



REALIDADES

PROJETO FINAL DE ARQUITECTURA 2012-2013

MESTRADO INTEGRADO EM ARQUITETURA

Ana Margarida Vedor Moural

ORIENTADOR VERTENTE PROJETUAL

Paulo Tormenta Pinto – Prof. Auxiliar do ISCTE-IUL

ORIENTADOR VERTENTE TEÓRICA

Sara Eloy – Prof. Auxiliar do ISCTE-IUL





AGRADECIMENTOS

---

7

PREÂMBULO

---

9

VERTENTE PROJETUAL

---

13

VERTENTE TEÓRICA

---

127

REFERÊNCIAS

---

213



## Agradecimentos

Chegado o término deste ciclo, impõe-se que sejam aqui referidas algumas pessoas que, de diferentes formas, contribuíram para o sucesso deste percurso. Assim, quero agradecer:

Aos meus pais, Virgínia e Francisco, por, com todo o esforço, terem suportado estes anos;

À minha irmã, Cláudia, por ter (às vezes) servido de apoio e por (sempre) ter suportado com muita paciência os momentos de má disposição;

Ao Professor Paulo Tormenta Pinto e ao Professor José Luís Saldanha pelas conversas e pelo apoio na vertente projetual;

À Professora Sara Eloy pelo entusiasmo e interesse mostrados desde o início pelo tema da vertente teórica, pela assistência constante ao desenvolvimento do trabalho e, sobretudo, pelo envolvimento nos resultados práticos obtidos;

Ao Professor Miguel Sales Dias por ter disponibilizado todos os meios necessários à realização da parte prática da dissertação, assim como pela total disponibilidade mostrada na minha integração na equipa que já há algum tempo se encontra envolvida nesta investigação

À equipa da ADETTI-IUL e da *Microsoft* Portugal – Jorge d'Alpuim, David Jardim, Nelson Carvalho – que tanto ajudou no desenvolvimento da parte técnica, bem como ao Tiago Pedro pelo desenvolvimento do trabalho em paralelo e pelo constante confronto de ideias;

Ao meu grupo de trabalho da vertente projetual – Mariana Evangelista, Nádía Romão, Katherine Chong e Ana Carolina Gonçalves – por tanto ter contribuído para a evolução do trabalho através do debate constante;

Ao Vando Pereira pelo apoio incondicional, pela motivação constante, por todo o envolvimento e horas de dedicação para avanços tão significativos do *software* utilizado no âmbito da dissertação mas, sobretudo, pela contribuição para a abertura de novos horizontes na arquitetura.

Um muito obrigado a todos.





## Preâmbulo

Neste caderno produzido como síntese do trabalho realizado durante o ano letivo de 2012/2013 de conclusão do Mestrado Integrado em Arquitetura, apresentam-se os trabalhos e a respetiva investigação a eles associada desenvolvidos na vertente projetual e na vertente teórica da Unidade Curricular de Projeto Final de Arquitetura.

Numa fase inicial foi lançado um primeiro workshop de arranque do ano letivo que tinha como base a ideia de desenvolver uma narrativa em torno de uma marca resultante de um objeto imerso em tinta-da-china e usado como carimbo sobre uma folha de papel. Com base nessa marca obtida, desenvolveu-se um diálogo estabelecido entre três elementos distintos: a marca, um texto escolhido e um espaço criado. Com isto tentava-se, de forma um pouco mais desprendida da realidade e daquilo que, comumente, são os objetivos da arquitetura selecionar e criar três elementos que, de alguma forma se relacionassem entre eles através de um diálogo bastante íntimo.

Também no âmbito de um workshop, foi dada à turma a oportunidade de conhecer, pensar e projetar para uma realidade tão diferente daquela a que estamos habituados a ser confrontados no âmbito das diversas unidades curriculares de Projeto de Arquitetura, a Guiné-Bissau e, em particular, a cidade de Bafatá.

Um centro de estudos relacionado com a figura central de Amílcar Cabral e a sua importância para a evolução daquele território, foi o programa desenvolvido para uma cidade que já foi tão próxima da realidade portuguesa durante a época colonial e que, atualmente, quase passa despercebida. O centro, em tempos construído e dominado por portugueses, hoje quase funciona como uma zona secundária de uma cidade onde a periferia ganhou toda a importância para a vida do dia-a-dia da população.

A possibilidade de projetar para um local onde a cada fotografia descoberta, cada texto lido, cada cartografia analisada, revelava constantemente os seus pontos de interesse, abrindo caminho para o que pode ser a percepção de um espaço e de uma realidade que fisicamente desconhecida acabou por ficar tão próxima.

Acompanhando estes dois assuntos iniciais e tirando deles algum conhecimento para uma abordagem a um novo trabalho, o “Admirável Mundo Novo” de Aldous Huxley foi o mote dado para uma reflexão baseada na evolução da sociedade de uma maneira geral e, de uma forma mais aprofundada, associada à forma de viver a cidade de Lisboa.

Este tema torna-se então fundamental quando aplicado à reflexão acerca de uma zona tão importante na cidade e que, com o passar do tempo, parece ter-se tornado mais uma zona de passagem do que um espaço de permanência que a população lisboeta atravessa apressada durante o dia de trabalho - a colina das Amoreiras. Trata-se de um dos pontos de entrada em Lisboa, uma zona de receção àqueles que se deslocam, de automóvel, da periferia à cidade e que têm nas Amoreiras um dos principais pontos de articulação para a distribuição deste movimento diário desenfadado.

A colina das Amoreiras é atualmente identificável praticamente de qualquer ponto da cidade devido à sua altitude e localização geográfica mas, sobretudo, devido à imponência que, a partir do início da década de 80, o complexo comercial e habitacional das Amoreiras impôs à cidade. Trata-se de um gesto marcante e que, de forma bastante afirmativa, assinala um tempo de viragem naquela que passou de uma zona quase periférica da cidade, a uma das suas centralidades.

As Amoreiras começam então a tornar-se um importante business center urbano, uma zona que emerge sobretudo da vivên-

cia que a enorme quantidade de escritórios lá sediados lhe proporciona, trazendo uma enorme variedade de pessoas que, com os mais diversos propósitos, acabam por fazer desta uma das zonas mais movimentadas da cidade: nas principais vias o movimento torna-se quase caótico, no entanto, nas zonas de permanência cada vez existem menos interessados em por lá ficar.

É com base nestas premissas que é então lançado o desafio: a reflexão acerca de como será a sociedade dentro de duas décadas, como será o seu funcionamento e quais serão os seus interesses.

Com base nessa quantidade de pressupostos estabelecidos é então lançado o desafio de perceber de que forma a habitação poderá responder às necessidades dessa altura, tentando com isto perceber se a forma de habitar a colina das Amoreiras até ao momento, responde às necessidades que irão dominar nesse futuro tão próximo.

A necessidade de quase não interferir com a vida da cidade, que se pensa que seja cada vez mais frenética, durante o processo de criação de habitação que responda a esse estilo de vida que se prevê, faz com que se tenha sempre tido um pensamento baseado na construção não dependente do estaleiro de obras, uma construção que é feita em fábrica e que no local é apenas aplicada. Esta reflexão passa também por compreender de que forma e em que locais é possível aplicar este tipo de construção.

Sempre na tentativa de não intervir de forma abrupta na cidade mas sim de adaptá-la às novas necessidades, os novos elementos a introduzir tentam ser o menos invasivos possível, adaptando-se, por exemplo, a estruturas já existentes como é o caso da Vila Raul, uma vila operária localizada naquilo que hoje em dia é apenas uma zona de traseiras dos imponentes edifícios de escritórios que por ali abundam.

A uma escala mais aproximada, é então feita a abordagem a essa vila operária de forma a repensá-la, adaptando-a a esta forma de habitar de uma sociedade que apenas procurará aquilo que responda de forma precisa e célere às suas necessidades.

Os sistemas pré-fabricados são então utilizados nesta intervenção que tenta afastar-se o máximo possível do que são os elementos estruturais destas pequenas habitações. Através de um processo bastante rápido, é inserida no interior de cada habitação existente uma estrutura pré-fabricada baseada em painéis autoportante de madeira que, assentes em elementos metálicos, permitem uma alteração total das tipologias existentes enquanto, simultaneamente, tentam nunca interferir com a parte estrutural existente.

Em relação à vertente teórica de Projeto Final de Arquitetura e de forma a relacionar o tema dominante deste ano letivo e as ideologias que daí advêm para um futuro próximo com ideia de adaptar o existente às novas necessidades, a realidade virtual e as suas possibilidades surgem então como um assunto dominante no que respeita ao entendimento do existente e a uma maior aproximação daquilo que será o resultado final do trabalho do arquiteto quando intervém numa estrutura já existente.

A realidade virtual foi, no início deste percurso, apenas um assunto pelo qual havia algum interesse e que, com o decorrer da vertente projetual e da investigação com ele relacionada, se tornou numa ferramenta de trabalho e, sobretudo, num caminho com infinitas possibilidades de expansão que toca a arquitetura nas suas mais diversas questões.

Reconhecendo as inúmeras vantagens que a realidade virtual e, em específico, dos ambientes virtuais imersivos que podem trazer para um conhecimento mais aprofundado do existente, tenta-se agora aliar este conhecimento ao processo de projeto em arquitetura de forma a dotar o arquiteto de mais uma ferramenta de trabalho que irá complementar todas as outras já utilizadas – o esboço, o desenho rigoroso 2D, os modelos virtuais tridimensionais e as maquetas físicas.

Os ambientes virtuais imersivos apresentam a junção destas diferentes ferramentas, acrescentando-lhes a vantagem da experimentação do espaço à escala real e em tempo real. O espaço deixa de estar limitado às dimensões de um ecrã de computador e passa a ser adaptado à escala humana. O arquiteto deixa de ser um observador do espaço por ele criado e passa a ser um

interveniente do mesmo. Já não são apenas mostradas algumas perspetivas do modelo 3D do projeto mas sim dado todo o espaço ao utilizador para que o percorra da forma que entender, para que seja possível aceder a qualquer ponto do espaço criado.

À visualização são agora acrescentadas outras experiências sensoriais, a possibilidade de experimentar diferenças térmicas resultantes de diferentes materiais utilizados, assim como a acústica de um determinado espaço ou as condições atmosféricas da envolvente abrem um enorme leque de possibilidades que irão cada vez mais otimizar o trabalho do arquiteto e aproximá-lo de uma previsão mais próxima do que será o resultado final.

O envolvimento com estes meios de trabalho passaram de uma simples noção inicial das potencialidades desta área a uma envolvimento e dedicação a todo o trabalho que envolve o domínio destas ferramentas, como a constante motivação para a aproximação da realidade virtual à arquitetura de forma que a sua capacidade de resposta a estas questões seja cada vez mais precisa.

A realidade virtual tenta assim ser, não uma aproximação ao aspeto real mas uma ferramenta de trabalho que se adapta às questões que a arquitetura constantemente deixa no ar.

De seguida são apresentados de forma detalhada os trabalhos aqui descritos desenvolvimentos durante o ano nas duas vertentes, projetual e teórica, da Unidade Curricular de Projeto Final de Arquitetura.

Ana Margarida Moural  
Ana Carolina Gonçalves  
Katherine Chong  
Mariana Evangelista  
Nádia Romão

ORIENTADOR VERTENTE PROJETUAL

Paulo Tormenta Pinto – Prof. Auxiliar do ISCTE-IUL

---

# VERTENTE PROJETOAL

---

Admirável Mundo Novo

1

# MARCA, TEXTO E ESPAÇO

---

17

2

# BAFATÁ

---

27

centro de estudos Amílcar Cabral

3

# AMOREIRAS CENÁRIO '32

---

45

análise

# AMOREIRAS CENÁRIO '32

espaço público

4

57

# AMOREIRAS CENÁRIO '32

habitações

5

73

# ANEXOS

enunciados

6

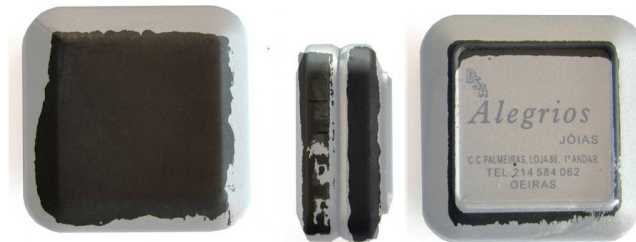
111





MARCA, TEXTO E ESPAÇO

1

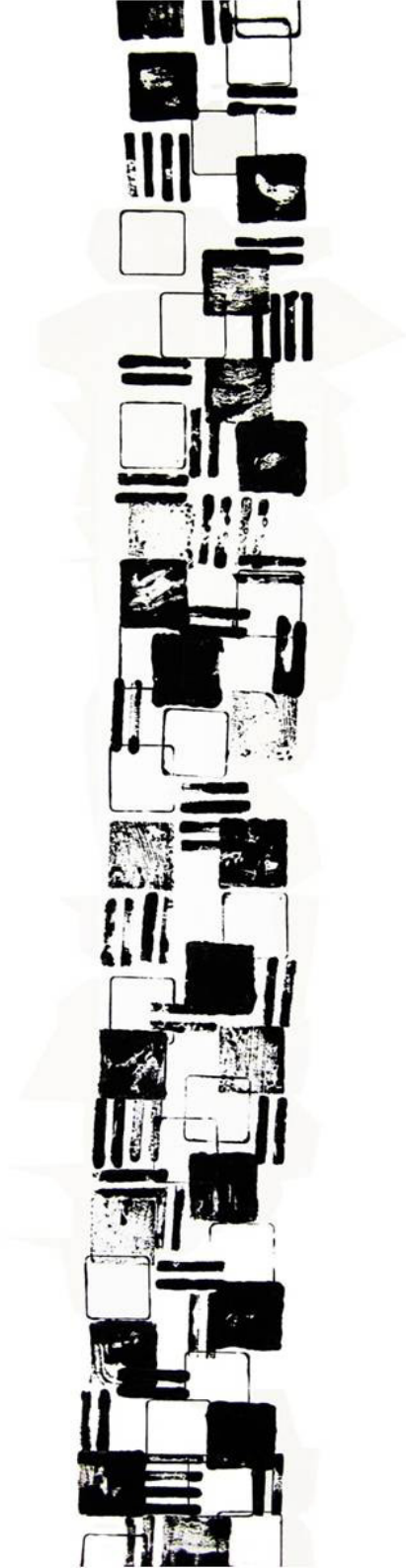


Este exercício tem como objetivo a concretização de um projeto de carácter abstrato. Desta forma seria necessária a escolha de um objeto de uso comum, o qual após ser embebido em tinta de china, pudesse criar uma marca gráfica. Após a criação da marca, ter-se-ia que escolher um excerto literário que pudesse ser ilustrado através da mesma. Assim seria possível converter a marca gráfica numa unidade espacial, em que essa espacialidade seria apresentada em forma de maqueta.

