do conjunto que se encontrava com um certo desgaste. A obra de conservação para as instalações da piscina previa a substituição total da cobertura em cobre e a reparação de algumas paredes em betão que apresentavam fissuras, bem como a recuperação da madeira no interior dos vestiários.

O projeto de execução do restaurante fundamenta detalhadamente os pormenores construtivos para o edifício, que seria acedido através da rampa inserida a partir do passeio da marginal. A materialidade do projeto se apresenta com a mesma composição prevista no primeiro projeto em 1965, composto por betão aparente para os pavimentos, paredes e tetos, com estereotomia ao exterior do edifício em conformidade com os desenhos dos alçados. Os caixilhos seriam compostos por madeira e aço inox, estes que formariam um extenso envidraçado ao longo do alçado sul, já o alçado norte seria quase completamente fechado de modo proteger o edifício dos ventos dominantes do lugar. "Os esquissos do interior do edifício ilustram a fluidez espacial e a relação franca com a paisagem através de um amplo envidraçado no alçado sul."[39]

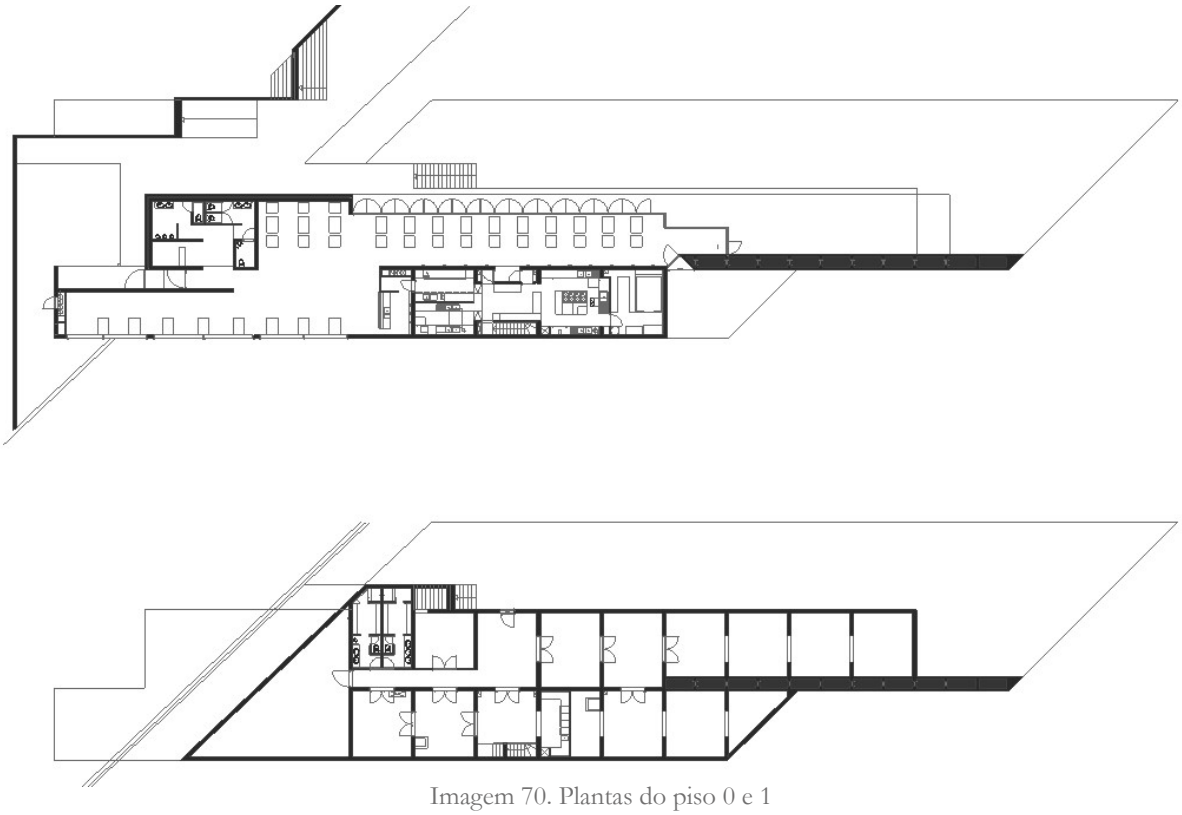

Imagem 70. Plantas do piso 0 e 1

39 FERREIRA,Teresa Cunha. (2022). "A vida entre marés", in FERREIRA,Teresa Cunha. e URBANO, Luis. (eds.) *No place is deserted. Álvaro Siza: Ocean Swimming Pool (1960-2021)*. Porto: FAUP/ Afrontamento, pág. 25



Imagem 71. Imagem renderizada a partir da rampa de acesso do alçado sul do Restaurante

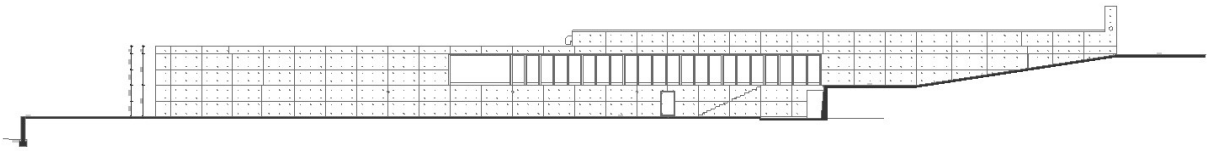

Imagem 72. Alçado sul

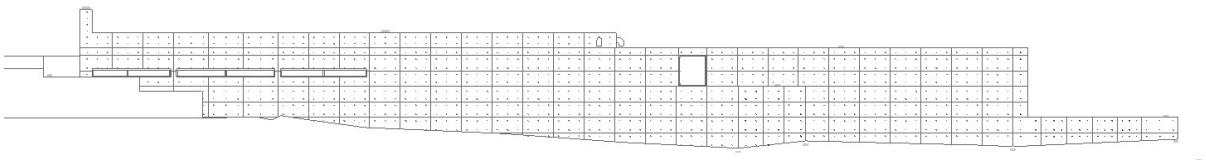

Imagem 73. Alçado norte

O equipamento é pensado em articulação com a requalificação da marginal de Leça da Palmeira, designadamente comos percursos pedonais, zonas verdes e de lazer. O corpo do restaurante seria construído com a cota da cobertura ultrapassando ligeiramente a cota da avenida, inscrita em um ângulo de 45º, esta mesma cobertura é composta por uma lamina d'água de 5 cm (imagens 74 e 75) que tem também como função arrefecer a cobertura do edifício, informação extraída da memória descritiva (Central de tratamento de água), cedida pela Câmara Municipal de Matosinhos.

O edifício é assente sobre o segundo maciço rochoso da zona, a cota mais baixa é acessível a partir da cota da praia que é ocupada pelas arrecadações e copa, no piso acima encontra-se a zona de serviços e de restauração. O restaurante nunca chegou a ser efetivamente construído, porém o angulo de 45º onde seria inserido o restaurante, foi construído em 2018 juntamente com as obras de restauro do conjunto da Piscina das Marés, para além de rematar o conjunto, poderia ser uma forma de exaltar o que ali poderia ser.

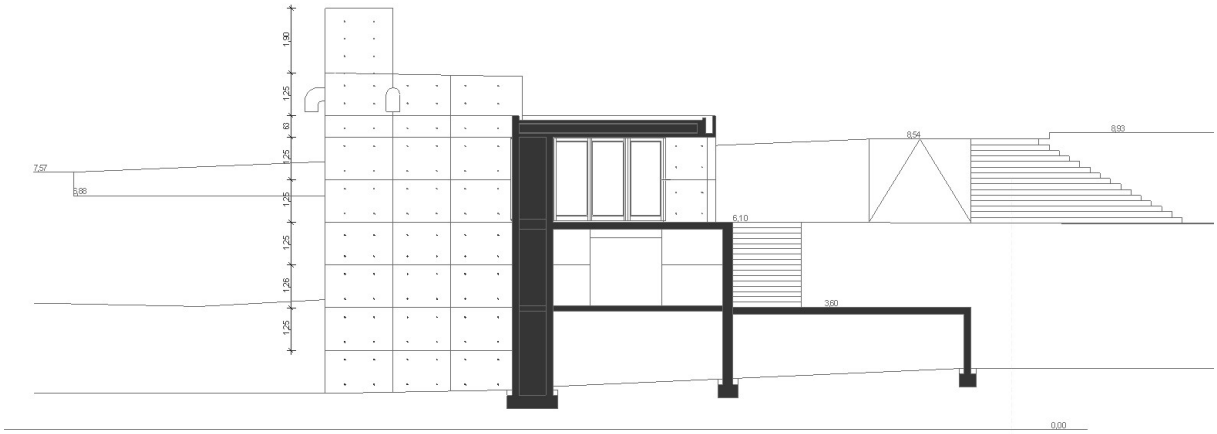

Imagem 74. Corte transversal ilustrando o espelho d'água da cobertura e ligeira elevação à marginal



Imagem 75. Imagem renderizada a partir da cota da marginal para o espelho d'água

-Materialidade do restaurante

Caixilharias

Para a composição das caixilharias do projeto, o arquiteto solicitou que as madeiras utilizadas fossem muito bem secas e com as espessuras indicadas nos desenhos de pormenor construtivo. Para evitar a entrada da chuva em contato com o exterior, as soleiras levariam tubos em letão de secção conveniente de forma que a água escoasse. Além do mais, as caixilharias envidraçadas teriam os vidros fixados por meio de tafifes, apertados com parafusos de latão cromado a fim de obter a perfeita vedação.

As únicas esquadrias exteriores que seriam totalmente revestidas por aço inox, são as portas E4, E5 e E6, essas que têm contato direto com o exterior e não representam os principais acessos

ao restaurante, sendo a E5 e E6 destinada a serviços e a E4 o caixilho exterior de passagem para a plataforma à norte. A porta da entrada principal com o exterior seria chapeada por ambas as faces com chapa de cobre de modo que a qualidade deste material suporte as condições do tempo que lhe será submetida. Os restantes das esquadrias exteriores do restaurante são todas executadas em madeira riga e barras de aço inox polido. As portas interiores restantes seriam de madeira Riga maciça.

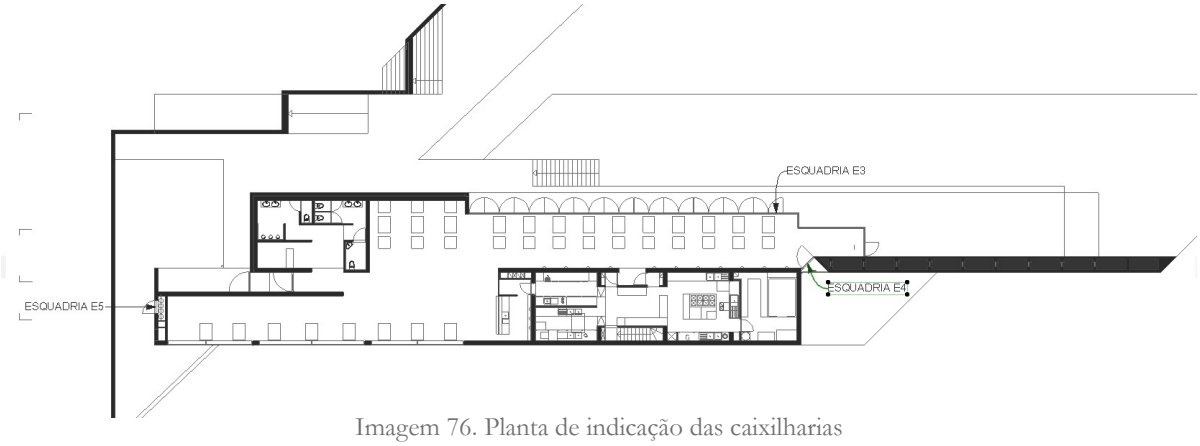

Imagem 76. Planta de indicação das caixilharias

Paredes

As paredes exteriores são em betão aparente, com exceção as paredes da zona do bar que também são em betão aparente e composto com lambril em mármore. Já as paredes interiores são todas compostas por tijolo vazado e rebocadas em argamassa para ser revestido posteriormente com placas de mármore Estremoz Branco. Placas de mármore de 8 cm da mesma espécie seriam instaladas nos sanitários feminino. Os acabamentos das paredes são feitos de lambrim em mármore em todo o interior do edifício, na intenção de realizar a transição entre os planos verticais e horizontais.