De entre vários objetos, o grupo selecionou como objeto a utilizar, uma caixa de joias. Esta escolha deveu-se ao facto de a caixa de joias oferecer diferentes marcas (três) consoante as suas faces. Em seguida foi criada uma composição gráfica, a qual foi obtida através da sobreposição e rotação das diferentes marcas que a caixa de joias oferecia. Foi assim possível criar uma marca gráfica, que nos permitisse visualizar diferentes espaços.

A partir desta marca realizou-se o negativo da imagem, o que recordava um espaço vertical, enterrado, no qual decorriam vários acontecimentos. Logo surgiu a analogia com o excerto literário de Lewis Carroll “Alice no País das Maravilhas” onde Alice entra na toca do coelho e cai num poço, aparentemente sem fundo, no qual consegue ver diversas coisas nas suas paredes laterais.

Desta forma a maqueta representa um espaço vertical, o qual é atravessado por espaços horizontais, que permite a existência de diferentes espaços dentro do volume principal. Estes volumes horizontais apresentam duas materialidades diferentes, uma opaca e uma translúcida, tal como a marca gráfica sugere. À semelhança com o texto de Lewis Carroll, em que por vezes a Alice é pequena e noutras é grande, o espaço representado pela maqueta torna possível diferentes sensações de escala. Dentro dos volumes horizontais a pessoa sente-se alta, e fora deles sente-se pequena.



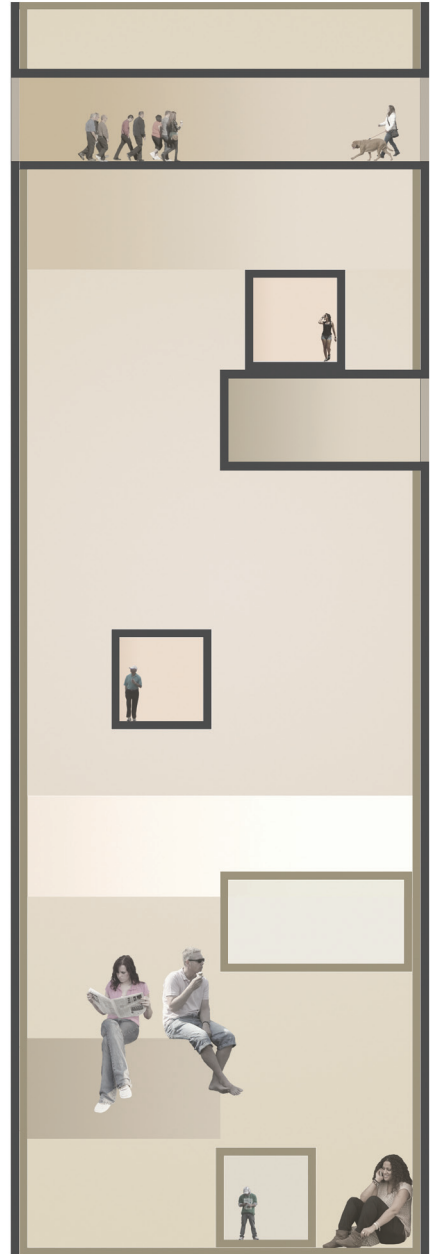
“No instante seguinte, Alice entrou na toca atrás dele, sem ao menos pensar em como é que iria sair dali depois. A toca do coelho, no começo, alongava-se como um túnel, mas de repente abria-se como um poço, tão de repente que Alice não teve um segundo sequer para pensar em parar, antes de se ver caindo no que parecia ser um buraco muito fundo.

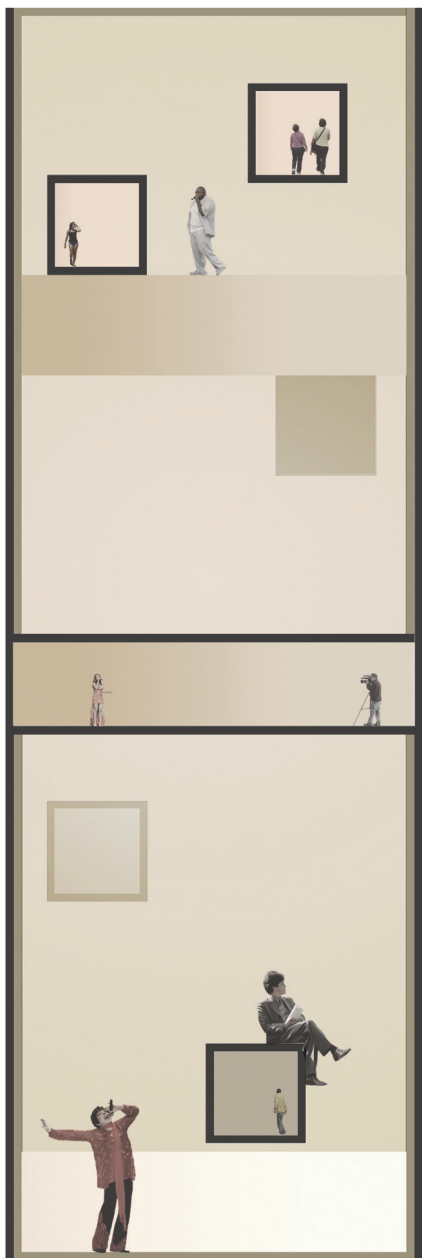
Ou o poço era profundo demais, ou ela caía muito devagar, pois teve tempo de sobra durante a queda para olhar em volta e perguntar-se o que iria acontecer em seguida. Primeiro, tentou olhar para baixo, para ver aonde estava indo, mas estava escuro demais para ver qualquer coisa: então, olhou para as paredes do poço e notou que estavam cheias de armários e prateleiras: aqui e ali viu mapas e quadros pendurados. Enquanto passava, pegou de uma das prateleiras um pote: tinha o rótulo “GELÉIA DE LARANJA”, mas para seu desapontamento estava vazio: não quis jogar fora o pote, com medo de acertar mortalmente alguém lá em baixo, então, esforçou-se por colocá-lo de volta em uma das prateleiras enquanto passava.

“Bom”, pensou Alice, “depois de um tombo desses, não vou achar nada demais cair de uma escada! Todos lá em casa vão pensar que fiquei muito corajosa! Não lhes vou contar nada, mesmo se cair do telhado!” (O que era bem possível que acontecesse.)

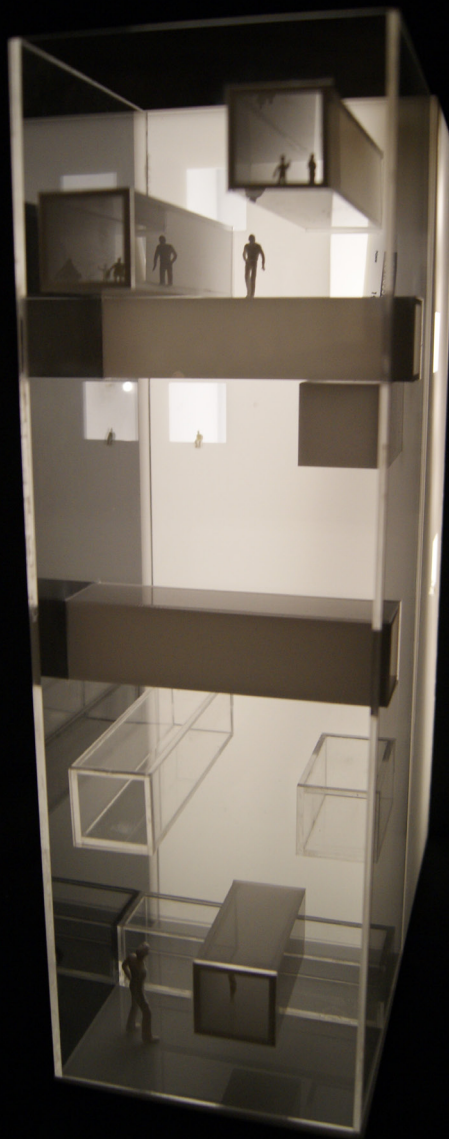
Caindo, caindo, caindo. Esta queda não acabaria nunca?”











Maquete conceptual





BAFATÁ

centro de estudos amilcar cabral

2

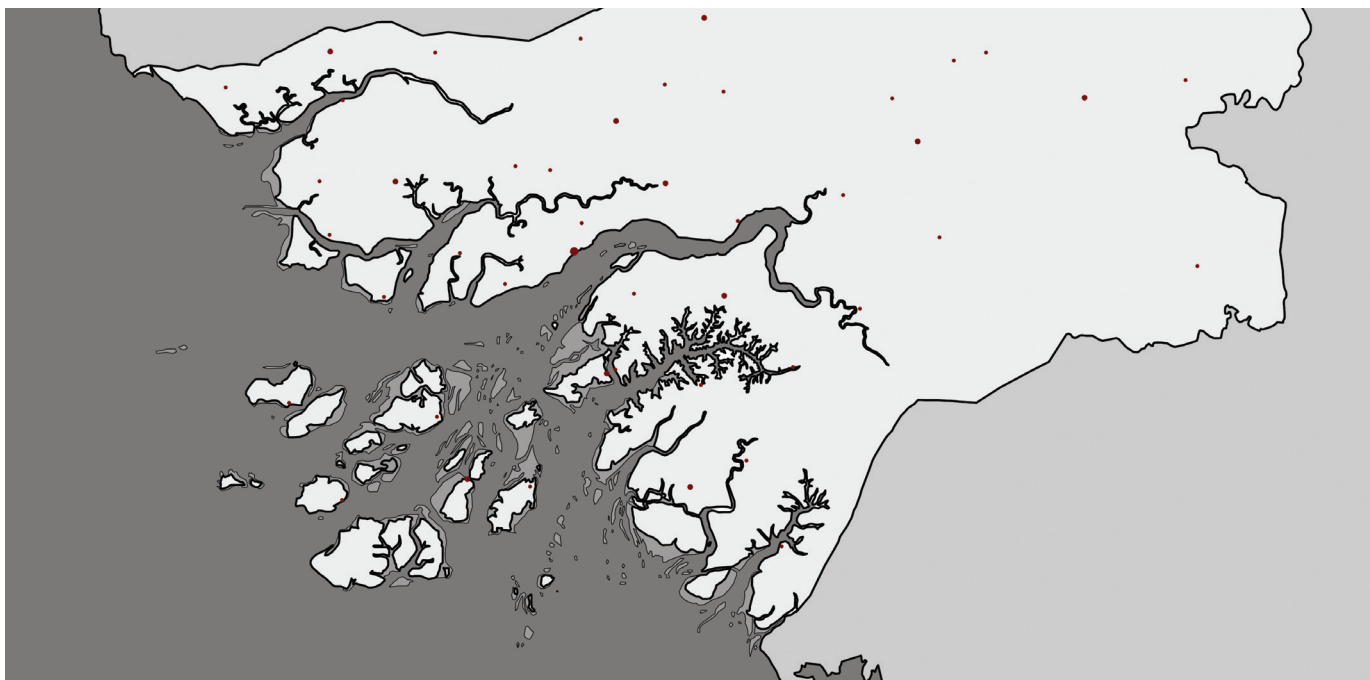
Amílcar Cabral nasceu a 12 de Setembro de 1924 em Bafatá, Guiné-Bissau. Filho de pai cabo-verdiano e de mãe guineense, aos oitos anos muda-se para Santa Catarina em Cabo Verde. Em 1945 ingressa no Instituto Superior de Agronomia em Lisboa e em 1950, após se formar, trabalhou por dois anos na estação agrónoma de Santarém.

Em 1953 é contratado pelo Ministério do Ultramar, para a secção dos Serviços agrícolas e florestais da Guiné, voltando por isso ao país de nascimento. Durante o ano seguinte viaja por todo o território guineense e toma conhecimento da realidade social vigente. Devido às suas atividades políticas é obrigado a imigrar para Angola onde se alia ao MPLA (Movimento Popular de Libertação de Angola).

Em 1959, juntamente com Aristides Pereira, o seu irmão Luís Cabral, Fernando Fortes, Júlio de Almeida e Elisée Turpin, funda clandestinamente o PAIGC (Partido Africano para a Independência da Guiné e Cabo Verde). Quatro anos mais tarde o PAIGC deixa a clandestinidade e funda a sua delegação na cidade de Conacri (República da Guiné). Em 1963 iniciam a sua luta para a libertação da Guiné-Bissau e em 1973, Amílcar Cabral é assassinado por companheiros de partido. O próprio Amílcar Cabral enfatizou o seu fim proclamando “se alguém me há-de fazer mal, é quem está aqui entre nós. Ninguém mais pode estragar o PAIGC, só nós próprios”. Aristides Pereira sucede-lhe na chefia do partido e após a sua morte a luta armada intensifica-se. Após a declaração da independência de Guiné-Bissau, o seu irmão Luís Cabral torna-se no primeiro presidente do país.

Amílcar Cabral é considerado um dos políticos africanos de maior renome internacional.





Localização da cidade de Bafatá na Guiné-Bissau



Piscina



Escola



Mercado



Casa do Governador



Igreja



Hospital

piscina

mercado

casa do Governador

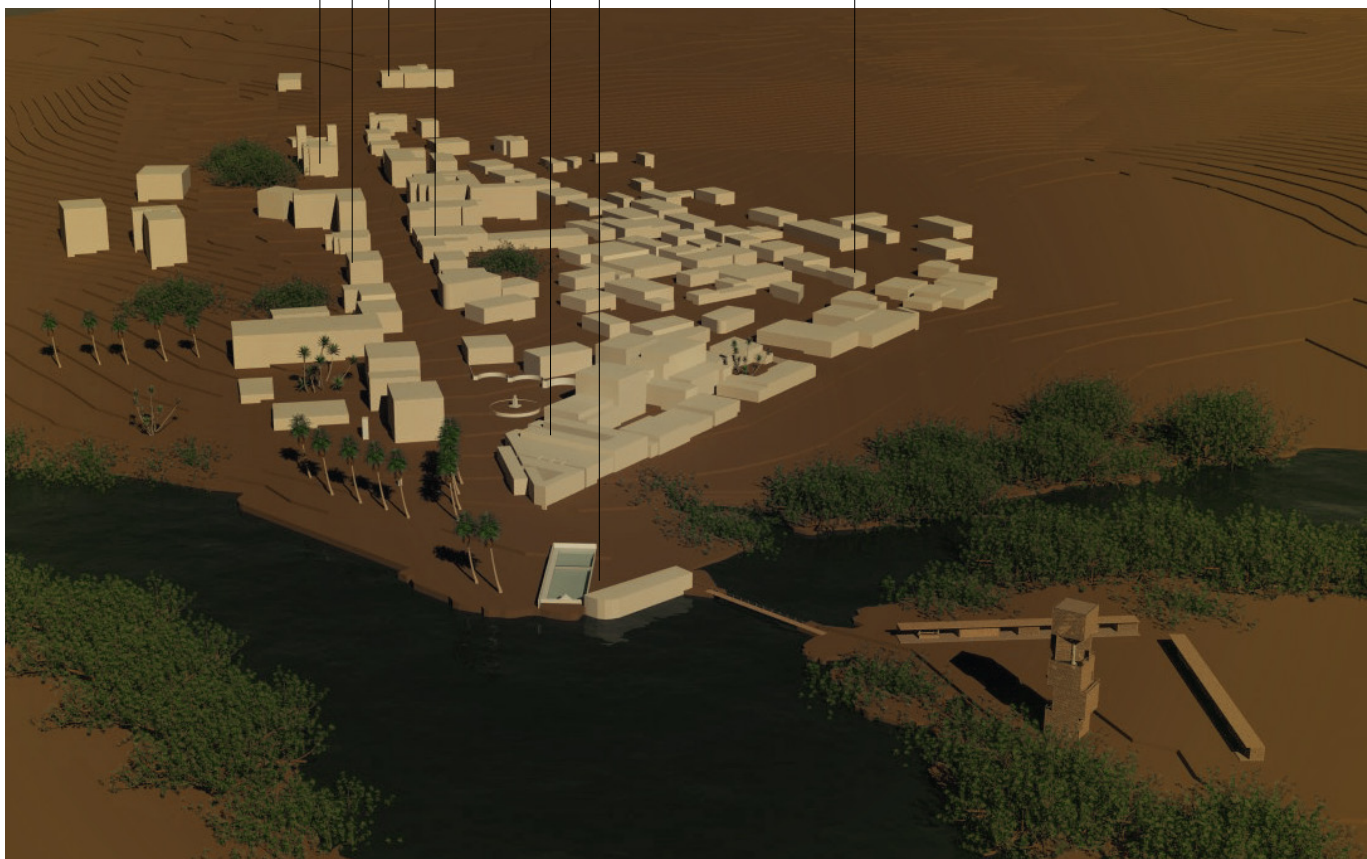
hospital

escola

igreja



casa de Amílcar Cabral



Pontos de maior interesse na cidade de Bafatá





Vista do hospital



Pombal



Marco da presença portuguesa na Guiné



Busto de Amílcar Cabral



Centro de estudos Amílcar Cabral (proposta)

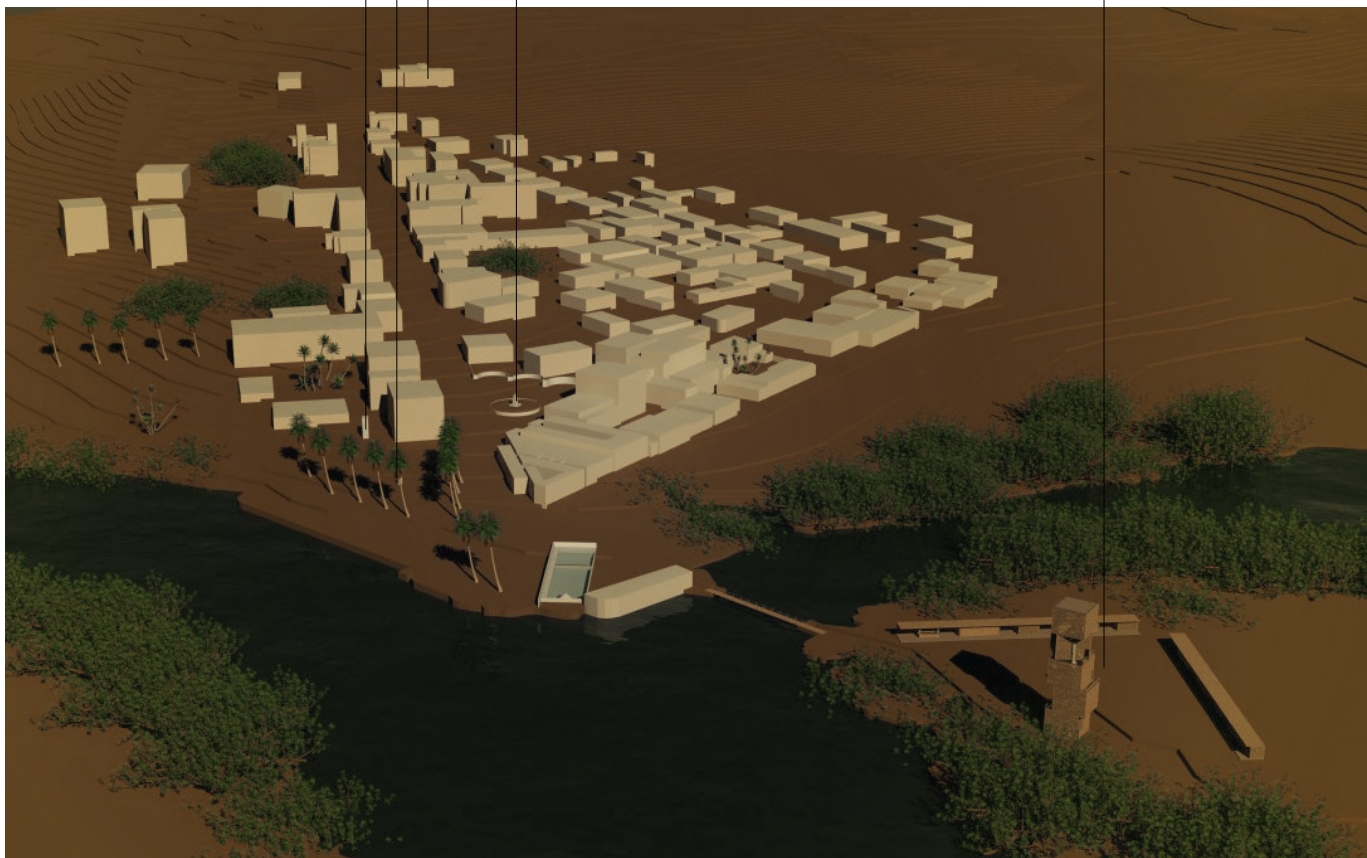
centro de estudos Amilcar Cabral (proposta)

busto de Amilcar Cabral

hospital

marco da presença portuguesa na Guiné

pombal



Pontos altos na cidade de Bafatá

Os lugares são únicos pela sua cultura e passado, sendo que uma tentativa de imitação de uma arquitetura local, que parecesse ter sempre pertencido ao lugar não seria adequado. Tem que se ultrapassar os estereótipos de quando se pensa num determinado lugar, superar os clichés, tornando a arquitetura num objeto icónico, que vá em direção ao futuro, porém que se adequa ao local onde está inserida.

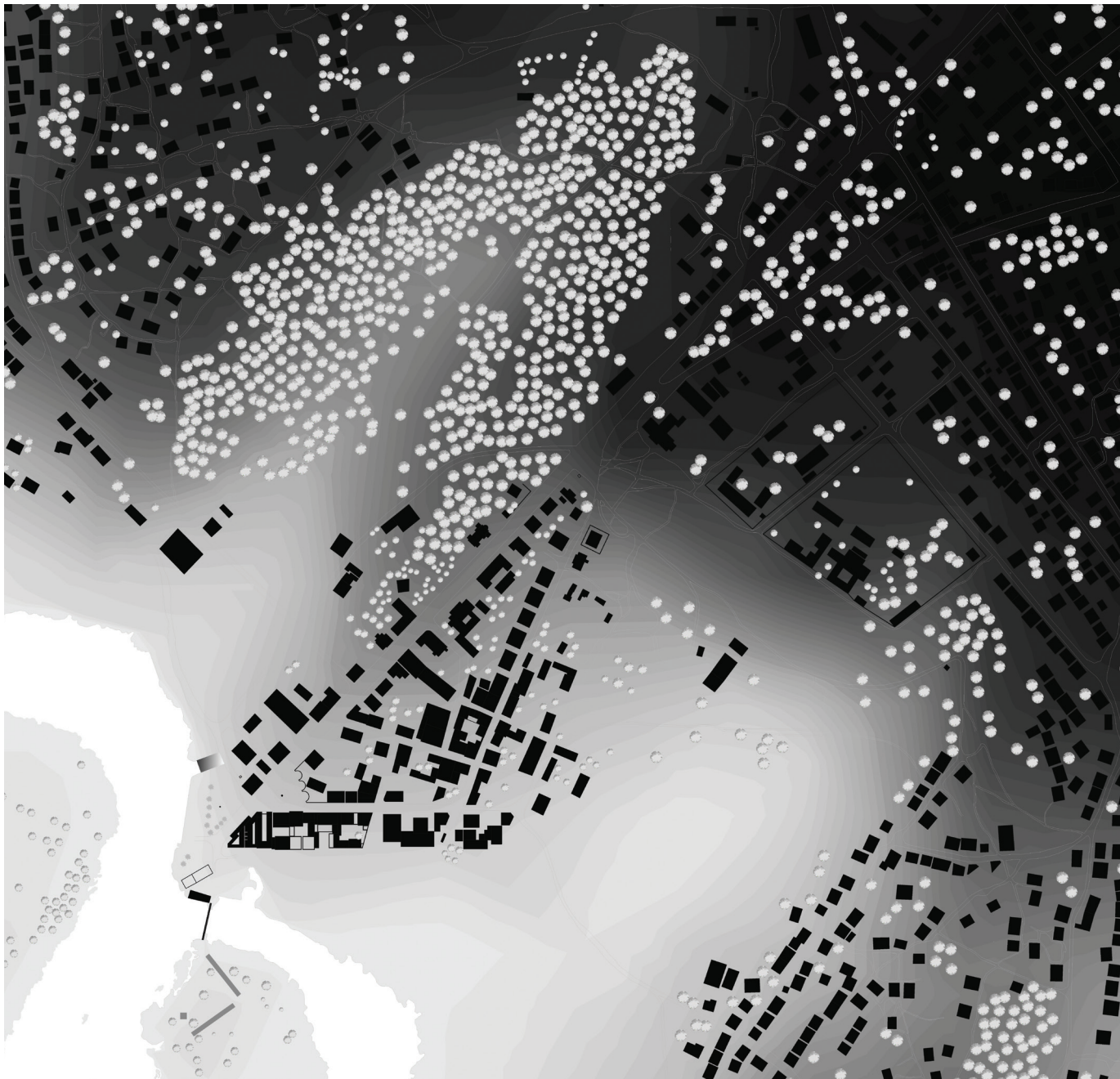
Assim, o centro Amílcar Cabral localiza-se na outra margem do rio, num local sem construção, onde não interfere com o existente e de onde pode contemplar a cidade. Devido à sua localização, foi necessário a criação de uma ponte que interligasse as duas margens, à qual se seguem dois passadiços que direcionam os visitantes para uma torre (miradouro) porém sem nunca lá chegar. Estes são plataformas de contemplação à mesma os quais contém também todo o programa do centro interpretativo.

A torre estabelece assim uma relação de escala com a cidade, sendo visível a partir da mesma, ao mesmo tempo que a observa. Esta é composta por cinco volumes, todos idênticos nas suas dimensões. Os volumes da torre encontram-se desalinhados, permitindo assim definir zonas de entrada e varandas, de onde é possível ter breves vistas sobre a cidade. Este desalinhar apenas ocorre num determinado eixo, criando a ilusão, de que é alinhada a partir de determinados ângulos, excepto o penúltimo volume. Este é o único em que a sua rotação é totalmente diferente, visto ser um miradouro de onde se pode contemplar toda a cidade de Bafatá. A posição dos passadiços e a sua relação com a torre conformam ainda um auditório ao ar livre.

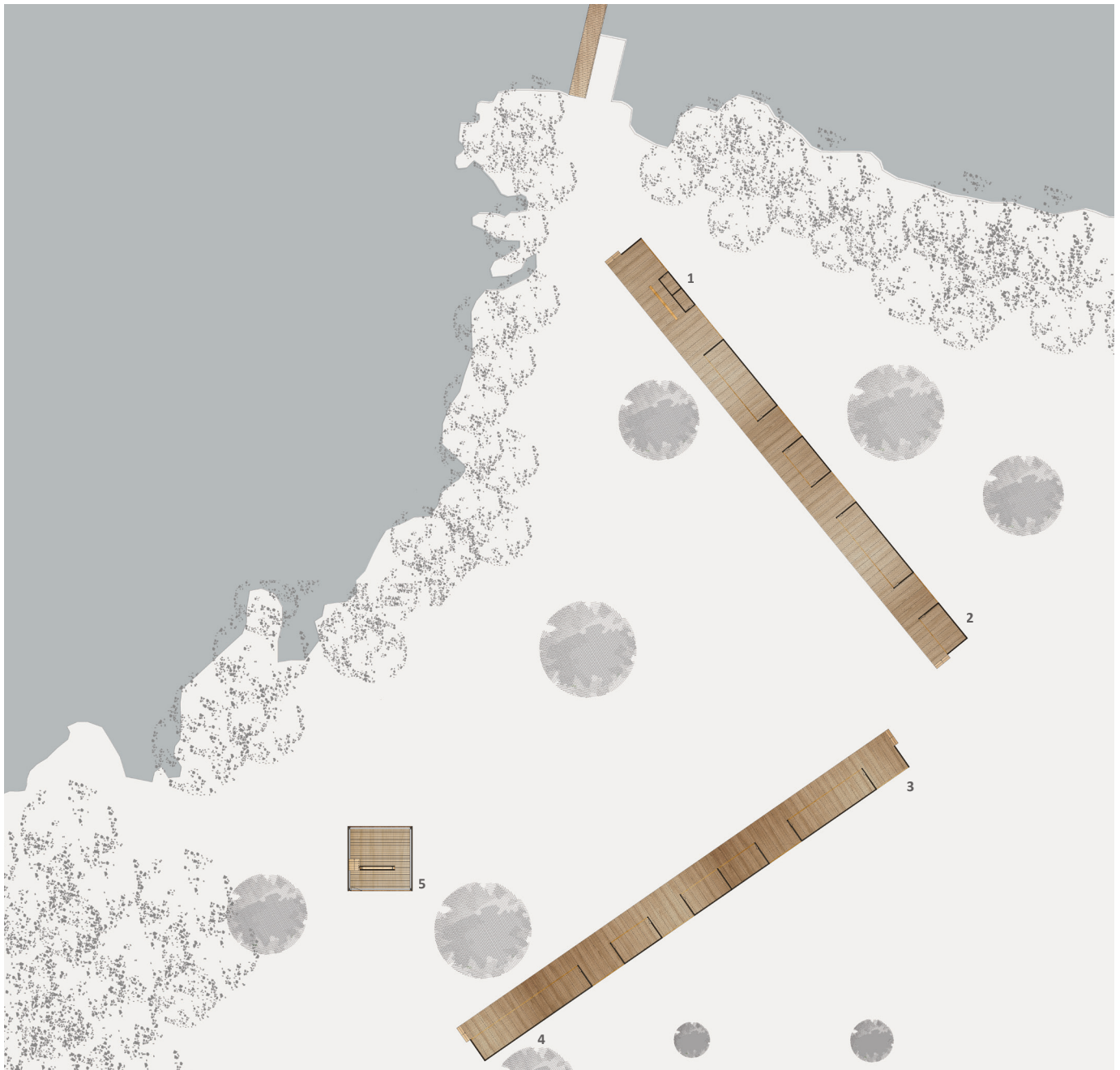
Tanto os passadiços como a torre são construídos em ripado de madeira, por ser um material abundante na zona, e que não implicaria demasiados custos de transporte. Com esta estrutura em ripado é nos possível ter ventilação no edifício, ao mesmo tempo que deixa passar a luz.