Pavimentos

Todos os pavimentos são em betão armado, porém com diferentes acabamentos. Os pavimentos da cozinha e da copa seriam acabados com resina epoxy autonivelante de acabamento liso, a cor desse pavimento ainda não estaria escolhida. Todos os pavimentos que ficam em betão aparente, recebem seus devidos polimentos.

As cabines de chuveiro dos sanitários de serviço e o pavimento da zona de urinóis, receberiam acabamentos em mármore, além do rebordo dos chuveiros que receberiam o mesmo material com o intuito de rematar o espaço.

Bancadas

As bancadas para lavatórios de todo o edifício serão de Mármore Estremoz Branco polido, os apoios, as fixações e as estruturas de suporte serão em aço inox polido. O tampo do bar é em madeira riga envernizada.

3.4 Reabilitação e extensão (2018-2021)

Em 2018, Álvaro Siza desenvolve o projeto de reabilitação e extensão da Piscina de Marés. Inicia-se então entre 2018 e 2021, a mais recente intervenção do autor do projeto para o conjunto balnear de Leça da Palmeira. O projeto tencionava a reformulação e substituição das redes e infraestruturas que se encontravam em desgaste, desta vez seguindo às novas exigências regulamentares (acessibilidades, tratamento de resíduos, sanitários e etc.).

Desta vez o arquiteto Álvaro Siza tem como desafio, restaurar um edifício moderno já classificado como Monumento Nacional. O arquiteto conta que a maior dificuldade ao restaurar um edifício, não reside tanto na degradação da estrutura ou dos materiais do acabamento, mas sobretudo em alterações alheias à sua arquitetura ou a justeza dos reparos a realizar nos cuidados exigidos na conservação do património.[40] A intervenção do autor na própria obra, acresce o desafio do arquiteto, que resiste à tentação de corrigir o seu próprio trabalho anterior, defendendo o respeito pela integridade arquitetónica da obra, reforçando o sentido de permanência do edifício e fazendo uma leitura sensata sobre as oportunidades de mudança e os requisitos que o programa exigia.[41]

O arquiteto Álvaro Siza reconhece sua própria preocupação face ao descuido de anos de manutenção do conjunto balnear, nomeadamente às sucessivas intervenções ao longo do tempo do betão aparente e nas sucessivas pinturas com óleo queimado na madeira, uma das anomalias mais presentes no edifício. Na opinião de Siza, seria preferível a substituição integral do betão aparente, tendo em conta que os remendos localizados ficariam visíveis, por outro lado o arquiteto reconhece que ao assumir as marcas de envelhecimento enquanto "cicatrizes do tempo", invoca a temporalidade material do edifício, marcando a estratificação temporal do edifício de múltiplas vidas, um ato de testemunho de sua própria história, uma atitude mais brutalista, nas suas palavras.[42]

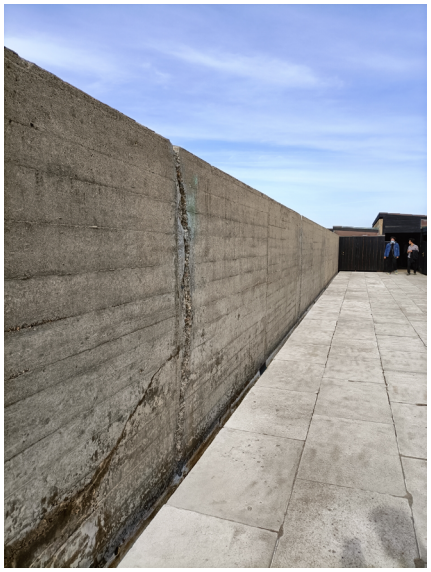

Imagem 77. Marcas de remendo no betão



Imagem 78. Marcas de remendo no betão

40 FERREIRA, Teresa Cunha, MARTINHO, Luís Urbano, "Nenhum sítio é deserto, Álvaro Siza", Porto, Edições Afrontamento, 2022, pág. 170

41 FERREIRA, Teresa Cunha, MARTINHO, Luís Urbano, "Nenhum sítio é deserto, Álvaro Siza", Porto, Edições Afrontamento, 2022, pág. 18

42 SIZA, Álvaro, Entrevista por Magda Seifert e Pedro Baía. In SEIFERT Magda e Baía, Pedro (EDS.), *Porto Brutalista.* Porto: Circo de Ideias, 2019

Álvaro Siza relata que a dificuldade do restauro é o resultado de más intervenções ao longo de mais de 50 anos, nomeadamente a algumas fissuras nas paredes de betão, nada preocupante a nível estrutural ou mesmo ao mau trato da madeira, esta recuperada proveniente de demolições que datam aproximadamente mais de dois séculos de uso e que ainda se encontram em perfeito estado de conservação[43]. O tratamento da madeira resultou primeiramente, na retirada de 0,5 cm de espessura das sucessivas pinturas com óleo queimado, foi necessário algum trabalho para a retirada deste material sem que as ranhuras da madeira fossem afetadas. Para além do tratamento da materialidade do edifício, outras intervenções foram mais simples de serem corrigidas, nomeadamente ao trato do espaço exterior com os recintos definidos pelas rochas que foram ordenados através de muretes em betão criando um fluxo mais orgânico entre a geometria da arquitetura e o espaço natural. A piscina de crianças recebe este trato, assim como o passadiço que liga o momento de passagem do edifício a zona de piscinas no exterior.

Em sua espacialidade, o projeto de restauro contou com a demolição da antiga zona de sanitários a norte, que dá lugar a uma zona de sanitários com novos balneários visando atender as necessidades atuais do edifício. Para além disto, a zona onde abrigava sanitários a sul, ganha um novo espaço de arrecadação e guarda, como está referido na planta de execução. Para o remate do edifício, parte do antigo muro de guarda da plataforma norte que fazia a transição entre a plataforma em betão e a praia, é demolido no sentido de abrir espaço para o término da construção da plataforma norte. Este corpo é finalmente construído sob o passeio da marginal e é rematado pelo espaço em 45º, local onde se implantaria o restaurante, seguindo a linha compositiva inicial idealizada para o conjunto arquitetónico.

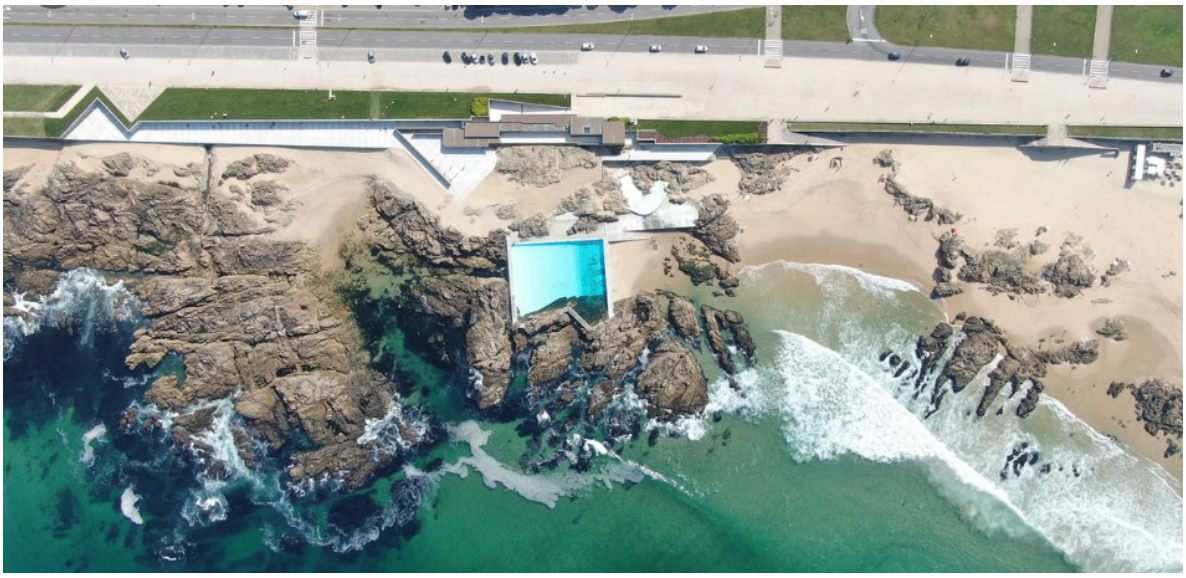

Imagem 79. Vista aérea da última intervenção da Piscina de Marés

43 FERREIRA, Teresa Cunha, MARTINHO, Luís Urbano, "Nenhum sítio é deserto, Álvaro Siza", Porto, Edições Afrontamento, 2022, pág. 170

CAPÍTULO 4

EXPERIÊNCIA APLICADA

Capítulo 4 – Experiência Aplicada

Depois de termos realizado um enquadramento sobre a integração das tecnologias de RV em arquitetura, e examinado o projeto não construído do Restaurante de Marés do arquitecto Álvaro Siza, pretende-se agora intersectar estes estudos através da realização de uma experiência de caracter prático. O objetivo é modelar e desenvolver uma experiência de RV imersiva capaz de dar a resposta ao objetivo final desta dissertação.

No decorrer de minhas pesquisas por um objeto de estudo que pudesse ser apoiado neste trabalho, surge o Restaurante da Piscina das Marés como uma interessante obra arquitetónica que se encaixaria perfeitamente na ideia inicial da dissertação. Mais tarde, o projeto 'Keeping it Modern – Piscina de Marés', financiado pela Fundação Getty e coordenado pela professora Teresa Cunha Ferreira, chega até mim através do professor José Pedro Sousa, onde me foi concedida a oportunidade de participar do processo de modelação do modelo 3D, que já estava em curso e parcialmente modelado pelos colaboradores do projeto. Mais especificamente na modelação tridimensional do restaurante.

O processo de modelagem do restaurante começou por uma pesquisa inicial sobre as principais informações gráficas que pudessem contribuir para a compreensão do projeto e posterior construção do modelo 3D. Para isso, as buscas por peças gráficas e informações escritas na Câmara Municipal de Matosinhos foram essenciais para levantar questões que pudessem enriquecer o trabalho prático. À medida que o processo de modelagem ia sendo feito, algumas dúvidas sobre o restaurante iam sendo levantadas, principalmente no que diz respeito a implantação do projeto.

4.1 Construção do modelo tridimensional

O modelo tridimensional apresentado pelo projeto 'Keeping it Modern' se encontrava parcialmente modelado, restando o modelo 3D do restaurante a ser inserido, bem como informações mais pormenorizadas acerca das instalações anexas à piscina. Para o processo de modelagem, além de contar com os desenhos e as informações recolhidas a partir da Câmara Municipal de Matosinhos, o modelo contou com a ajuda da nuvem de pontos obtida por levantamento a laser scanner combinado com técnicas de fotogrametria digital por drone. A nuvem de pontos obtida por este processo foi o principal suporte que permitiu maior rigor e realismo à experimentação que se pretendia chegar com este trabalho (imagem 81).