Secção - cidade de Bafatá - do hospital ao centro de estudos Amílcar Cabral



Localização do centro de estudos Amílcar Cabral



**Planta - centro de estudos e piso 0 da torre**

1 - loja; 2 - centro de estudos e pesquisa; 3 - centro de formação; 4 - arquivo e centro de documentação; 5 - acesso ao miradouro



Cortes longitudinal e transversal do centro de estudos

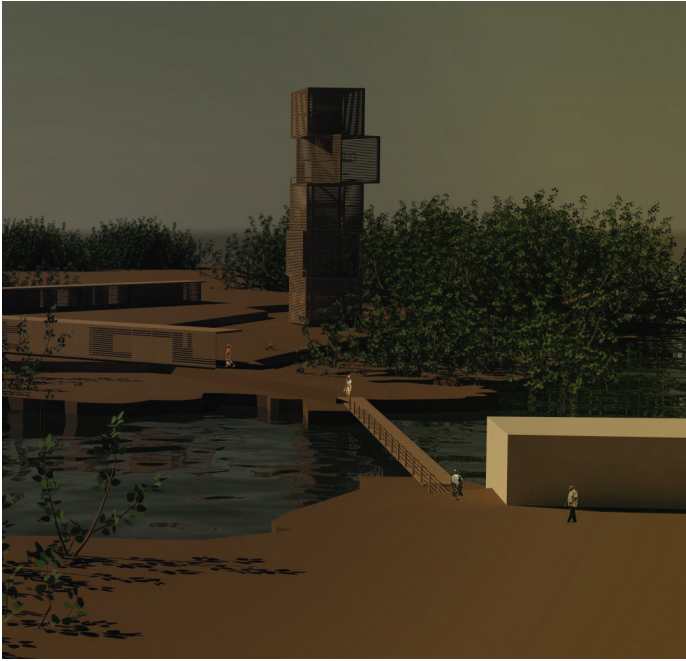


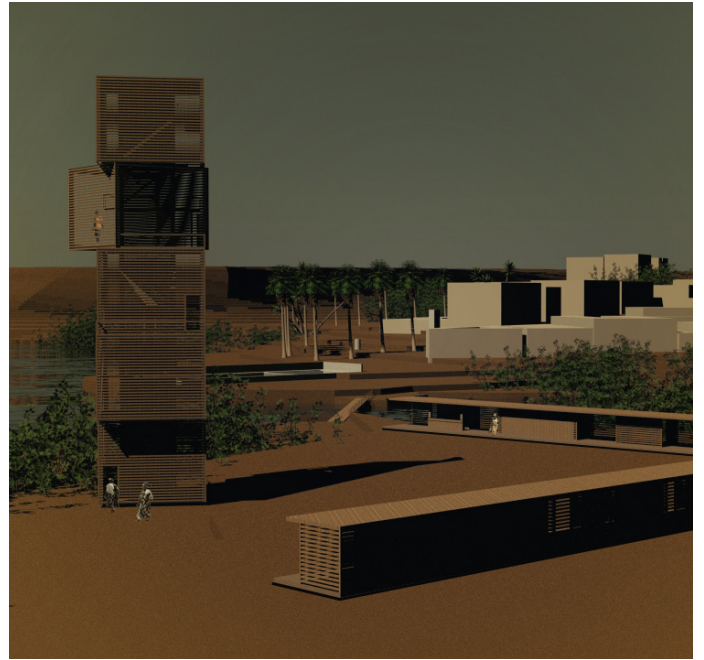
Secção - torre

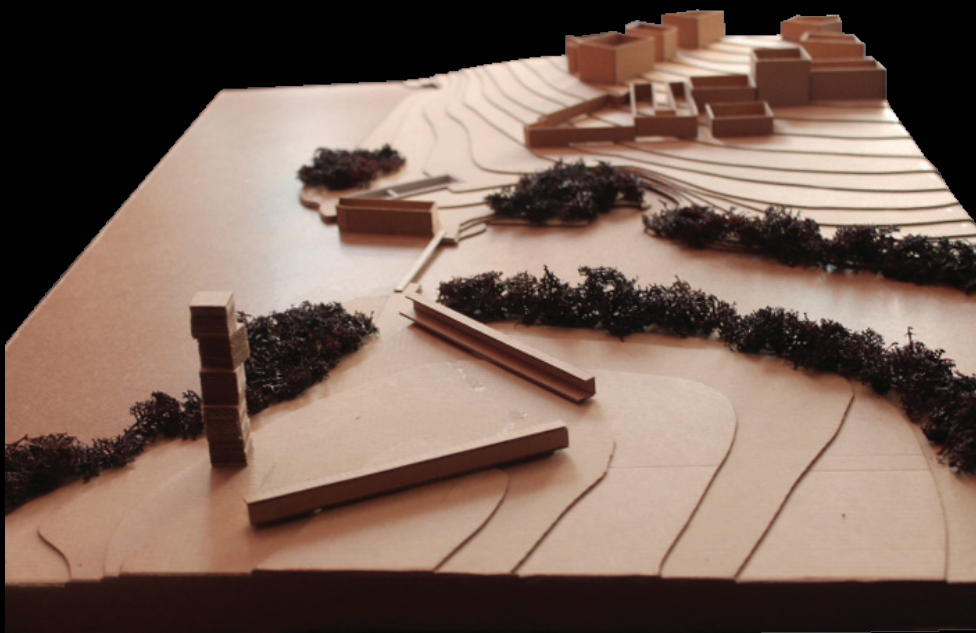


Alçado - torre









Maquete - escala 1:400





# AMOREIRAS CENÁRIO '32

análise

3



Planta geral da cidade de Lisboa - principais vias e zona de intervenção

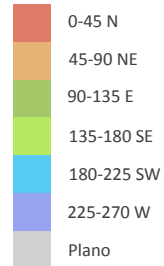
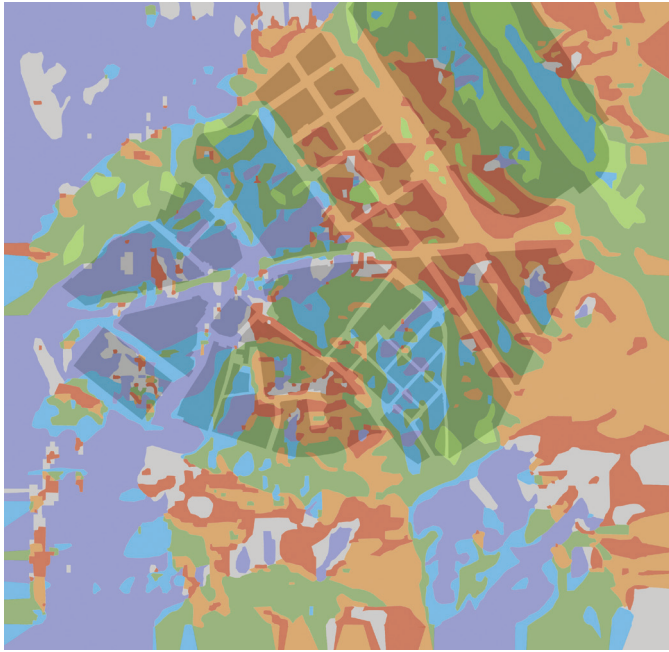


120 metros

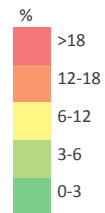
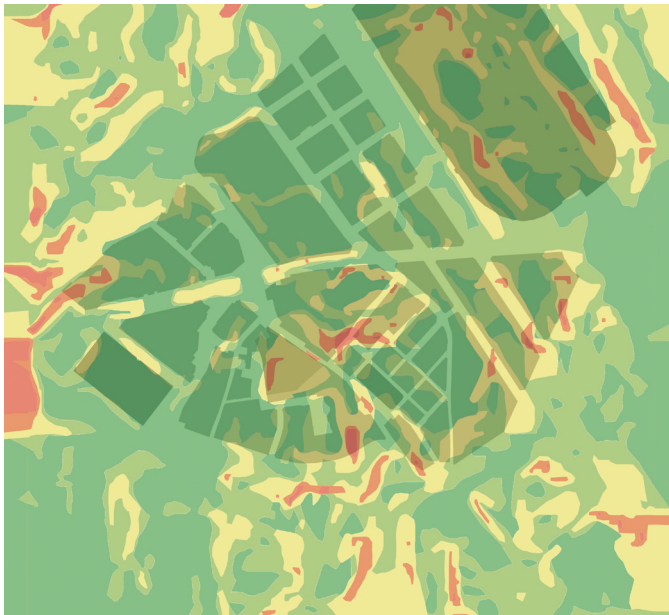
45 metros

Hipsometria





**Carta de exposição solar**



**Carta de declives**

- Carbonatados
- Basálticos
- Calcareníicos

**Carta de tipos de solo**



- Alta
- Média a baixa
- Baixa

**Carta de permeabilidades**



## O Aqueduto das Águas Livres

O Aqueduto das Águas Livres, inspirado na construção romana, foi construído por ordem do rei D. João V, em 1731, pelo arquiteto português Manuel da Maia. O aqueduto é um sistema complexo de captação e distribuição de água para a cidade de Lisboa. Tendo quase 60 km de comprimento, capta a água das nascentes na zona de Sintra e encaminha-as até Lisboa para a mãe de água, onde a água é depois armazenada num tanque e segue até aos diversos chafarizes e fontes de Lisboa.

O aqueduto tem uma grande presença na paisagem urbana de Lisboa, o seu troço mais monumental situa-se sobre o vale de Alcântara, que antigamente servia como ponte para atravessamento pedonal do vale. Este troço possui 35 arcos, sendo 14 deles em ogiva e os restantes de volta inteira. É neste troço que se situa o maior arco em alvenaria do mundo, estando este sobre a Av. Calouste Gulbenkian.

A mãe de água, projeto de Carlos Mardel, arquiteto húngaro, foi iniciada em 1746, porém devido ao sismo de 1755 sofreu atrasos e apenas foi concluída em 1834. A mãe de água tem uma capacidade para 5.500.000 litros de água porém atualmente é utilizada para atividades culturais como espetáculos de música, dança e teatro. Sobre o seu terraço é possível ter uma vista panorâmica sobre a cidade.

O arco das Amoreiras, também da autoria do arquiteto Carlos Mardel, foi concluído em 1748, como comemoração da conclusão do aqueduto e a chegada de água a Lisboa.

Com o aumento da população surgiu a necessidade de se criar novos reservatórios de água, surgindo assim os três reservatórios existentes na zona das Amoreiras.

Disponível em: <http://www.servicoaguaslivres.com/> [05 10 2013]



**Evolução aqueduto 1856 (sobre planta de Filipe Folque)**



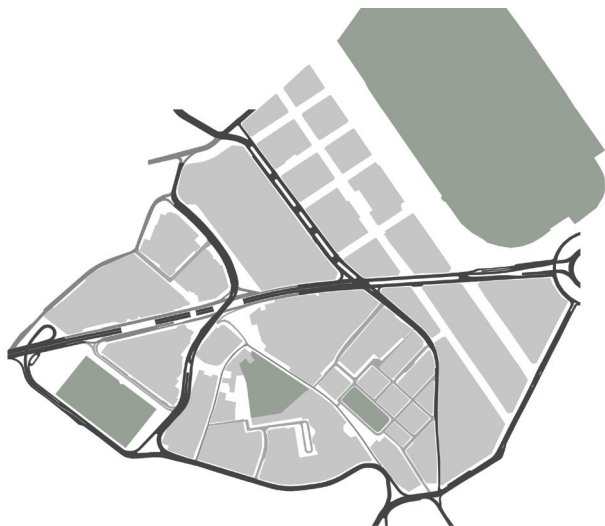
**Evolução Aqueduto 1910 (sobre planta de Silva Pinto)**



**Evolução aqueduto 1877-79 (sobre planta de Goullard)**

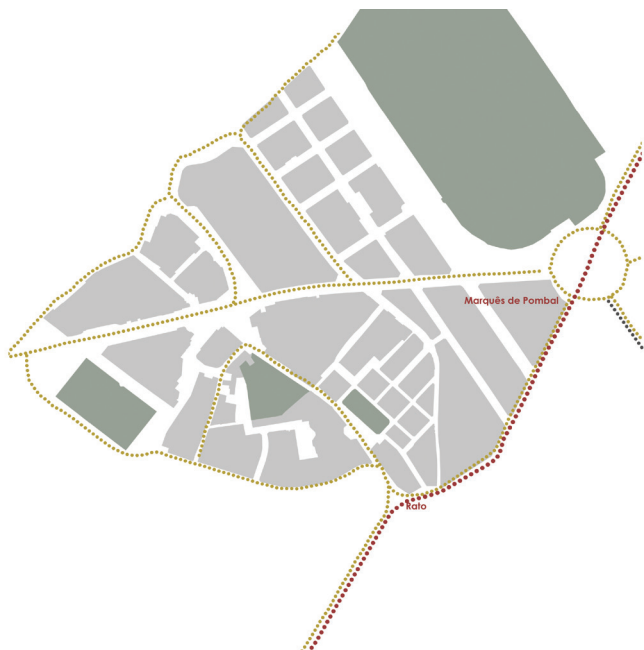


**Evolução Aqueduto 2012**



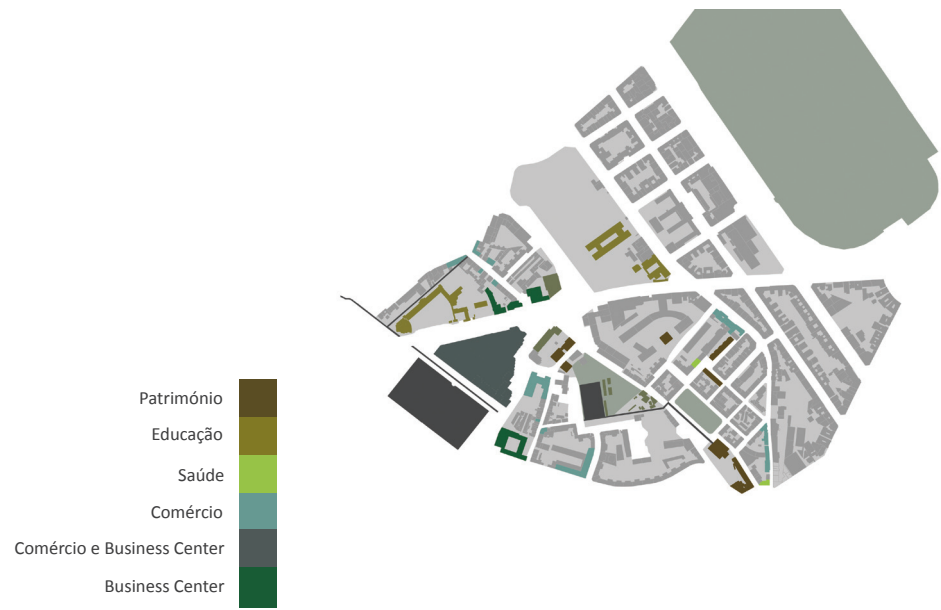
- Intenso
- Intermédio
- Baixo

**Análise fluxo de tráfego**



- • • Ciclovía
- • • Rede Metro
- • • Rede autocarros

**Rede de transportes existente**



**Análise dos usos do edificado**



**Mapa de pontos de iluminação pública**

## Cenário '32

### A imagem de uma sociedade

O presente memorando pretende ser uma visão geral de grupo sobre a sociedade num período de duas décadas, o funcionamento da cidade e mais concretamente da zona das Amoreiras. Trata-se de uma visão talvez até um pouco utópica, mas que tenta abrir horizontes para a vertente projetual tanto de grupo como individual.

Não pensamos ser possível abordar um sistema de futuro, sem abordar o sistema presente, pois somos o futuro do passado e iremos ser o passado do futuro que se avizinha. A sociedade futura vai surgir daquela em que vivemos hoje em dia e sobre a qual construímos as nossas vidas. É impossível referir um novo perfil social, sem antes referir a atual crise - duas décadas não serão capazes de provocar profundas ruturas com o passado. É necessário perceber quais serão as alterações socioeconómicas que podem criar alterações nas pessoas e, conseqüentemente, como é que estas podem configurar os locais onde vivemos.

O perfil social “imaginado” vai derivar dos valores adquiridos até então. Estes diferem de pessoa para pessoa, das influências, crenças e estilo de vida, sendo estes os fatores que constroem a sociedade.

Numa realidade futura que, possivelmente não será assim tão diferente do que acontece nos dias de hoje, a sociedade das próximas duas décadas terá como base um estilo de vida bastante mais “nómada” e com uma, cada vez maior, facilidade de mobilidade e de não fixação ao local. Este será um aspeto promovido tendencialmente, pela saída da casa dos pais cada vez mais tardia, devido ao custo de vida e às suas implicações na vida prática. Assim, é de esperar que este fenómeno venha a ter como resposta famílias que se formam cada vez mais tarde, de menores dimensões (de apenas um ou dois filhos) ou até mesmo pessoas que, no início da vida profissional, optem por morar com amigos facilitando assim uma eventual estabilização financeira antes da constituição de família. As condições familiares tenderão a mudar muito mais rapidamente do que o que acontece atualmente, visto que, a oferta/procura (emprego, habitação, lazer) será, também diferente e dependente dessa grande facilidade e disponibilidade de mobilidade, tanto ao nível nacional como mesmo para o estrangeiro.

Assim, a sociedade tenderá a exigir uma resposta cada vez mais rápida e eficiente de todas as situações apresentadas no dia-a-dia. Esse aspeto deverá, com toda a certeza, refletir-se na forma e nas necessidades implícitas do “habitar” e nos métodos utilizados para construir.

Estes fatores, em conjugação com o facto de se tratar de uma zona bastante densificada no que respeita à massa construída, levam a que seja valorizada e ponderada a ocupação de espaços presentes nos interstícios dos quarteirões ou até mesmo a utilização de zonas, que atualmente, apesar de terem um carácter público estão fechadas à população. Para ocupar estes improváveis sítios, serão tidos em conta métodos como a reabilitação/requalificação e a pré-fabricação pois dão uma resposta bastante célere, versátil e, eventualmente, económica para uma sociedade que exige que tudo aconteça no momento imediato.

Assim pensa-se que a pré-fabricação possa ser uma das respostas para a construção no futuro, sendo necessário métodos construtivos, que não só sejam rápidos de montar, como possam oferecer uma grande diversidade de soluções construtivas, seja em construções novas ou reabilitações. Quanto ao espaço público, a questão da pré-fabricação pode também ser relevante. Devem ser encontrados métodos construtivos que oferecem uma maior rapidez na construção de espaços públicos, sendo relevante existir uma distinção entre tipos de percurso, para que espaços exclusivamente pedonais possam ser facilmente percebidos.

Pensa-se que futuramente o estilo de vida será mais ativo, a questão da mobilidade tornar-se muito importante, a nível da escala mais pequena da cidade - para percursos mais reduzidos e rápidos, tem que se criar mais facilidades, para se poder passear pela cidade, tanto a pé como de bicicleta, sendo necessário criar uma maior permeabilidade pedonal, uma cidade mais fluída. Esta é também uma forma de reduzir os custos de deslocação e facilitar o tráfego na cidade. Prevê-se um aumento quanto ao

uso da bicicleta, o que já se tem verificado no presente, e pensa-se que continuará a aumentar, daí a ideia de criação de uma ciclovia, que ligue toda a cidade. A bicicleta será um elemento preponderante e cada vez mais condicionante do funcionamento do espaço público, agora praticamente invisível. A ciclovia terá um papel estruturante no desenho e nas condicionantes do espaço urbano, tanto do ponto de vista das infraestruturas como da disposição dos serviços e equipamentos públicos. Espera-se que uma infraestrutura desta natureza tenha anexado a si uma forte rede de comércio e possivelmente de espaços verdes, tornando estes sítios não só mais apelativos a quem os utilize apenas para lazer durante o fim-de-semana, como também extremamente úteis e com uma grande capacidade de resposta para quem a bicicleta é o meio de transporte diário de eleição. Também no futuro os transportes públicos serão acessíveis mais facilmente, devido à criação de novas estações de metro por toda a cidade. É também importante, que os vários tipos de transporte públicos (metro, comboio e autocarro) criem facilidades para transportar bicicletas, desta forma será mais fácil deslocar-se pela cidade, pois dá a possibilidade de se combinar diferentes meios de transporte em determinados trajetos.

De forma a servir uma sociedade cada vez mais envelhecida, começam já a surgir veículos, como bicicletas elétricas, que combinam a locomoção através da atividade física com uma fonte elétrica, sendo este transporte mais versátil em comparação com uma moto, pois há a possibilidade de este poder entrar nos edifícios, assim como nos transportes públicos. Espera-se que, no prazo de duas décadas, aumente a consciencialização da sociedade no que respeita aos gases nocivos, o que levará ao decréscimo da circulação automóvel, como a conhecemos hoje em dia. As cidades têm de ser feitas para pessoas, e não para automóveis, como acontece atualmente.

Prevê-se que o estilo e as condições de vida levem a uma maior procura de espaços verdes em detrimento das grandes superfícies comerciais, teatros, cinemas, uma vez que, num futuro relativamente próximo, é previsível que o poder de compra continue bastante reduzido. Assim, o espaço público virá a ter uma importância crescente, sendo o seu desenvolvimento um dos principais fatores que promoveram o desenvolvimento dos projetos individuais de cada membro do grupo. Criar-se-á um “novo” conceito de espaços verdes, de menor escala que os atuais espaços públicos, que pretendem servir apenas os moradores do edifício, evitando a criação de novos espaços verdes de grande escala e onde é necessário fazer um grande investimento. Devido a um modo de vida mais ativo e mais direcionado para a vida no exterior proporcionado pelas áreas reduzidas e pelo elevado custo da habitação na zona, tenta-se que o espaço público seja valorizado e desenvolvido no sentido de promover a locomoção a pé.

Como já referido, os habitantes serão nómadas, multiplicando-se em movimentos pendulares, seguindo um padrão de vida que permita facilmente a sua deslocação e aglutinação, com o mínimo custo. A expressão “andar com a casa às costas” nunca fará tanto sentido. O avião aproxima as principais áreas metropolitanas mundiais, pelo que, as deslocações casa-trabalho ocorrerão em maior escala. As cidades do mesmo nível, não só competem, como também se complementam, beneficiando-se sempre que bem articuladas. Daqui emergem não só novos padrões territoriais, como também, novas estratégias urbanas e novas formas de administrar o espaço.

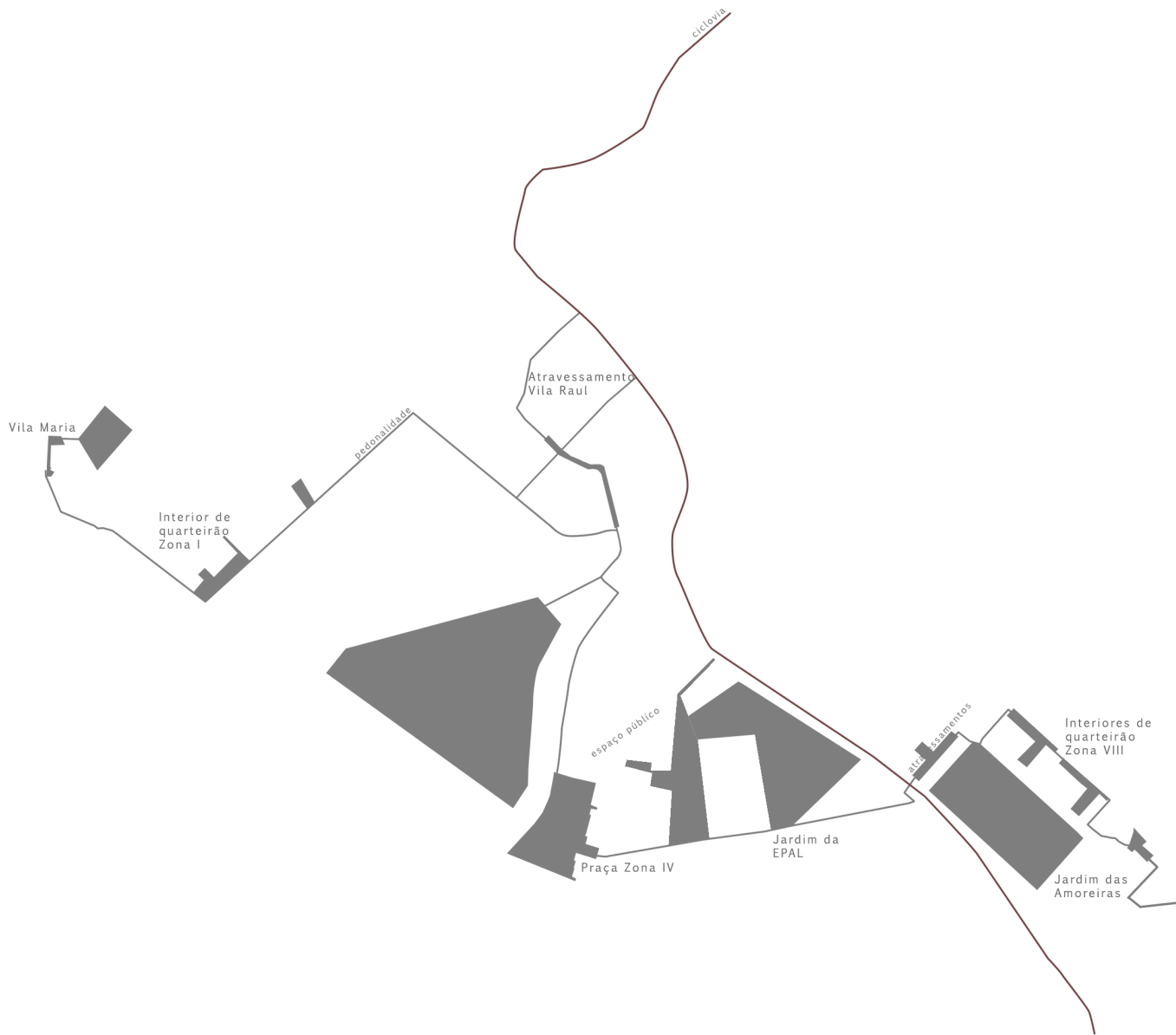




# AMOREIRAS CENÁRIO '32

espaço público

4



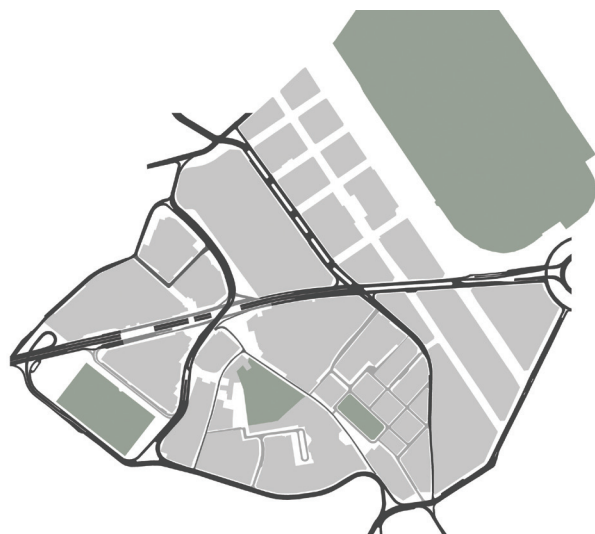


- Lajetas de betão
  - Habitações - projetos individuais
  - Ciclovía
- Diagrama da proposta**