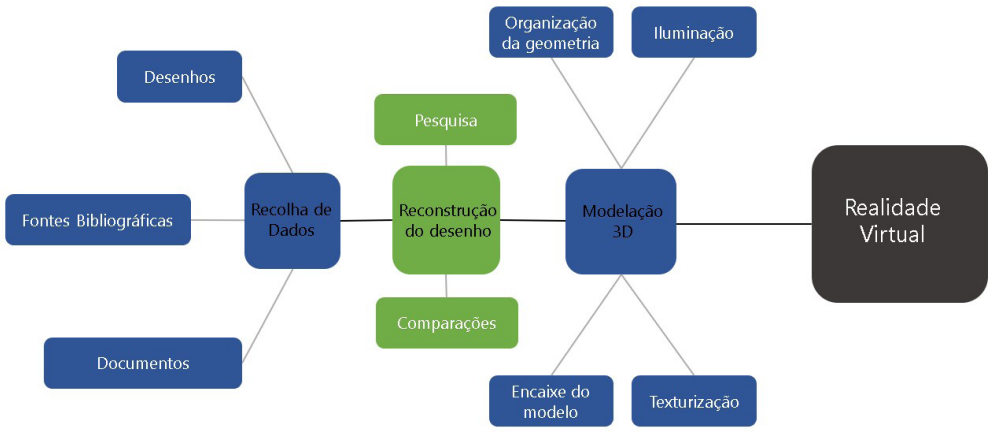

Imagem 80. Diagrama do processo evolutivo prático



Imagem 81. Fotogrametria a partir de drone

Este recurso normalmente é utilizado no meio da engenharia civil na aplicação de projeto de estradas, arqueologia e geração de modelos digitais de terreno no intuito de obter informações sobre a elevação do terreno, além identificar a presença de objetos no solo. Com a evolução da tecnologia, principalmente dos drones, que foi permitido que a técnica fosse também utilizada em outros segmentos. É importante salientar a riqueza de detalhes que os drones podem proporcionar. A quantidade de pontos coletados é superior às técnicas mais convencionais de fotogrametria, além de uma maior agilidade e precisão das informações obtidas.

A informação coletada por drone a partir da fotografia aérea é transferida para softwares capazes de processar as imagens bidimensionais e transformá-las em imagens de caráter tridimensional. Softwares como *Metashape da Agisoft*, possuem uma interface capaz de transformar pixéis da imagem bidimensional em pontos renderizados e representados em três dimensões, ou seja, nas coordenadas X, Y e Z. O software tem a capacidade de posicionar esses pontos com exatidão geográfica fornecendo assim, modelos tridimensionais com o muito rigor.

Para o processo de modelação, o modelo de nuvem de pontos serviu como guia no cruzamento de informações entre os desenhos obtidos sobre a obra e o modelo em nuvem de pontos do modelo já construído. A parte da modelagem proveniente do projeto 'Keeping it Modern' foi elaborado tendo como guia principal a nuvem de pontos, inclusive elementos construídos da última intervenção da piscina (2018-2021), a plataforma a norte onde seria construído o restaurante.

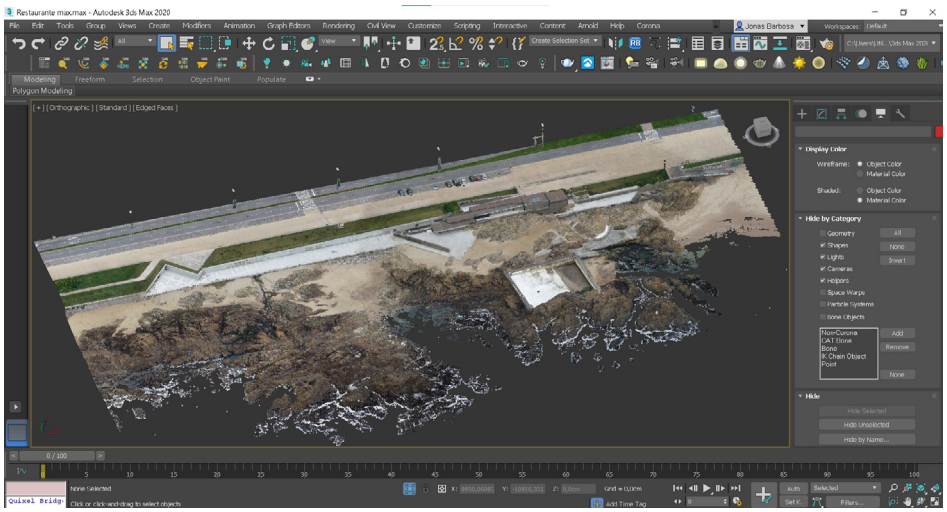

Imagem 82. Nuvem de pontos da Piscina de Marés

Antes de iniciar a modelagem do objeto de estudo, foi necessário esclarecer algumas dúvidas em relação a implantação do restaurante, nomeadamente no que se refere ao encaixe do corpo do restaurante ao modelo de nuvem de pontos. Conforme mencionado no capítulo 2, o complexo da piscina é formado por múltiplas fases, cada uma delas com especificidades que foram surgindo ao longo do tempo pelas necessidades criadas consoante ao seu pleno funcionamento. Levando em consideração essa importante peculiaridade da obra, é importante ressaltar que em obras com múltiplas intervenções, o cruzamento de informação é crucial para poder perceber a evolução orgânica do conjunto da obra além da análise de divergência entre os desenhos e o construído. Ao sobrepor a planta de implantação do restaurante no modelo de nuvem de pontos, observou-se que havia uma incompatibilidade entre a área do ângulo em 45º da plataforma norte contruído e o desenho do projeto (imagem 83).

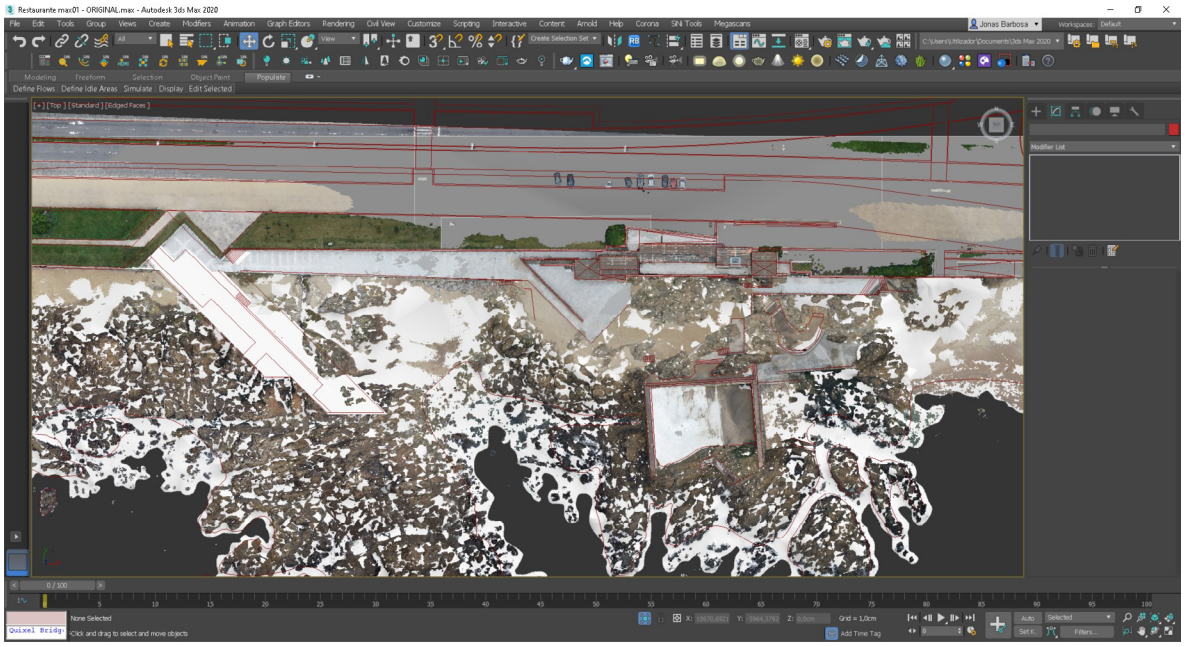

Imagem 83. Lihas em vermelho correspondem ao desenho de implantação sobreposto ao modelo tridimensional do conjunto

Foi constatado que a área desenhada era maior que o volume construído. Porém, poderia haver uma certa correspondência ao considerar que a área da rampa de acesso do restaurante não foi construída no atual cenário de forma propositada, já que com a não construção do restaurante, não faria sentido construir um acesso a ele.. Para além do mais, a sobreposição do desenho confirma que a escala do projeto do restaurante em termos planimétricos corresponde ao modelo tridimensional da nuvem de pontos.

O processo de modelagem da volumetria do restaurante teve como principal referência as peças gráficas obtidas a partir da Câmara Municipal de Matosinhos e do projeto 'Keeping it Modern'. O modelo foi desenvolvido a partir do desenho rigoroso em *DWG*[44] através do software *3DSMAX* com todas suas especificidades necessárias para inserção da volumetria do restaurante no modelo geral. Ao encaixar a volumetria do restaurante no modelo geral, foi levado em consideração as informações obtidas a partir da memória descritiva do restaurante. Este documento esclarece que o volume do restaurante estaria posicionado levemente mais alto em relação ao passeio da marginal, para reforçar essa intenção, o corte construtivo proveniente do projeto de 1995, comparado ao modelo 3D, confirma que o encaixe da volumetria do 3D se encontra de acordo com desenhos originais (imagem 84 e 85).

44 Formato para armazenar dados de projeto bi e tridimensionais. Formato nativo dos pacotes CAD.

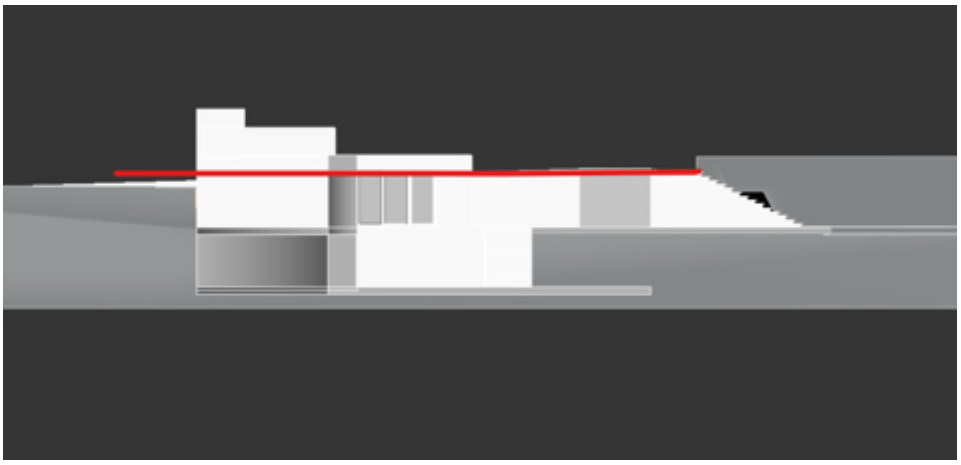

Imagem 84. Corte do modelo tridimensional

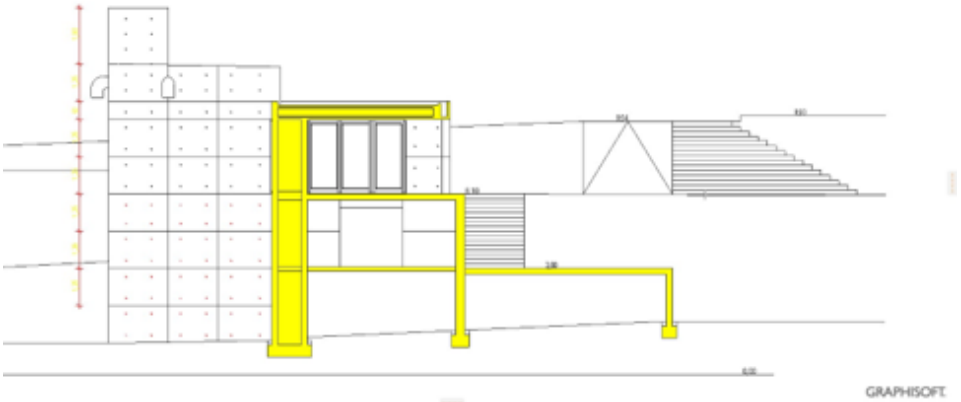

Imagem 85. Corte construtivo na mesma perspetiva

Notou-se também que ao encaixar o restaurante na nuvem de pontos, a plataforma do piso 0 do restaurante estaria parcialmente coberta por rochas, o que levantou algumas dúvidas se realmente era essa mesmo a intenção do arquiteto Álvaro Siza ao projetar o restaurante. Ao procurar por peças gráficas que pudessem confirmar a intenção do arquiteto, encontra-se uma fotografia da maquete do restaurante onde se pode notar que as rochas fazem fazer parte da plataforma do piso de acesso a praia, criando assim uma relação mais orgânica do edificado com o terreno (imagem 86 e 87).