- Mariana Evangelista
- Ana Moural
- Ana Gonçalves
- Katherine Chong
- Nádía Romão

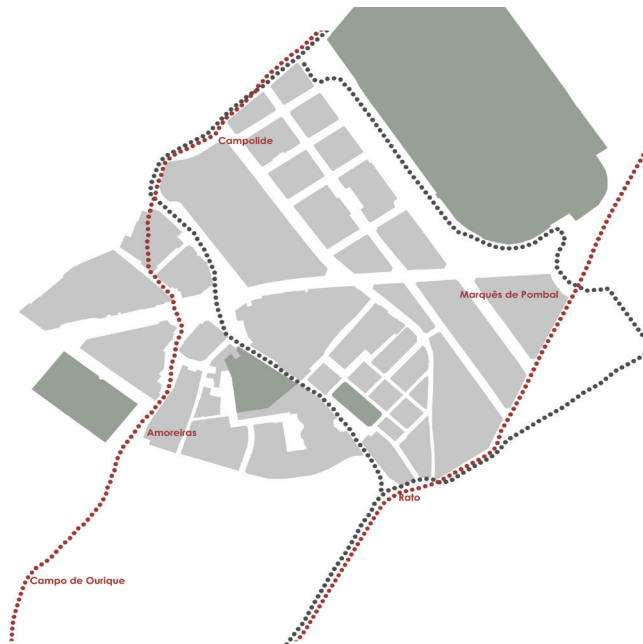
**Zonas de intervenção**



- Intenso
- Intermédio
- Baixo

**Prposta fluxo de tráfego**

Ciclovia . . . .  
Rede Metro . . . .  
Rede autocarros . . . .  
**Rede de transportes existente**



Mapa de proposta de pontos de iluminação pública



Proposta de alteração de trânsito para a Avenida Eng. Duarte Pacheco

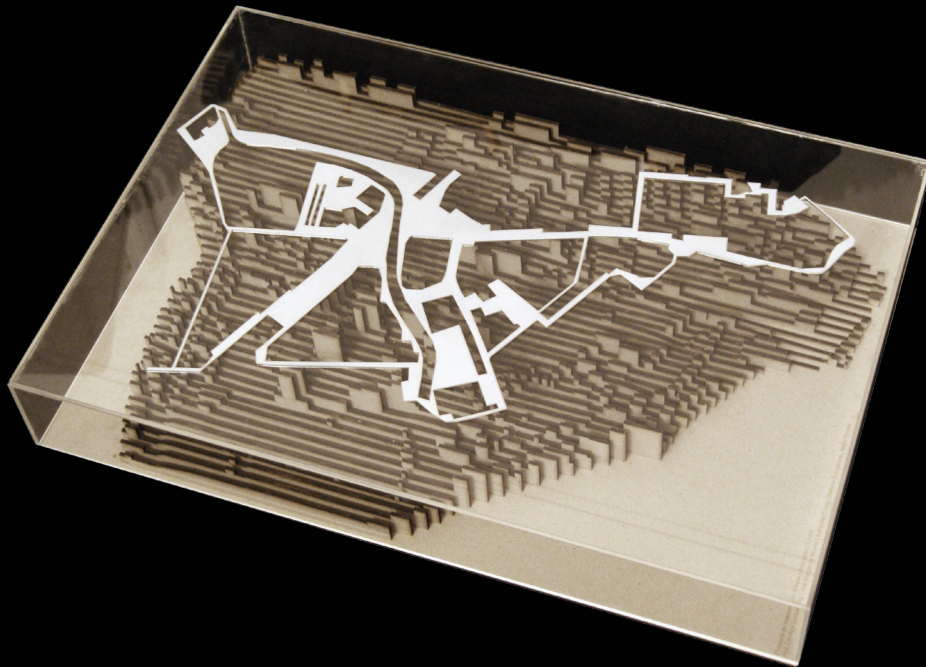
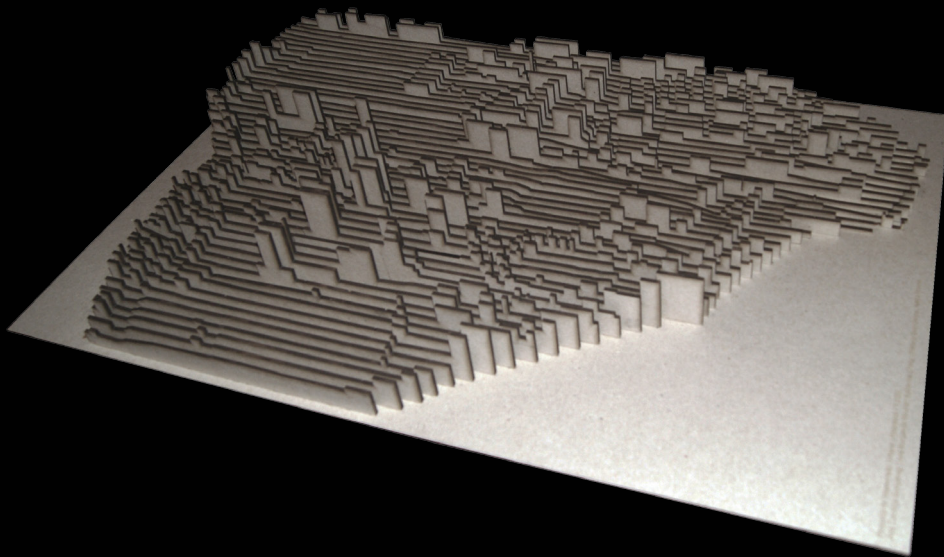
-  Ciclovía
-  Pedonal
-  Alteração do pavimento (paralelo)



 Ciclovía     Pedonal

Proposta de alteração de trânsito junta a Rua Artilharia 1





Maquete - escala 1:2000

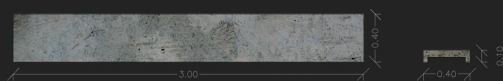
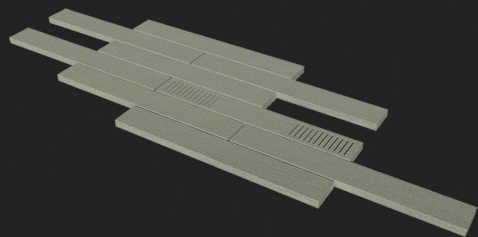


Secção pela Rua das Amoreiras

## **A pré-fabricação como resposta à necessidade de rapidez na construção espaço público**

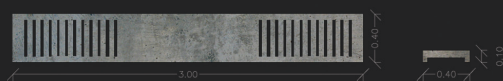
Numa sociedade em que tudo acontece no momento imediato, a pré-fabricação aparece como resposta para a forma de construir, surgindo assim não só na construção do edificado, como também na construção do espaço público.

Na criação de novos espaços públicos, surge a necessidade de se pensar numa nova forma de construção, pois apesar de a calçada ser um elemento tradicional em Portugal, a sua colocação é muito demorada e necessita de manutenção. Emerge assim, a ideia de peças pré-fabricadas, com um desenho simples, a partir das quais se possa criar o restante mobiliário urbano, permitindo uma grande adaptabilidade entre os vários elementos, promovendo uma rápida colocação. Como materialidade, estas peças seriam em betão leve - GRC, para que desta forma o mobiliário aplicado seja durável e permita uma construção a seco, pois será apenas necessário aplicar as peças no local, sem ser necessário a aplicação de cimentos ou outros tipos de argamassas.



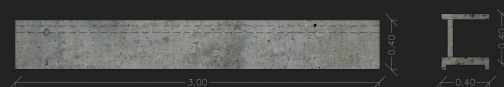
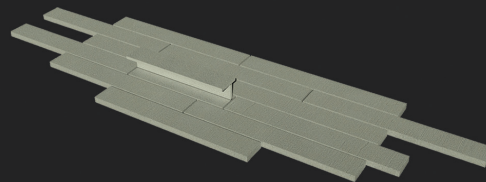
### LAJETA

Betão liso (passeios) ou texturado (vias)



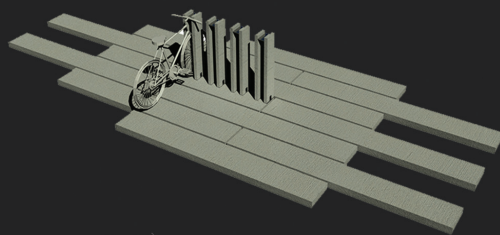
### LAJETA COM GRELHA

Betão liso perfurado



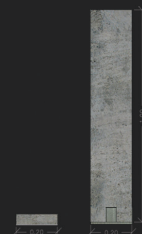
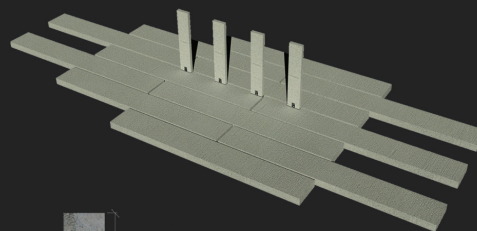
### BANCO

Estrutura em betão leve - GRC



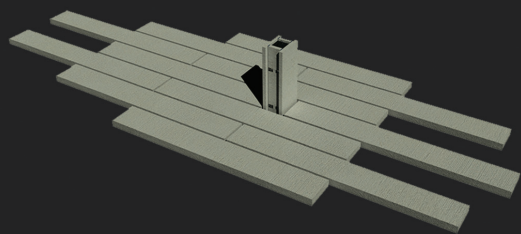
### STOP BICICLETAS

Estrutura em betão leve - GRC  
Ligações em aço inox

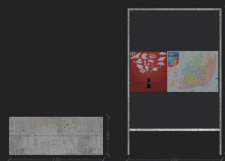
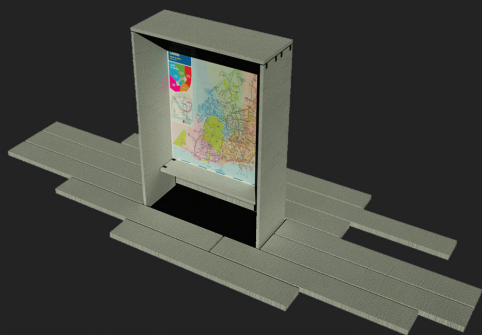


### GUARDA

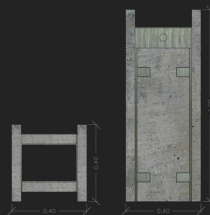
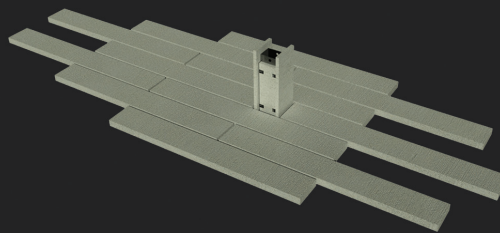
Estrutura em betão leve - GRC  
Ligações em aço inox



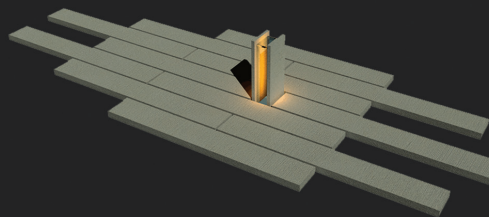
**BEBEDOURO**  
Estrutura em betão leve - GRC  
Ligações em aço inox



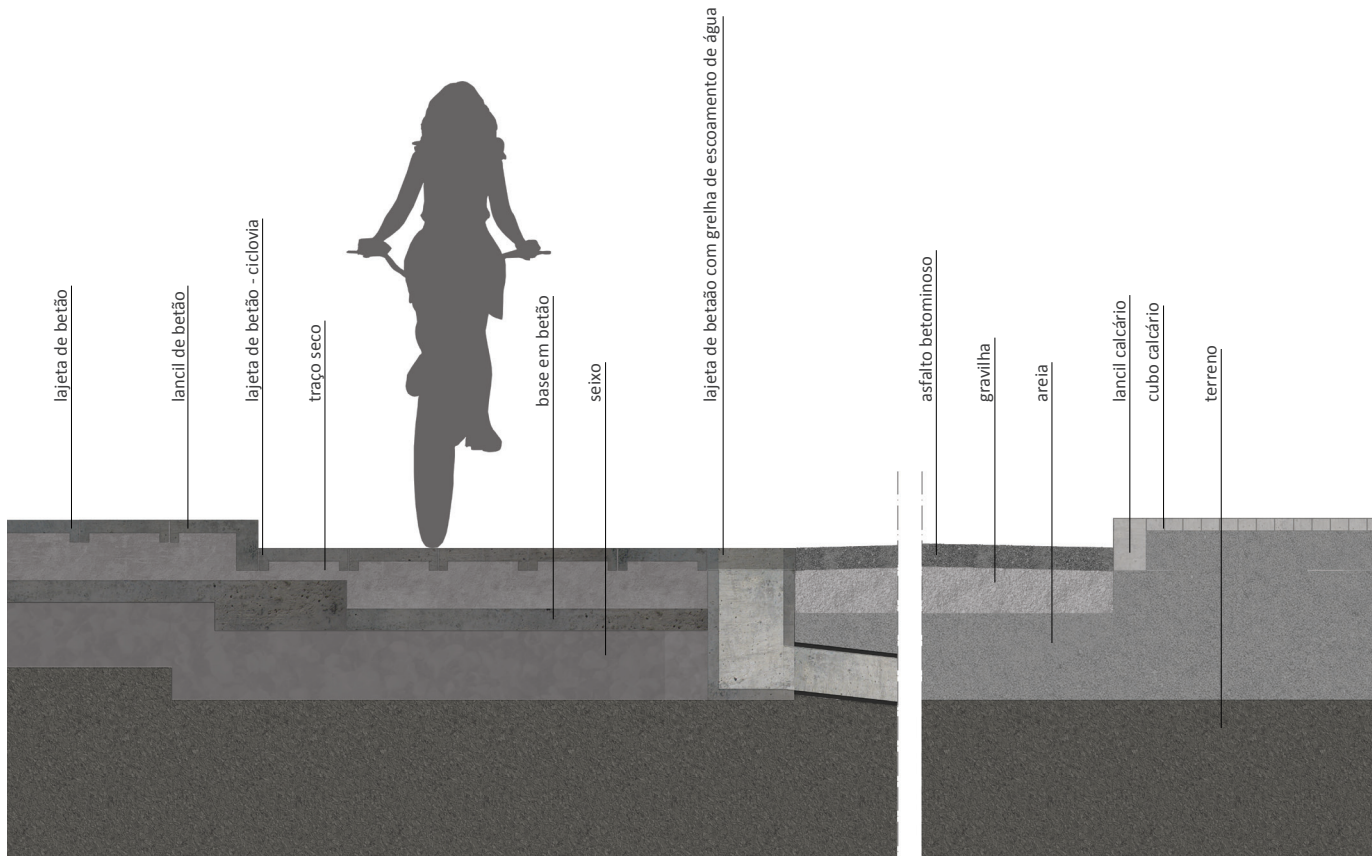
**PARAGEM DE AUTOCARRO**  
Estrutura em betão leve - GRC  
Ligações em aço inox



**CAIXOTE**  
Estrutura em betão leve - GRC  
Ligações em aço inox



**CANDEEIRO DE JARDIM**  
Estrutura em betão leve - GRC  
Ligações em aço inox



**Secção construtiva**

## **A pré-fabricação como resposta à necessidade de rapidez na construção habitações**

É fundamental um sistema construtivo que permita uma rapidez de construção e que seja durável, porém torna-se também imprescindível que exista um pensamento que contemple o impacto que a construção terá no ambiente. A escolha do sistema construtivo deve basear-se não só nos níveis funcionais, estruturais e estéticos, como também deve ter em conta o meio ambiente. É, por isso, conveniente a utilização de um sistema construtivo sustentável.