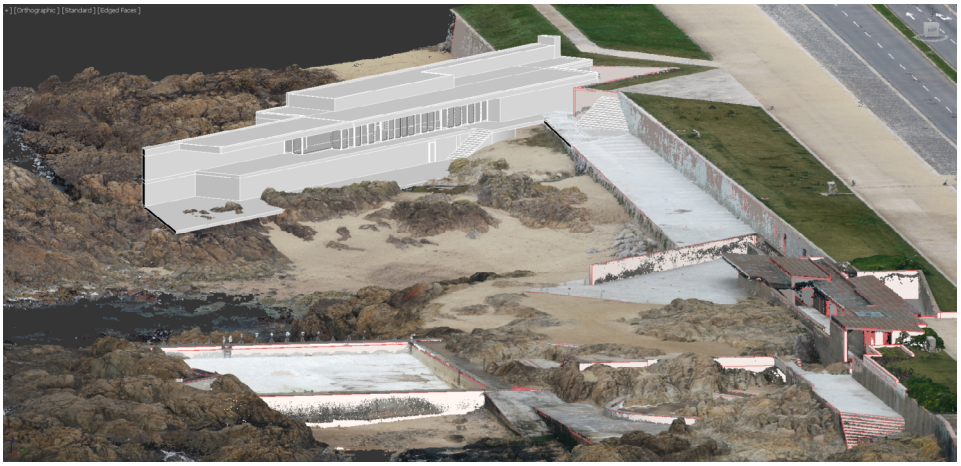

Imagem 86. Encaixe do modelo 3D na nuvem de pontos



Imagem 87. Maquete geral do conjunto

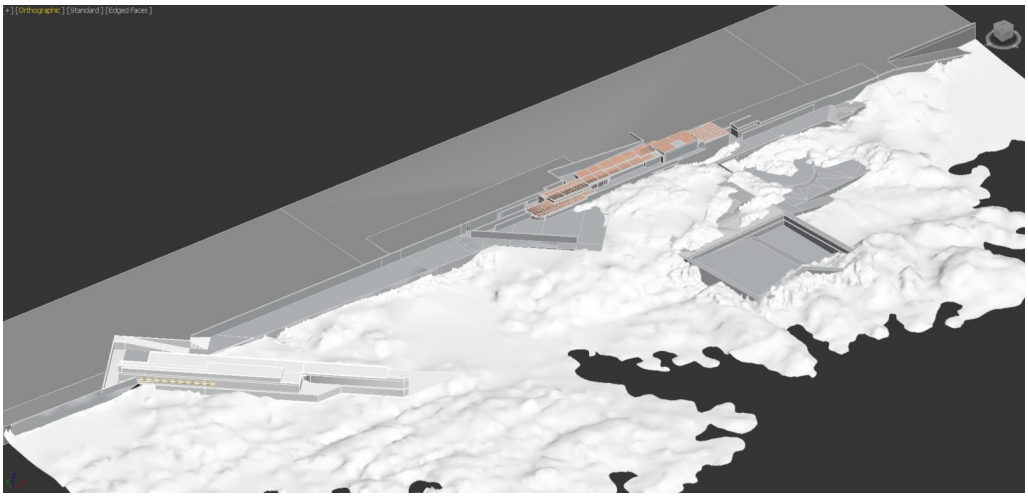

Imagem 88. Modelo tridimensional final

O resultado da modelação final do restaurante serviu de material de estudo para complementar as informações faseadas da Piscina de Marés através de maquetes impressas em 3D, das quais participei diretamente na produção das mesmas. A maquete foi utilizada na exposição "Nenhum Sítio é Deserto – Piscina de Marés", exemplificando as diversas fases do conjunto.

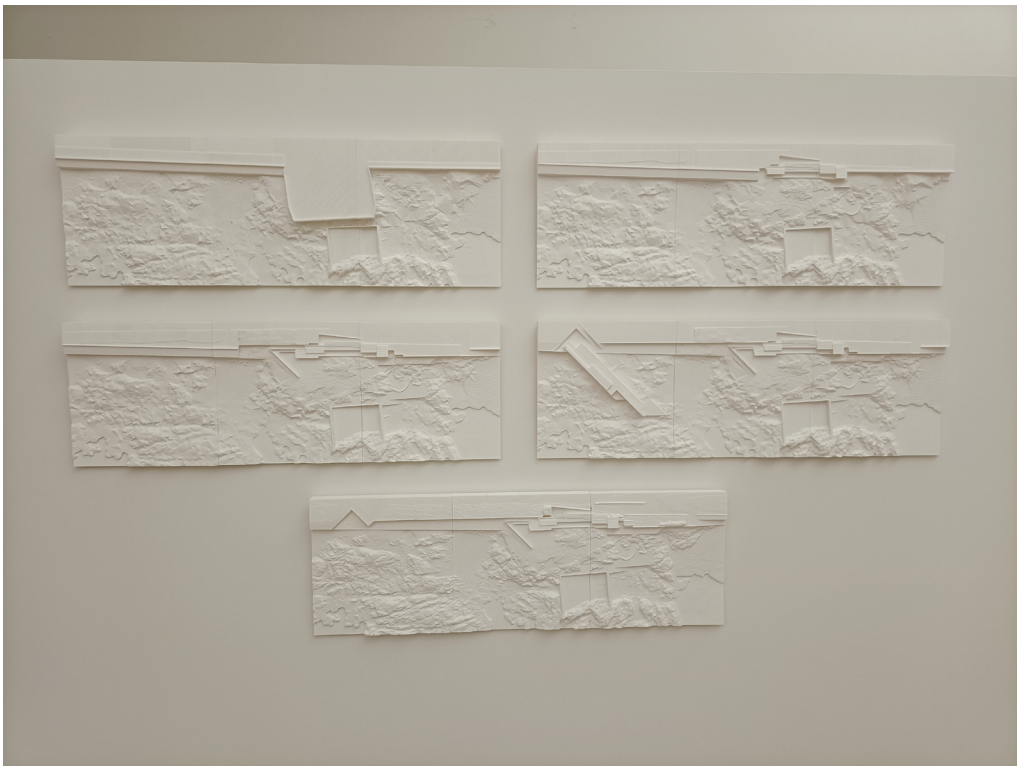

Imagem 89. Fotografia das maquetas de faseamento na Exposição "Nenhum Sítio é Deserto" na FAUP



Imagem 90. Exposição "Nenhum Sítio é Deserto" na FAUP

4.2 Processo de Realidade Virtual

Para poder discorrer sobre o processo que o modelo tridimensional foi submetido após sua finalização, será necessário documentar os caminhos que foram necessários percorrer para que o modelo tridimensional estivesse apto e de acordo com o objetivo final deste trabalho. Inicialmente o trabalho prático seria desenvolvido através do software *3DSMAX*, porém o ficheiro recebido do projeto 'keeping it modern' era trabalhado em *Revit*, o que obrigou a buscar caminhos que pudessem tornar o modelo tridimensional operativo. Apesar dos dois softwares pertencerem a mesma empresa, a Autodesk, os dois programas criam ficheiros com diferentes formatos, o Revit é um software destinado à intercomunicação de dados mais complexos em diferentes estágios relacionados a construção civil, enquanto o *3DSMAX* é um programa profissional destinado a computação gráfica.

Para poder tornar o ficheiro em formato *'RVT.'* operativo a outros softwares, foi necessário salvar o ficheiro em formato '*FBX.*', este formato permite que outros softwares *BIM* possam ler o conteúdo do arquivo Revit, além da possibilidade de importá-lo para outros programas como o *3DSMAX* por exemplo.

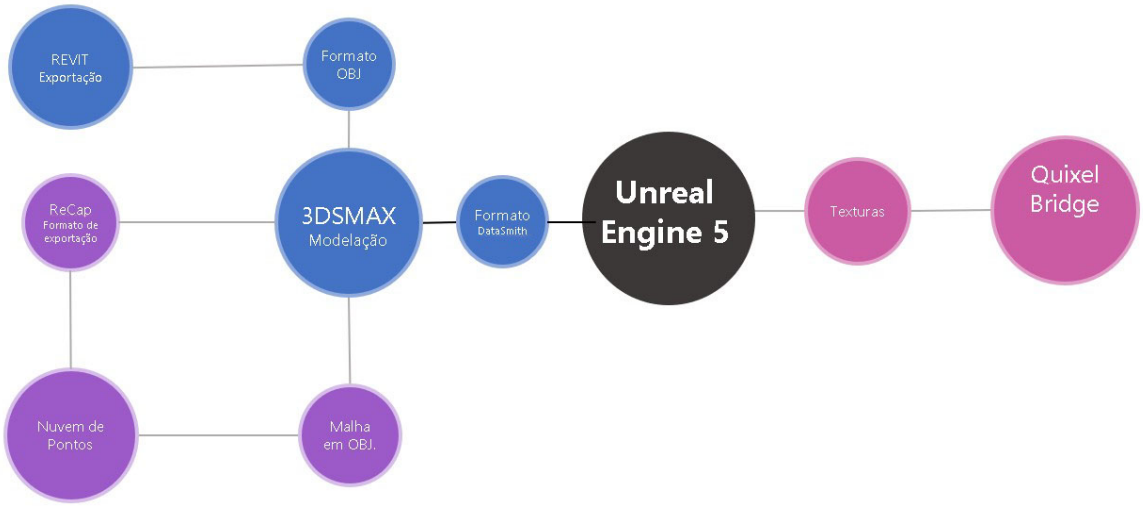

Imagem 91. Diagrama do processo de Realidade Virtual

Para importar o ficheiro de nuvem de pontos para o *Revit* ou o *3DSMAX*, foi necessário utilizar o software *ReCap*, que é um programa direcionado para recursos avançados em gerar malhas texturizadas e nuvem de pontos localizadas geograficamente. Para poder utilizar a nuvem de pontos como uma malha no *3DSMAX*, foi necessário utilizar o mesmo software para transformar o modelo de nuvem de pontos em uma mesh em formato '*OBJ.*' e assim torná-la editável, pronta para receber as devidas texturas para simulação virtual. A mudança de formato da nuvem de pontos em malha foi necessária pelo motivo do software que será utilizado para RV, o Unreal Engine, não ser preparado para leitura de nuvem de pontos (imagem 92 e 93).

Tendo praticamente todo o modelo tridimensional modelado, é recomendado agrupar todos os elementos por categoria de material para facilitar a importação do modelo 3D para o software de realidade virtual escolhido para o trabalho, o *Unreal Engine 5* (UE5). Depois de agrupar toda a geometria, o tratamento para a malha teria um tratamento parecido. Desta vez foi necessário mapear e recortar a malha por camadas no sentido de diferenciar as diferentes texturas de rochas e areia que receberá no UE5 na intenção de se obter melhor realismo do modelo.

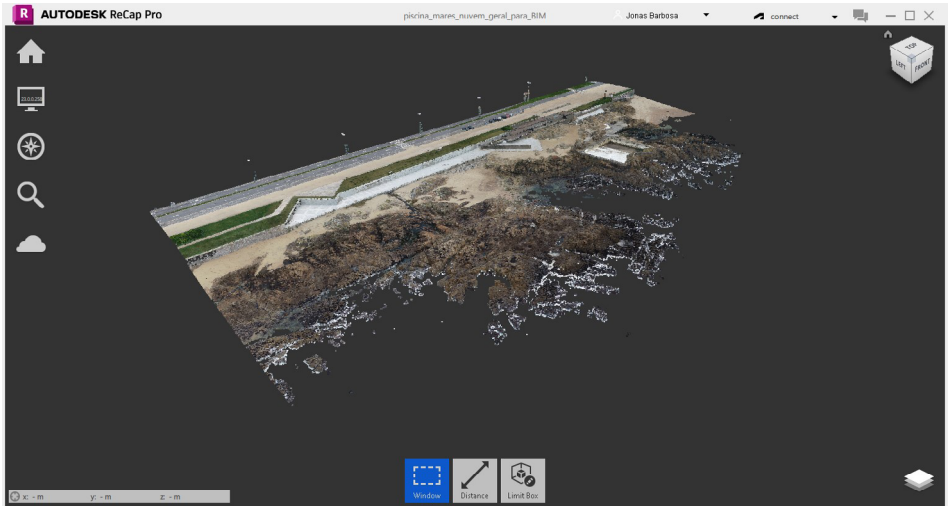

Imagem 92. Interface do ReCap da nuvem de pontos do conjunto da piscina

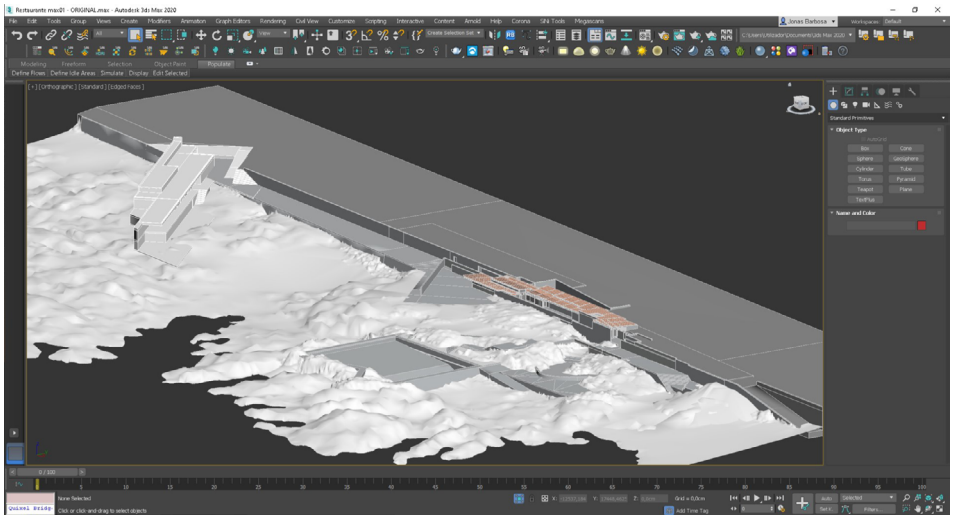

Imagem 93. Nuvem de pontos convertida em malha

O UE5 é um programa capaz de realizar leitura de ficheiros guardados em '*FBX*.'. Contudo não é a melhor escolha, visto que o formato pode apresentar algumas falhas nomeadamente na geolocalização da geometria do ficheiro original, além de apresentar dificuldades no manuseio do modelo 3D dentro do próprio software. Para resolver este problema, há uma solução muito mais operativa ofertada dentro do próprio *Unreal Engine*. O plugin *DataSmith* é altamente recomendado para o fluxo de dados geométricos de diferentes softwares, a instalação deste plugin permitiu a transmissão de dados do *3DSMAX* para o *Unreal* de maneira muito rápida e sem falhas, o que facilitou o processo de migração do modelo. Antes de exportar o modelo, foi necessário mapear toda a geometria no formato 200cm x 200cm para que a texturização não ficasse fora de escala, visto que a maioria dos materiais prontos possuem este tamanho, no próprio Unreal é possível ajustar o mapeamento da textura, mas este método só é utilizado caso haja necessidade de ser feito.

Como dito anteriormente, o modelo 3D foi exportado de forma faseada e importado da mesma maneira para o UE5. O modelo se apresenta dentro da interface sem textura, e deste modo, a opção escolhida para o processo de texturização, foi a biblioteca de materiais do próprio software, o *Bridge*. A biblioteca conta com uma infinidade de materiais e blocos prontos oferecidos pela própria plataforma, para carregar é necessário descarregar o material na interface Bridge e arrastar para dentro do conteúdo de materiais do UE5, em seguida basta carregá-lo na geometria selecionada.

Para se obter a iluminação necessária do ambiente, a interface oferece diferentes tipos de iluminação. Para a iluminação global do exterior, existe a opção *SunSky*, que é um aglomerado de opções que fornece a luz solar, esta que é possível determinar a posição do sol, nomeadamente à escolha das coordenadas geográficas, bem como o mês e o dia do ano, trazendo assim uma maior proximidade em relação a exposição solar desejada para o modelo tridimensional. A opção apresenta também a atmosfera do ambiente que inclui o céu e as nuvens, trazendo o realismo desejado. Na versão mais recente do *Unreal*, já é possível obter a iluminação por lumen, um grande detalhe que nas versões anteriores não tinham. O *lumen* é um tipo de iluminação global renderizada que não necessita de um mapa de reflexão local para se obter a reflexão correta dos materiais aplicados, além de oferecer corretamente a iluminação indireta, este processo facilita bastante o processo de texturização do modelo.

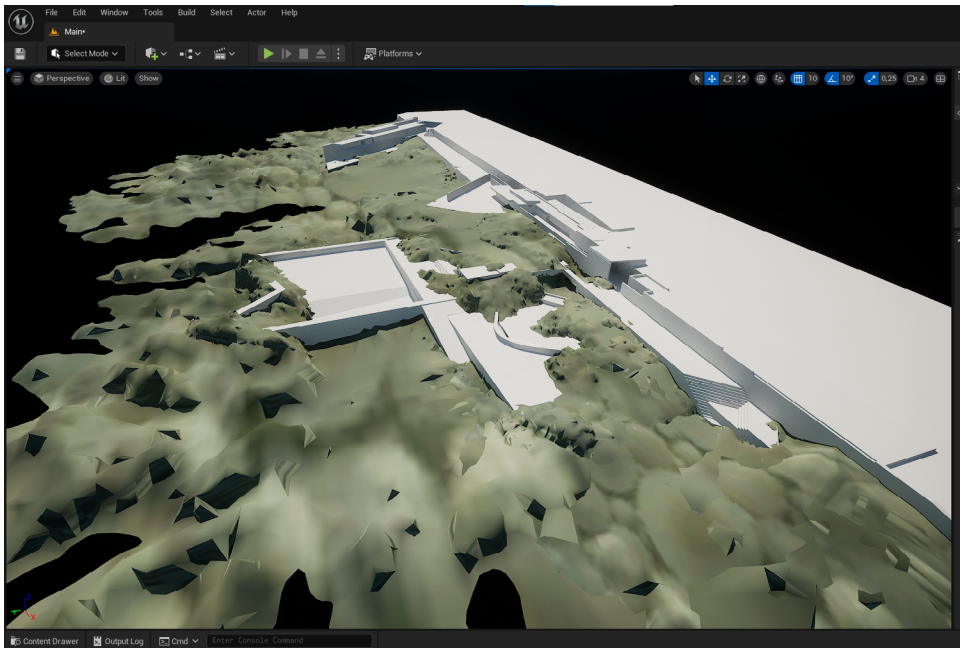

Imagem 94. Modelo importado para UE5 sem textura

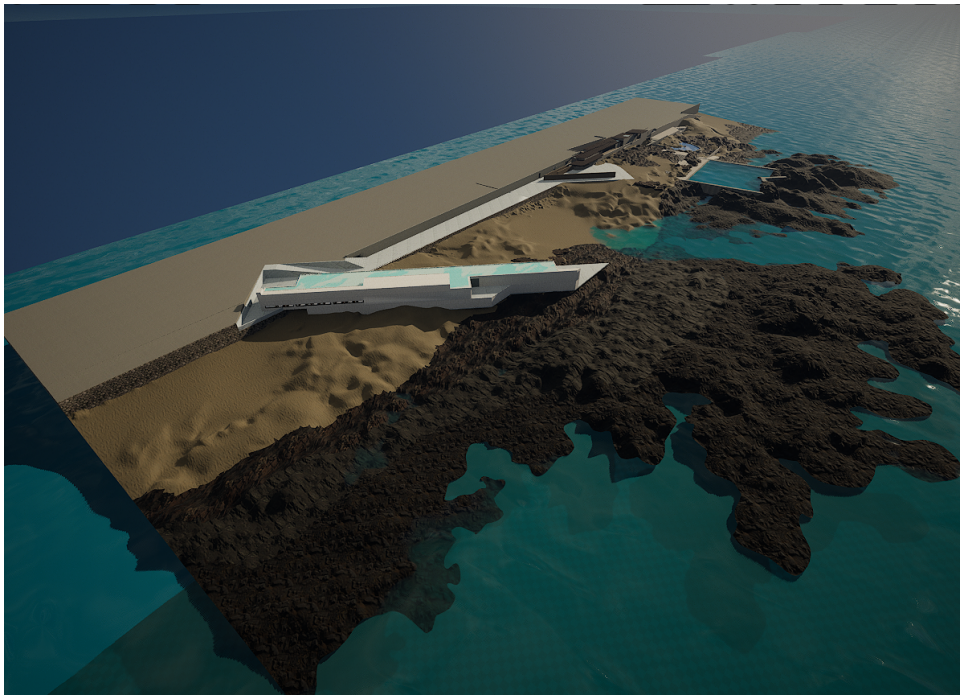

Imagem 95. Modelo importado para UE5 com textura

Para viabilizar a experiência em RV, foram utilizados os óculos *HTC VIVE* no DFL (Digital Fabrication Lab), que é um grupo de investigação do CEAU da FAUP. O computador utilizado no DFL também ofereceu um maior suporte, visto que possui as configurações ideais para a operação de todo o processo. A interface do Unreal já oferece templates pré-definidos para RV, bastando apenas deletar as geometrias que não serão utilizadas no modelo tridimensional e importar o modelo do projeto. O template já conta com as pré-definições básicas para um usuário iniciante em realidade virtual, que conta com programações em blueprint para a câmera do ator na cena, além de programações para interações com objetos simples, como agarrar e soltar objetos e interagir com o som ambiente do recinto.

Para definir o espaço que será percorrido por teletransporte pelo jogador, foi preciso utilizar a geometria do próprio programa e escondê-las dentro das lajes e pisos por onde será permitido o jogador se locomover. As geometrias importadas em *DataSmith* não possuem a informação e não estão configuradas para que o software identifique quais são as geometrias de colisão. Para além deste processo, é preciso cobrir a cena que será percorrida por uma definição chamada *NavMeshBoundsVolume*, este cubo será encarregue de calcular as colisões do ambiente e viabilizar o teletransporte através do *HMD*.