Após a análise de diversos sistemas baseados na pré-fabricação e consequente contacto com diversas empresas de cada um dos respetivos sistemas considerados, os painéis X-lam da Tisem foram a solução eleita por corresponder às necessidades exigidas pelas especificidades de cada um dos projetos individuais. O X-lam, conforme apresentado pelo Eng<sup>o</sup> Luís Jorge que prontamente se deslocou ao ISCTE-IUL para uma aula aberta, é constituído por painéis de madeira de pinho lamelada que são colados cruzadamente o que aumenta a sua resistência estrutural e rigidez.

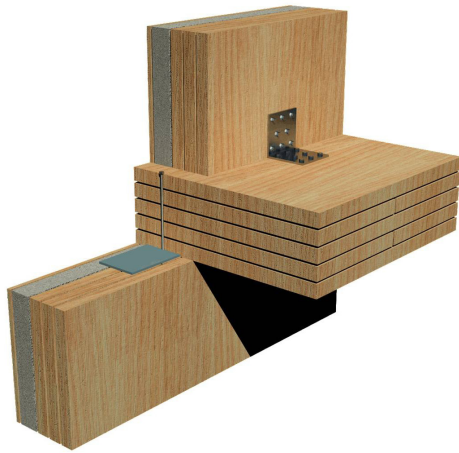
Comparativamente a estruturas tradicionais em madeira, as estruturas com painéis de madeira lamelada colada cruzada oferecem diferentes formas de transferência de carga.

A natureza desta tipologia estrutural, abundância de elementos tipo parede e ausência de elementos lineares tipo viga ou pilar, proporcionam uma enorme estabilidade e capacidade estrutural, inatingível com os sistemas tradicionais de construção em madeira. (...) Na maioria destas é ainda possível obter desempenhos superiores aos materiais e soluções tradicionais em betão ou aço. O melhor exemplo disso encontra-se na singular proteção sísmica.

Além da sua resistência estrutural, este sistema construtivo permite ter paredes com espessuras reduzidas sem diminuir os valores de coeficiente de transmissão térmica que existem em paredes de alvenaria. Os painéis de madeira são entregues em obra, com as dimensões pretendidas, e é possível utilizar no mesmo projeto diferentes dimensões de peças, que por serem cortadas na CNC, não estão limitadas à utilização de medidas standard, sendo também possível recortar elementos curvo. Com estes painéis, todas as ligações são feitas através de elementos metálicos, sendo assim uma construção a seco, o que mais uma vez permite que a construção seja rápida.

Por ser um material natural, é possível a sua reutilização “A reutilização é possível e recomendada no final da vida útil da estrutura”.

Disponível em: <http://www.tisem.pt/> [04 10 2013]



**Pormenor construtivo** - paredes exteriores com laje



**Pormenor construtivo** - parede exteriores



**Pormenor construtivo** - parede exterior com laje, revestimento gesso cartonado



**Pormenor construtivo** - parede exterior com parede interior em gesso cartonado





# AMOREIRAS CENÁRIO '32

habitações

5





Ortofoto - identificação da zona de intervenção no contexto da malha urbana

Situada nas traseiras de alguns dos imensos edifícios de escritórios que por ali foram surgindo, a Vila Raul estava, à época da sua construção e a par com a Vila Romão da Silva, localizada numa das principais ruas que delineava esta zona da cidade de Lisboa (actual Rua Professor Sousa da Câmara), no entanto esta situação foi bastante alterada com a abertura da Avenida Engenheiro Duarte Pacheco durante a década de 40.

À semelhança de outras vilas operárias cujo nome advinha de um nome próprio, a Vila Raul deve esta designação ao seu proprietário que construindo para si dois edifícios de habitação de maior imponência que faziam frente na então rua principal, seguidamente construiu algumas casas mais humildes para os seus trabalhadores do setor operário. A noção de propriedade era normalmente assinalada através da afixação de uma chapa metálica com o nome da Vila ou, como neste caso, também com umas inscrição no alçado lateral identificando o proprietário e respetiva indústria com a qual estaria relacionado ou era proprietário.

Estas habitações normalmente seguiam a forma longitudinal, desenvolvendo-se em corredor perpendiculares à rua principal.

Na ortofoto e na fotograifa apresentadas nas páginas seguintes é possível verificar que, adjacente aos terrenos da Vila Raul, existiu outra habitação de foi posteriormente demolida para dar origem à Rua Aviador Plácido de Abreu que hoje em delimita lateralmente a fileira de habitações.

As vilas operárias constituem uma forma de alojamento especializado que expressa com clareza uma situação de classe dentro da cidade. Mas essa expressão é ainda mais eloquente nos casos numerosos em que num mesmo lote de terreno são construídas duas tipologias distintas: marginando a rua, um prédio corrente para a burguesia (mais frequentemente para a pequena burguesia); e no interior do talhão, por detrás desse prédio, um pátio, ou vila, destinado a famílias proletárias. Neste caso há uma hierarquia social traduzida directamente no nível do próprio lote.

Actualmente verifica-se um fenómeno de rejeição, mais patente nas novas gerações, em relação a esta designação específica da vila. Expressando com clareza uma situação de classe, que por vezes pode até ter deixado de se verificar em relação a parte dos respectivos habitantes, o morar-se numa vila é, pois, um ferrete social, de carácter discriminatório em relação ao conjunto da população.

Nuno Teotónio Pereira

Pátios e vilas de Lisboa, 1870-1930: a promoção privada do alojamento operário



Ortofoto anterior à abertura da Avenida Engenheiro Duarte Pacheco, Gabinete de Estudos Olisiponenses



Placa identificativa da Vila Raul



Vista da Rua Professor Sousa da Câmara (1967), Disponível no Arquivo Fotográfico de Lisboa e em < <http://arquivomunicipal.cm-lisboa.pt/default.asp?s=12079> >

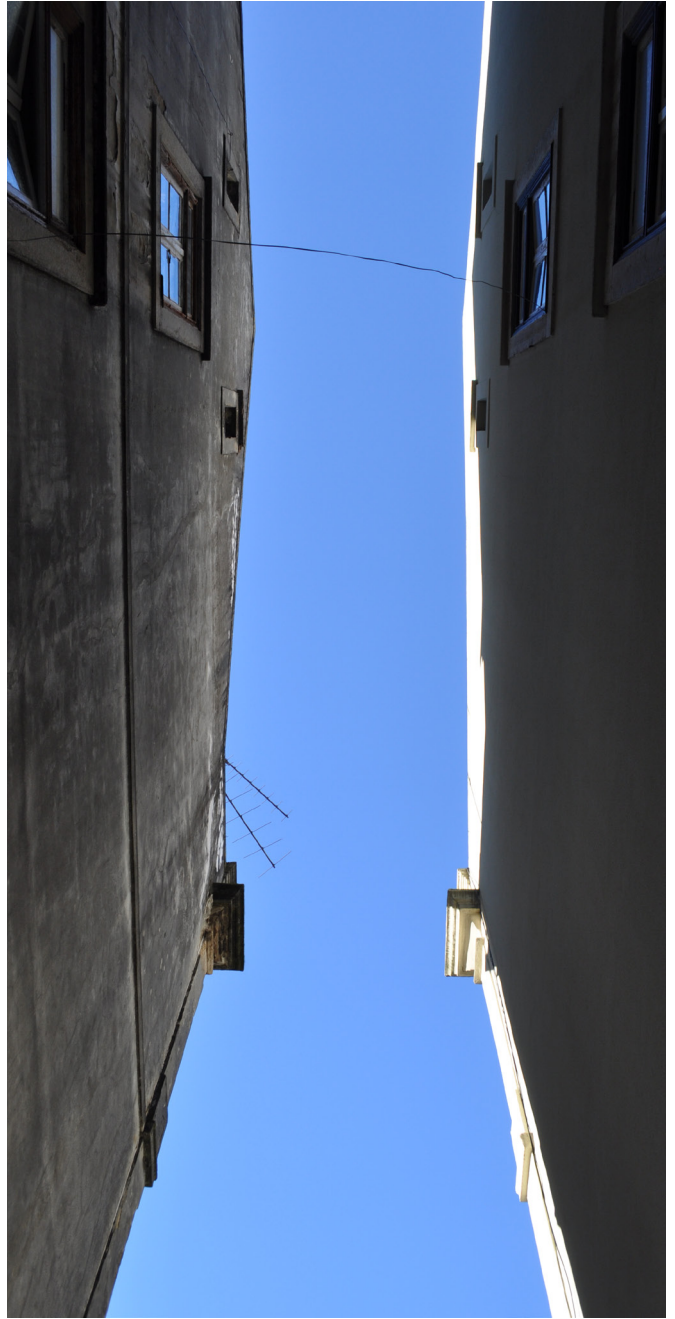
**Edifício na Rua Professor Sousa da Câmara demolido para abertura da Rua Plácido de Abreu**, Disponível no Arquivo Fotográfico de Lisboa e em < <http://arquivomunicipal.cm-lisboa.pt/default.asp?s=12079> >



**Vista da Rua Aviator Plácido de Abreu (1967)**, Disponível no Arquivo Fotográfico de Lisboa e em < <http://arquivomunicipal.cm-lisboa.pt/default.asp?s=12079> >













## **A valorização do espaço interior** o atravessamento das traseiras

No seguimento dos pressupostos enunciados para a estratégia de intervenção urbana apresentada no capítulo 4 (Amoreiras Cenário '32, espaço público), a intervenção na Vila Raul passa por trazê-la para um preponderante papel na cidade.

O espaço habitacional que sempre foi tido como as traseiras da habitação do proprietário e que, atualmente, é apenas composto por edifícios habitacionais de pequena escala perdidos na imensa malha urbana que por ali se desenvolveu e que deu origem aos altíssimos edifícios que agora a rodeiam, tornam-se um espaço de atravessamento pedonal que funciona como fuga às vias principais ocupadas sobretudo pela tão invasivo tráfego automóvel.

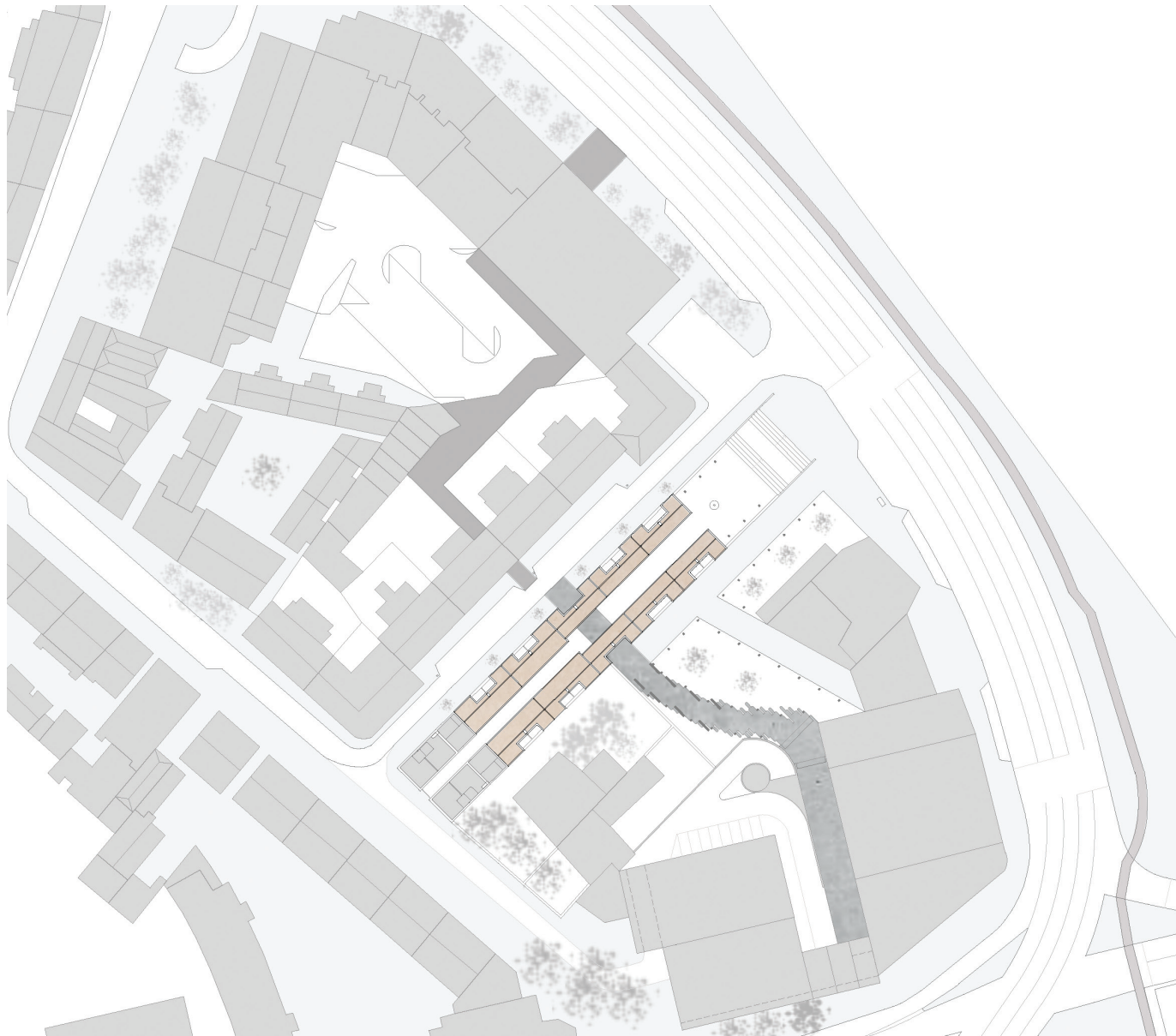
O percurso que se inicia num ponto de permeabilidade entre a cidade e as traseiras, mesmo no centro do cruzamento da Avenida Duarte Pacheco, termina, a norte, na Avenida Conselheiro Fernando de Sousa num local onde mais uma vez um local esquecido toca o movimento de uma das principais avenidas.