Para conectar o *HMD* ao *Unreal*, é necessário começar por instalar o setup dos óculos *HTC VIVE*. Vale lembrar que na versão mais recente 5.0, o Unreal já identifica automaticamente o *HMD* conectado, essa utilização passou a ser direta desde que a *Epic Games* aderiu o *OpenXR*, que nada mais é do que um padrão aberto de conexão a outros dispositivos sem a necessidade de programação prévia. Para utilizar os óculos no projeto *Unreal*, basta alterar a visualização por definição na interface para *VRPreview*, posicionar o jogador *PlayStart*, e em seguida carregar no play do projeto e a experiência imersiva já pode ser experimentada.

A experiência em RV apresentou-se com uma qualidade bastante satisfatória, principalmente nos requisitos referente a qualidade dos materiais aplicados e a iluminação exterior que coincide com as condições reais do lugar. As texturas aplicadas foram selecionadas com o intuito de se aproximar ao máximo da realidade já existente. Para o restaurante, tentou-se ao máximo a aproximação ao que foi desenhado pelo arquiteto Álvaro Siza. O método de texturização do modelo tridimensional foi apoiado pelas informações escritas em memória descritiva do restaurante que descreve as características dos materiais que seriam aplicados ao projeto.

Na questão espacial, a escala das geometrias mostrou-se também bastante satisfatória, a experiência foi eficaz em reproduzir sensações espaciais desejadas em conformidade com o que já existe. O corpo do restaurante também se apresentou dentro de uma escala espacial real, o que permitiu observar e analisar as relações espaciais definidas pelo arquiteto.

Podemos concluir que o método de visualização da arquitetura em RV, foi um método muito interessante em representar as características espaciais e materiaisdo projeto. Através da RV, foi possível obter respostas em relação aos materiais aplicados, iluminação natural e artificial, bem como a possibilidade de observar as relações visuais e de escala existentes no projeto desenhado por Álvaro Siza. O mesmo método da experiência em RV, pode ser perfeitamente explorado num processo de projeto, mostrando ser uma poderosa ferramenta que possibilita ao arquiteto definir nuances projetuais em diversas esferas, reproduzindo retornos sobre decisões projetuais em uma velocidade considerável.

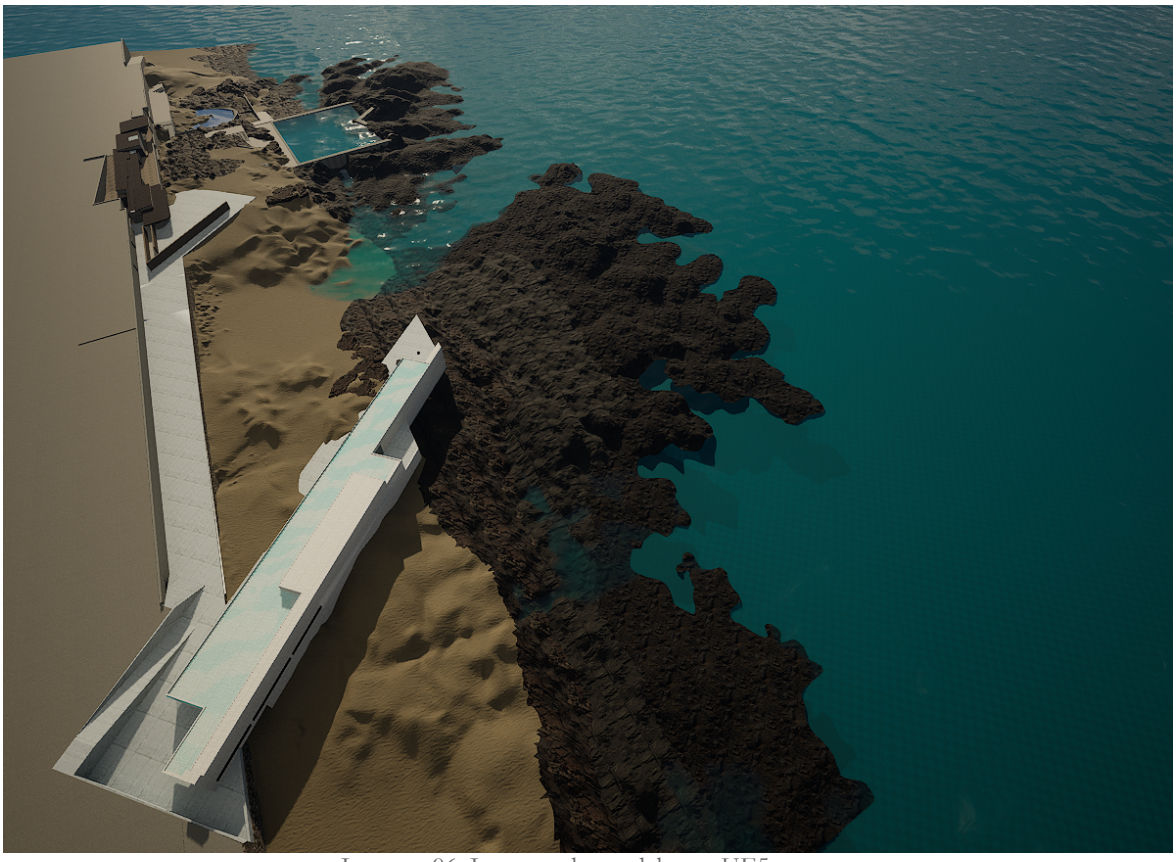

Imagem 96. Imagens do modelo em UE5

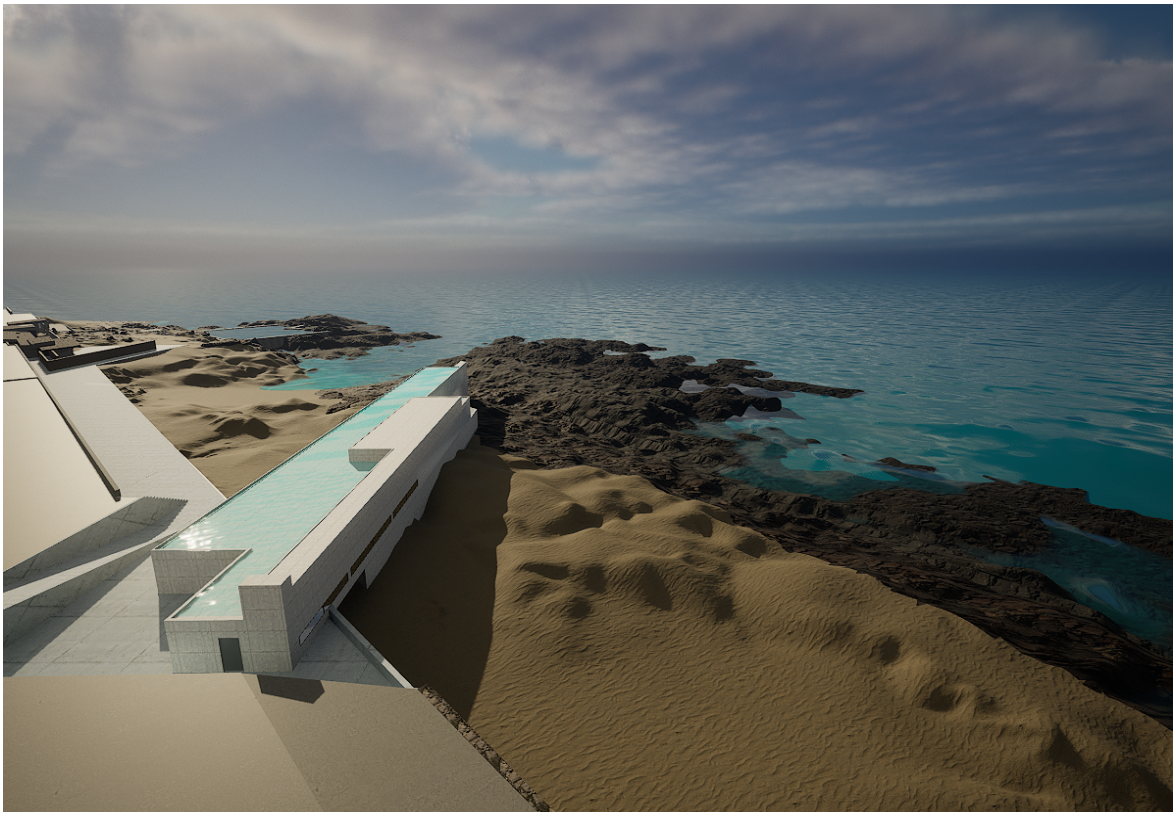

Imagem 97. Imagens do modelo em UE5

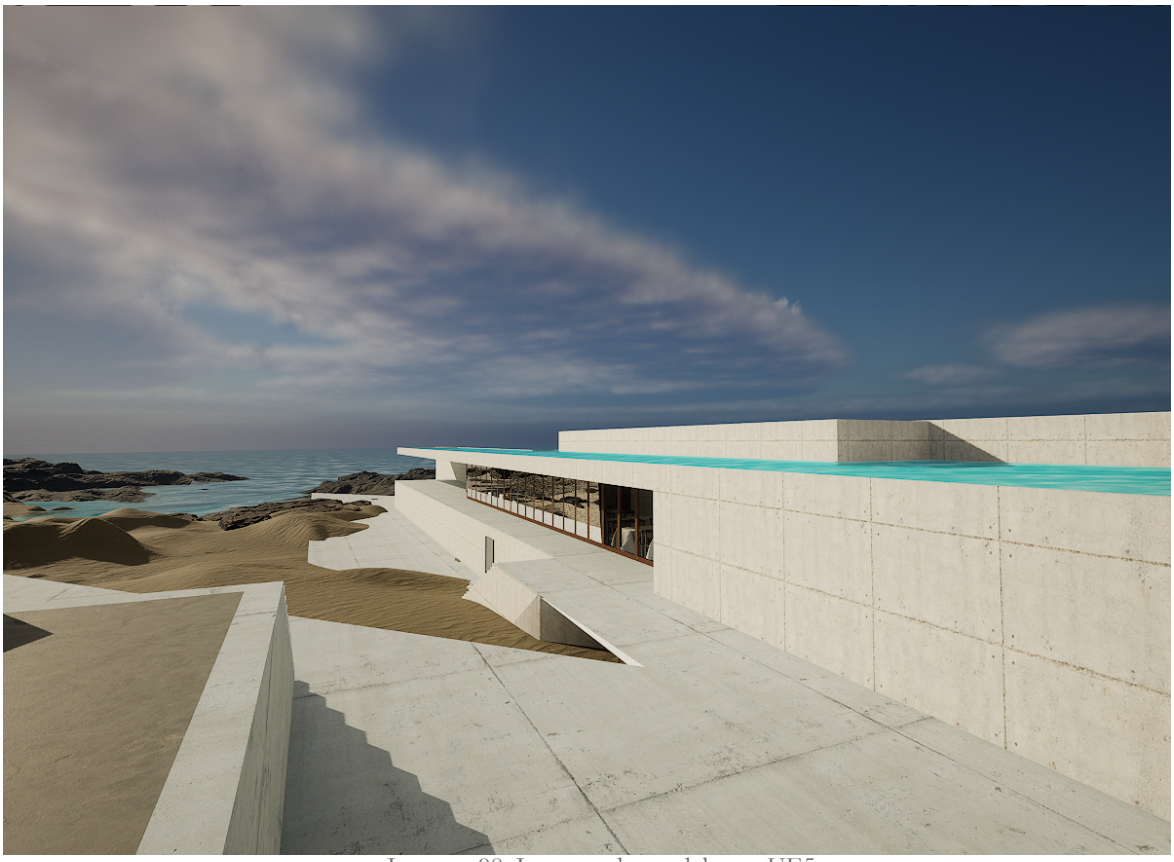

Imagem 98. Imagens do modelo em UE5



Imagem 99. Imagens do modelo em UE5

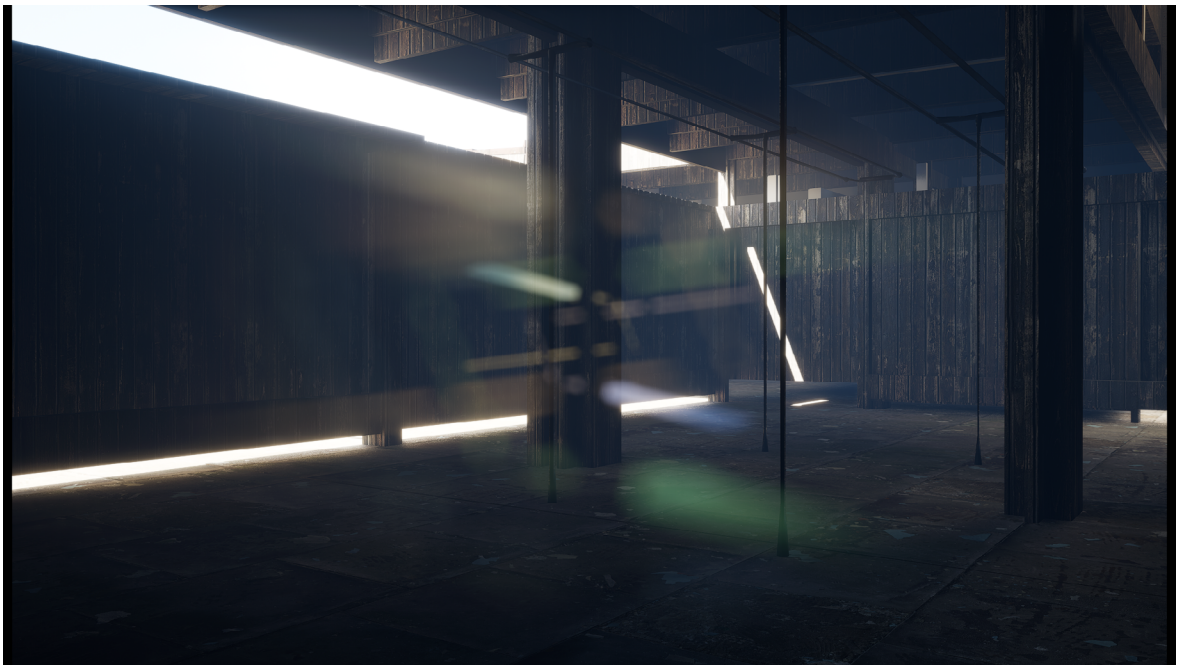

Imagem 100. Imagens do modelo em UE5



Imagem 101. Imagens do modelo em UE5

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPETIVAS EM ABERTO

Capítulo 5 – Considerações finais e perspetivas em aberto

Perante ao panorama contemporâneo marcado pela interferência das tecnologias digitais, acredito no real valor e o contributo das tecnologias imersivas, na sua capacidade de proporcionar ao campo disciplinar da arquitetura mecanismos eficazes de simulação espacial à escala como um todo. A presente dissertação é o resultado do interesse pessoal adquirido ao longo do percurso acadêmico que de certa forma, abriu portas para futuras pesquisas a nível pessoal no sentido de aprimorar ainda mais o conhecimento que foi adquirido até aqui. A RV será sem dúvida o próximo passo para interações sociais à medida que propiciará também, contributos no âmbito da arquitetura, proporcionando trabalhos cada vez mais direcionados e com uma velocidade de desenvolvimento eficaz.

No âmbito da minha formação como arquiteto, o presente trabalho deixa um legado de muitos aprendizados. Em um primeiro momento, surge a vontade pessoal de realizar uma dissertação ligada às ferramentas digitais no intuito de invocar a sua acessibilidade como poderosa ferramenta ao exercício de projeto. A busca pelo tema ligado à tecnologia, impulsionou-me de maneira orgânica a buscar caminhos que pudessem complementar e enriquecer além do presente trabalho, os conhecimentos adquiridos a nível pessoal. O estudo sobre a Piscina de Marés com certeza trouxe uma vertente aplicada ainda mais interessante ao trabalho, ao mesmo tempo que constitui um desafio acrescido ao tratar-se de uma das obras mais emblemáticas da arquitetura portuguesa, tão estudada por outros e classificada como Monumento Nacional.

A experiência da investigação sobre o objeto de estudo principal deste trabalho, o Restaurante da Piscina de Marés, obrigou-me a investigar todo o contexto do complexo balnear, no intuito de compreender com afinco a representatividade desta obra de múltiplas vidas. O processo investigativo possibilitou o acesso a documentos inéditos conservados no Arquivo da Câmara Municipal de Matosinhos, desde peças desenhadas e escritas. Por outro lado, a dissertação vem integrar e contribuir para o projeto "Keeping it Modern", financiado pela Fundação Getty, coordenado por Teresa Cunha Ferreira. Neste âmbito, foi também possível colaborar na produção das maquetes 3D apresentadas na exposição "Nenhum Sítio é Deserto. Álvaro Siza: Piscina de Marés (1960-2021)" realizado nas instalações da FAUP, possibilitando a interação entre grupos de investigação do CEAU, como o Grupo "Patrimônio da Arquitectura, da Cidade e do Território" e o "Laboratório de Fabricação Digital". Este trabalho proporcionou o contato direto com as informações que seriam relevantes, além de permitir a troca de informações com as pessoas envolvidas no projeto, o que enriqueceu ainda mais a investigação. Com a colaboração neste projeto, abriu-se a possibilidade de dar continuidade ao trabalho no âmbito do projeto FCT "Siza ATLAS: Colmatar lacunas no Patrimônio Mundial".

Assim, a experiência desejada para a RV deste trabalho, foi realizada em paralelo com o estudo investigativo sobre a Piscina de Marés. O fluxo de trabalho permitiu que a troca de dados e informações entre as duas vertentes de trabalho, fossem complementares entre si. Ao mesmo tempo que se explorava os recursos disponíveis sobre as piscinas, as informações recolhidas eram testadas através do recurso digital, como parte do processo evolutivo do trabalho que tenciona testar e simular as informações que eram obtidas. Este método de trabalho, muitas vezes sugerido pelos orientadores, mostrou ser um método eficaz para o seu andamento, que possibilitou que a evolução fosse constante. O modelo em RV será apresentado ao autor do projeto do restaurante, o arquiteto Álvaro Siza, em uma reunião já agendada para que ele possa acrescentar observações sobre o modelo em realidade virtual construído e comentar sobre a experiência de utilização desta tecnologia.

Podemos concluir que o tema desta dissertação levanta questões que são pertinentes sobre a utilidade das tecnologias emergentes de imersão. O processo de investigação sobre a RV, inclui

em demonstrar de que forma os principais escritórios de arquitetura, em contribuição com empresas desenvolvedoras de tecnologia virtual, estão aplicando a RV para dentro de um fluxo de trabalho que seja eficaz e que verdadeiramente possa agregar ao exercício de projeto do arquiteto contemporâneo. Acredito que esta dissertação abre sugestivas perspetivas a futuros trabalhos acadêmicos no sentido de evidenciar uma metodologia que possa auxiliar no desenvolvimento de outras pesquisas, de modo a agregar e possibilitar que outras vertentes da realidade virtual sejam mais exploradas e abordadas no seio acadêmico.

REFERÊNCIAS

Bibliográficas:

BAUDRILLARD, Jean. "Simulacra and simulation". University of Michigan, Michigan, 2006

CASTANHEIRA, Carlos. As cidades de Álvaro Siza. Figueirinhas, Lisboa, 2001.

CHALMERS, David. "Reality +: virtual worlds and the problems of philosophy". W. W. Norton, New York, 2022.

ELOY, Sara; KREUTZBERG, Anette; SYMEONIDOU, Ioanna. "Virtual Aesthetics in architecture: design in mixed realities". Routledge, New York, 2022

FRAMPTON, Kenneth. "Álvaro Siza: tute le opere, Kenneth Frampton" Electa, Milano, 2005

FOCILLON, Henri. "A vida nas formas, seguido de elogio na mão". Edições 70, Lisboa, 2016

GALLI, Mirko, "Virtual Terragni: CAAD in historical and critical research". Basel, Birkhäuser, 2000

GÄNSHIRT, Christian. "Piscina na praia de Leça de Palmeira: 1959-1973, Álvaro Siza", Blau, Lisboa, 2004

GROSZ, Elizabeth. "Architecture from the Outside: Essays on Virtual and Real Space". The MIT Press Cambridge, Cambridge, 2001

KEPCZYNSKA-WALCZAK, Anetta; BIALKOWSKI, Sebastian. "eCAADe 2018: Coputing for better tomorrow". Vol. 1 Lodz University od Technology, Lodz, 2018

KEPCZYNSKA-WALCZAK, Anetta; BIALKOWSKI, Sebastian. "eCAADe 2018: Coputing for better tomorrow". Vol. 2 Lodz University od Technology, Lodz, 2018

LEVY, Pierre. "Cibercultura, trad. de Carlos Irineu da Costa", Editora 34, São Paulo, 1997

MCCULLOUGH, Malcolm. "Abstracting Craft: The praticed digital hand". MIT Press, Massachusetts, 1998

MITCHELL, William. "The configured Eye: visual truth in the post-phographic era". Massachusetts, MIT Press, 2001

MITCHELL, William. "City of bits: Space, Place, and the Infobahn." MIT Press, Cambridge, 1996

MONEO, Rafael. “La vita degli edifici e altri scritti (coord. Andre Casiraghi e Daniele Vitale)”. Umberto Allemandi &C., Torino, 1999

OLIVEIRA, N. M. Levy, Pierre. “O que é o virtual”. Ed. 34, São Paulo, 1996

SALGADO, José. “Guia de arquitectura moderna Porto 1901/2001”. Civilização Editora, 2001

SEARA, Ilda; PREDREIRINHO, José Manuel. #Siza unbuilt#. Arteditores, Matosinhos, 2011.

SIZA, Álvaro. “01 Textos”. Civilização, Porto, 2019.

SIZA, Álvaro. “02 textos (coord. Carlos Campos Morais), Parceria A.M. Pereira, Lisboa, 2018

SIZA Álvaro. “Imaginar a evidência / Álvaro Siza; pref. Vittorio Gregotti”, Lisboa, Edições 70, 1998

SIZA, Álvaro. “ Swimming pool on the beach at Leça da Palmeira: 1959-1973 / Álvaro Siza: colab. Beatriz Madureira, Antonio Madureira”. Blau, Lisboa 2004

TOUSSAINT, Michel. “Piscina na praia de Leça: a pool on the beach, coord. Michel Toussaint, Maria Melo”, A+A books, Lisboa, 2016

TRIGUEIROS, Luiz. “Álvaro Siza: 1954-1976”, Blau, Lisboa, 1997

WHYTE, Jennifer. “Virtual Reality: and the built enviroment”. Oxford, Architectural Press, 2002

Websites e vídeos acedidos online:

BAILENSON, Jeremy. "Immersive Science Learning in Virtual Reality". Nov/2015
https://www.youtube.com/watch?v=GOYrC1hH6Ak
Acedido em 20/05/2022

Digital Futures Worlds. "David Chalmers, Reality+: Virtual Worlds and The Problems of Philosofy". Fev/2022.
https://www.youtube.com/watch?v=L-M8cYgmF8o&t=6177s.
Acedido em 12/05/2022.

Digital Futures Worlds. "Talk: Metaverse and Architecture". Ago/2022.
https://www.youtube.com/watch?v=M0BvVb9DvNg
Acedido em 28/08/2022

Doc Conference | TIFF 2016. "Documentary Meets Virtual Reality". Set/2016
https://www.youtube.com/watch?v=QIwizF62jRA
Acedido em 22/05/2022

FMG Fabbrica Marmi e Graniti. " The architects Series Ep. 5 - Documentary On: Ennead" Dez/2018
https://www.youtube.com/watch?v=KSlZM92HdLw
Acedido em 02/09/2022

KULIKOVSKA, Gunita. "The dawn of the virtual reality in architecture". Set/2016
https://www.youtube.com/watch?v=-KGPf_PM8gQ
Acedido em 02/06/2022

LAM, Tiffany. "How immersive technologies (AR/VR) will reform the human experience. TEDxQueendU". Abr/219
https://www.youtube.com/watch?v=Fi97-DAcGMk
Acedido em 06/06/2022

LEVY, Pierre. "IRAM Fabrique de I'nnovation". Jun/2016.
https://www.youtube.com/watch?v=HIY1jKjdGk4
Acedido em 20/05/2022

"Modelo Visionary x Ennead Architects". Mar/2017
https://www.youtube.com/watch?v=Qr3RnpZv7X4
Acedido em 02/09/2022

SYCHOV, Artur. "The future of an immersive Metaverse. TEDxUNYP". Nov/2021
https://www.youtube.com/watch?v=odbqlASYv9E
Acedido em 06/06/2022

UNStudio. "The architects Series Ep. 23 - A documentary on: UNStudio". Mai/2022
https://www.youtube.com/watch?v=DICIYUyfEDs
Acedido em 07/06/2022

ZHVR, Group. "ZHVR Group VR Showreel Zaha Hadid Evolution Exhibition". Jun/2018
https://www.youtube.com/watch?v=Ge9qMuM93E4
Acedido em 02/09/2022

Teses e dissertações:

CORREIA, Gabriel Castro (2018). "Realidade Virtual e Arquitetura". Dissertação; Prof. responsável José Pedro Sousa. Porto: FAUP.

PEREIRA, José (2014). "Arquitetura e jogo digital: intersecção e jogo de especificidade". Dissertação: Prof. responsável José Pedro Sousa. Porto: FAUP.

WAGSATFF, Mitchell (2012). "The Museum of me". Tese de Doutoramento; Prof. responsável Philippe Campays. Victoria University of Wellington, School of Architecture, Wellington.

CARDOSO. Miguel (2017). "Realidade Virtual: um contributo para a arquitetura". Dissertação de mestrado; Prof. responsável Pedro Filipe Quaresma. Universidade Lusófona de Humanidade e Tecnologias, Lisboa.

WIDESTROM, Josef (2020). "A seeing Place Connecting Physical and Virtual Spaces". Tese de Douturamento; Department of Computer Science and Engineering, Chalmers University of Technology, Gothenburg.

RUAS, Bruno (2013). "Projecto Digital: Modelo tridimensional em Arquitectura; Maquete Virtual da Vila Fuzeta". Dissertação de mestrado. Prof. responsável Maria Helena Rua; Tecnico de Lisboa, Lisboa

TEIXEIRA, Andreia (2013). "Retorno à obra: dois arquitetos, dois casos de estudo". Dissertação de mestrado; Prof. responsável Helder Casal Ribeiro. Porto: FAUP.

OLIVEIRA, Gonçalo (2018). "Do virtual, a experiência da simulação em arquitetura". Dissertação de mestrado. Prof. responsável Luís Viegas. Porto: FAUP

Fontes de imagens:

Imagem 1- https://www.engadget.com/2014-02-16-morton-heiligs-sensorama-simulator.html

Imagem 2- https://news.mit.edu/2009/whirlwind-0522

Imagem 3- https://projetoint20152.wixsite.com/integratudosinglepost/2015/09/26introdu%C3%A7%C3%A3o-a-ra

Imagem 4- https://veer.tv/blog/a-brief-history-of-vr/

Imagem5- https://www.nasa.gov/ames/spinoff/new_continent_of_ideas

Imagem6- https://www.virtual-reality-shop.co.uk/the-complete-history-of-vr-part-5/

Imagem 7- https://www.wikiwand.com/en/Virtual_Boy

Imagem 8- https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html

Imagem 9- https://www.ea.com/pt-br/games/simcity/simcity-builditImagem 10- https://theweek.com/speedreads/910804/travis-scotts-virtual-concert-biggest-fortnite-event-ever

Imagem 11- https://uploadvr.com/horizon-workrooms-beach-environment/

Imagem 12- https://techcrunch.com/2022/04/15/meta-developing-web-version-horizon-worlds/

Imagem 13- https://www1.grc.nasa.gov/facilities/gvis/gruve-lab/#lightbox-gallery-1-6

Imagem14- https://www1.grc.nasa.gov/facilities/gvis/gruve-lab/#lightbox-gallery-1-3

Imagem 15- https://www1.grc.nasa.gov/facilities/gvis/gruve-lab/

Imagem16- https://venturebeat.com/games/the-oculus-rift-may-bring-virtual-reality-to-gaming-but-can-it-hit-the-mass-market/

Imagem 17- https://www.golem.de/sonstiges/zustimmung/auswahl.html

Imagem 18- https://www.roadtovr.com/navigation/

Imagem 19- https://www.roadtovr.com/navigation/

Imagem 20- https://www.sadplaw.com/pokemon-go-harm-child/

Imagem 21- https://www.verzani.com.br/blog/realidade-aumentada/

Imagem 22- https://odatacolocation.com/blog/realidade-aumentada/

Imagem 23- https://insider.dn.pt/gadgets/hololens-2-da-microsoft-chega-a-portugal/25976/

Imagem 24- https://insider.dn.pt/gadgets/hololens-2-da-microsoft-chega-a-portugal/25976/

Imagem 25- https://www.zaha-hadid.com/2013/11/18/qatar-2022-supreme-committee-unveils-concept-design-for-al-wakrah-stadium/

Imagem 26- https://arquitecturaviva.com/works/al-janoub-stadium-in-al-wakrah

Imagem 27- https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/Basics/Projects/UETemplatesReference/

Imagem 28- https://www.cosasdearquitectos.com/2021/11/ventajas-de-unreal-engine-para-la-arquitectura/

Imagem 29- https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/desktop/winforms/get-started/create-app-visual-studio?view=netdesktop-6.0

Imagem 30- https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/ProgrammingAndScripting/ActorCommunication/InterfaceQuickStart/

Imagem 31- https://betterrevit.com/revit/generate-revit-topography-from-point-cloud-data/

Imagem 32- https://vrarch.online/portfolio/chapter-11/

Imagem 33- https://www.zaha-hadid.com/architecture/danjiang-bridge/

Imagem 34- https://www.zaha-hadid.com/architecture/danjiang-bridge/

Imagem 35- https://www.zhvrgroup.com/projects

Imagem 36- https://www.dezeen.com/2019/06/21/hyperform-squint-opera-big-unstudio-virtual-reality-design/

Imagem 37- https://www.dezeen.com/2019/06/21/hyperform-squint-opera-big-unstudio-virtual-reality-design/

Imagem 38- https://www.dezeen.com/2016/06/06/digital-model-virtual-reality-preview-big-bjarke-ingels-group-serpentine-gallery-pavilion-archilogic/

Imagem 39- https://www.youtube.com/watch?v=fxGQu2w5aUY&t=17s

Imagem 40- https://newatlas.com/architecture/ennead-astronomy-museum/

Imagem 41- https://www.ennead.com/work/shanghai-astronomy-museum

Imagem 42- https://www.ennead.com/work/shanghai-astronomy-museum

Imagem 43- https://www.archdaily.com/977882/how-is-the-use-of-virtual-reality-in-architecture-becoming-increasingly-more-significant

Imagem 44- https://www.archdaily.com.br/br/796349/as-piscinas-de-mares-de-leca-da-palmeira-de-alvaro-siza-vieira-completam-50-anos

Imagem 45- https://www.archdaily.com.br/br/796349/as-piscinas-de-mares-de-leca-da-palmeira-de-alvaro-siza-vieira-completam-50-anos

Imagem 46- https://www.cca.qc.ca/en/search/details/collection/object/503589

Imagem 47- https://archeyes.com/taliesin-west-in-arizona-frank-lloyd-wright/

Imagem 48- https://www.archdaily.com.br/br/796349/as-piscinas-de-mares-de-leca-da-palmeira-de-alvaro-siza-vieira-completam-50-anos

Imagem 49- https://www.archdaily.com.br/br/796349/as-piscinas-de-mares-de-leca-da-palmeira-de-alvaro-siza-vieira-completam-50-anos

Imagem 50- Fotografia do próprio autor

Imagem 51- Documento proveniente do Arquivo da Câmara de Matosinhos

Imagem 52- Documento proveniente do Arquivo da Câmara de Matosinhos

Imagem 53- https://www.cca.qc.ca/en/search/details/collection/object/503847

Imagem 54- Documento proveniente do Arquivo Álvaro Siza

Imagem 55- Documento proveniente do Arquivo Álvaro Siza

Imagem 56- Documento proveniente do Arquivo da Câmara de Matosinhos

Imagem 57- https://www.cca.qc.ca/en/search/details/collection/object/524589

Imagem 58- Documento proveniente do Arquivo da Câmara de Matosinhos

Imagem 59- Documento proveniente do Arquivo da Câmara de Matosinhos

Imagem 60- https://www.cca.qc.ca/en/search/details/collection/

Imagem 61- https://www.cca.qc.ca/en/search/details/collection/

Imagem 62- Documento proveniente do Arquivo Álvaro Siza

Imagem 63- Documento proveniente do Arquivo Álvaro Siza

Imagem 64- Documento proveniente do Arquivo Álvaro Siza

Imagem 65- Documento proveniente do Arquivo da Câmara de Matosinhos

Imagem 66- Documento proveniente do Arquivo da Câmara de Matosinhos

Imagem 67- Documento proveniente do Arquivo da Câmara de Matosinhos

Imagem 68- Documento proveniente do Arquivo Álvaro Siza

Imagem 69- Documento proveniente do Arquivo Álvaro Siza

Imagem 70- Imagem produzida pelo próprio autor

Imagem 71- Documento proveniente do Arquivo Álvaro Siza

Imagem 72- Documento proveniente do Arquivo Álvaro Siza

Imagem 73- Documento proveniente do Arquivo Álvaro Siza

Imagem 74- Imagem produzida pelo próprio autor

Imagem 75- Documento proveniente do Arquivo Álvaro Siza

Imagem 76- Fotografia do próprio autor

Imagem 77- Fotografia do próprio autor

Imagem 78- https://noticias.up.pt/memorias-da-piscina-de-mares-de-alvaro-siza-em-debate/

Imagem 79- Imagem produzida pelo próprio autor

Imagem 80- https://truescan3d.com/services/drone-services/

Imagem 81- Captura de ecrã do próprio autor

Imagem 82- Captura de ecrã do próprio autor

Imagem 83- Imagem produzida pelo próprio autor

Imagem 84- Documento proveniente do Arquivo Álvaro Siza

Imagem 85- Captura de ecrã do próprio autor

Imagem 86- https://www.cca.qc.ca/en/search/details/collection/

Imagem 87- Imagem produzida pelo próprio autor

Imagem 88- Fotografia do próprio autor

Imagem 89- Fotografia do próprio autor

Imagem 90- Imagem produzida pelo próprio autor

Imagem 91- Captura de ecrã do próprio autor

Imagem 92- Captura de ecrã do próprio autor

Imagem 92- Captura de ecrã do próprio autor

Imagem 93- Captura de ecrã do próprio autor

Imagem 94- Imagem produzida pelo próprio autor

Imagem 95- Imagem produzida pelo próprio autor

Imagem 96- Imagem produzida pelo próprio autor

Imagem 97- Imagem produzida pelo próprio autor

Imagem 98- Imagem produzida pelo próprio autor

Imagem 99- Imagem produzida pelo próprio autor

Imagem 100- Imagem produzida pelo próprio autor

Realidade Virtual e Arquitetura

A experimentação do não construído: ensaio sobre o Restaurante da Piscina de Marés (1965-1995) por Álvaro Siza

Porto, 2022