Pretende-se, com isto, que o espaço adjacente ao imponente edifício que alberga o Hotel Dom Pedro sirva como um atravessamento que percorre um pedaço da cidade fruto da sobreposição de consecutivas alterações e traz uma novo interesse à Vila, tornando-a parte deste novo percurso.

Como momento final deste novo atravessamento, apresenta-se a zona no interior do quarteirão que está contígua à Vila que em contacto direto com a Vila Romão da Silva, é apenas mais uma das grandes bolsas de estacionamento desta zona.

Cria-se um limite quase físico entre circulação automóvel e pedonal, dotando esta última de importantes características para a sua prevalência na cidade.

Pretende-se com isto revitalizar uma zona que, por se tornar um espaço recorrente de passagem, traz uma nova perceção do que acontece além das grandes barreiras que delimitam as vias principais.



Proposta de intervenção urbana





m 0

5

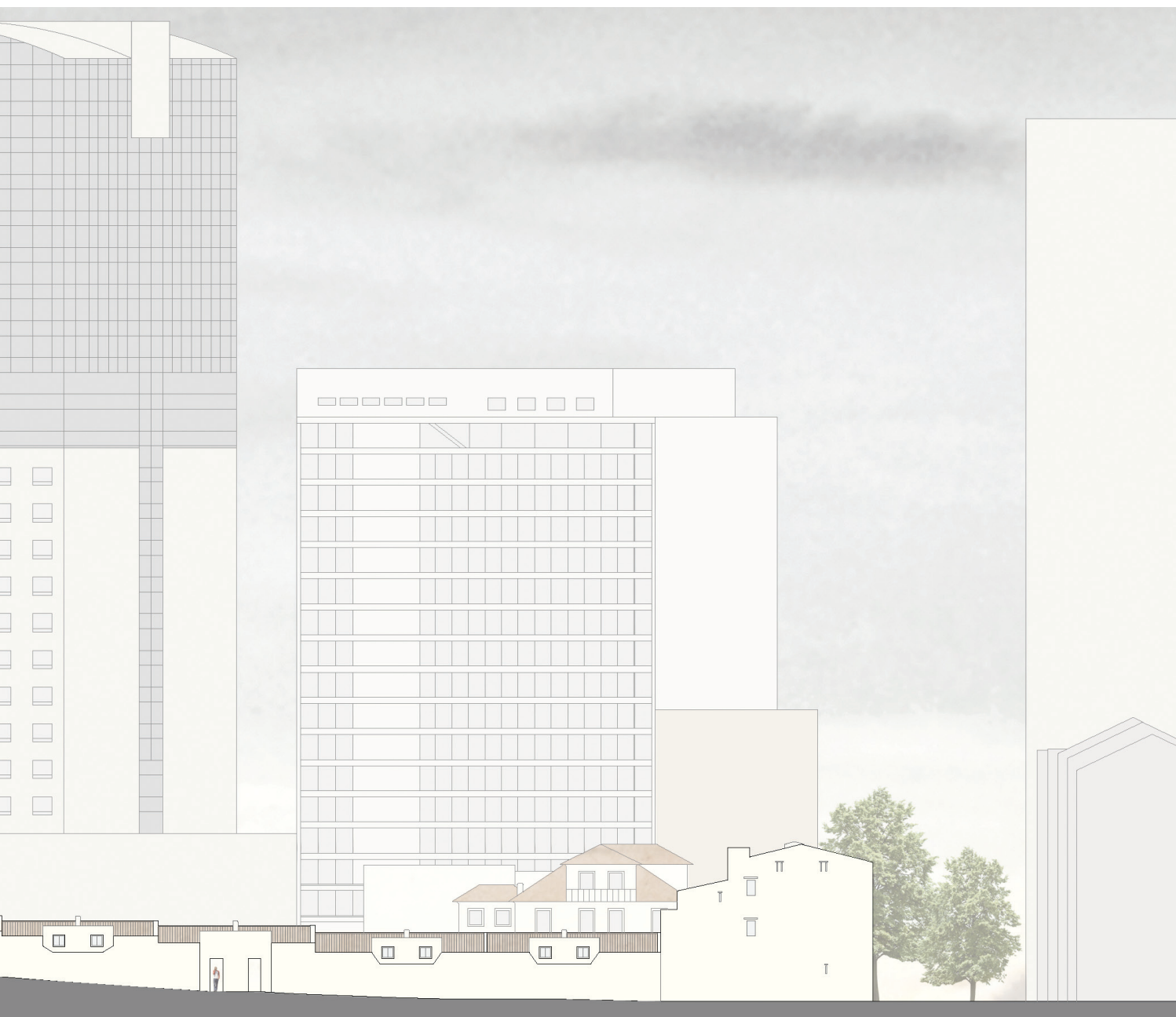
10

20

**Alçado frontal Vila Raul**



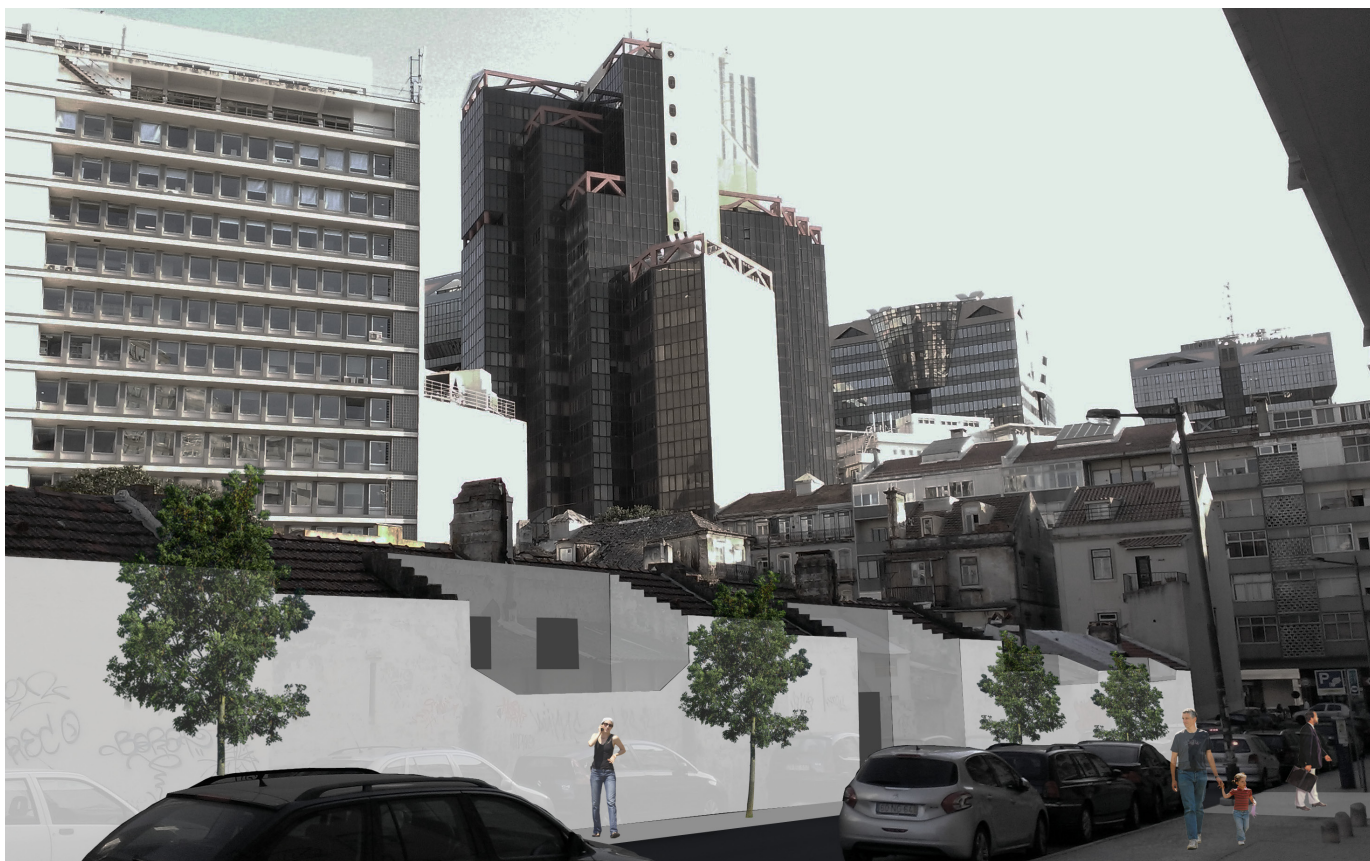


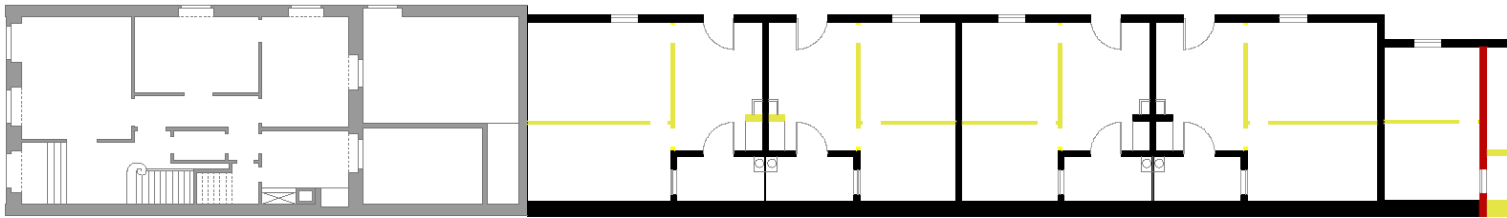
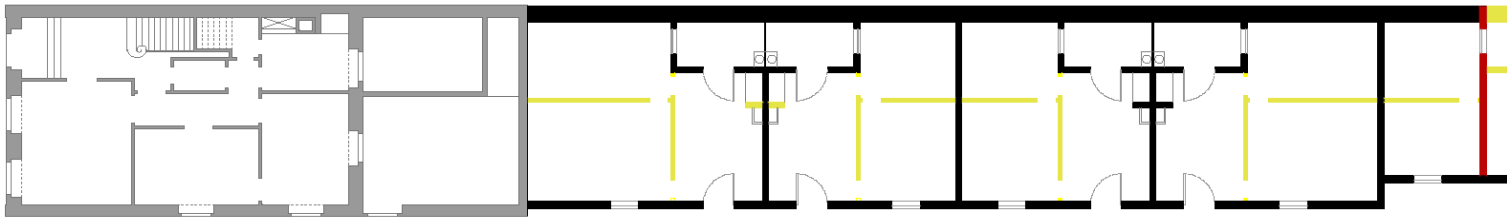


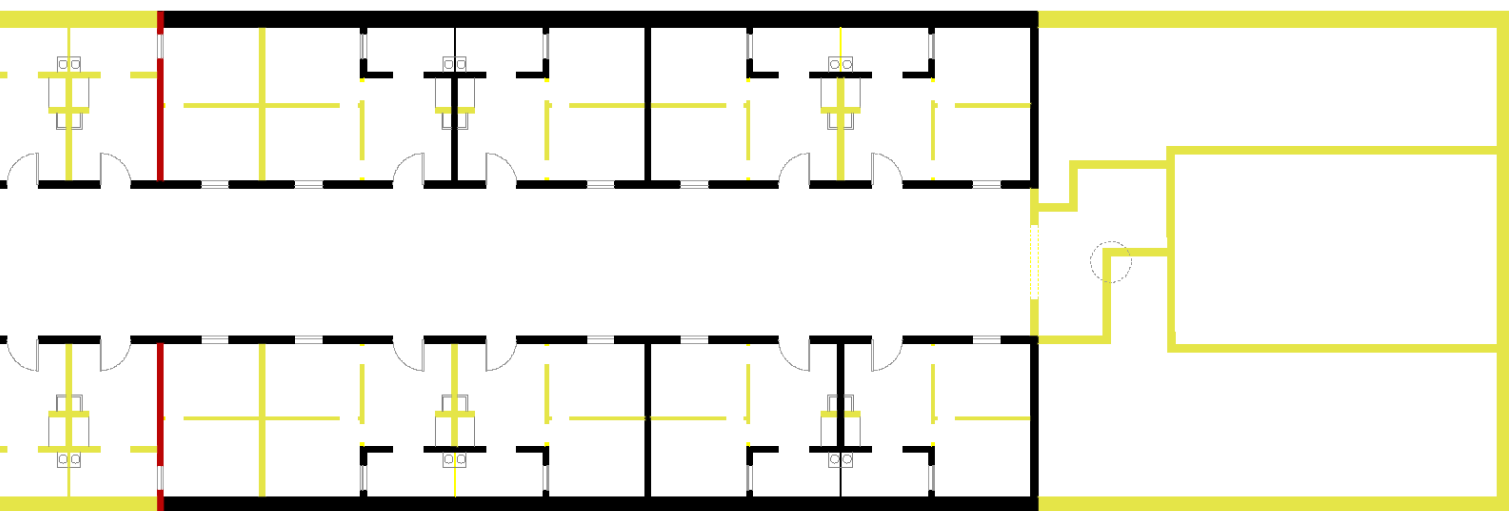
m 0 5 10 20

**Alçado traseiro Vila Raul**









m 0 1 2 4 8

Planta Vila Raul - vermelhos e amarelos

## **A importância da pré-fabricação na intervenção numa estrutura existente**

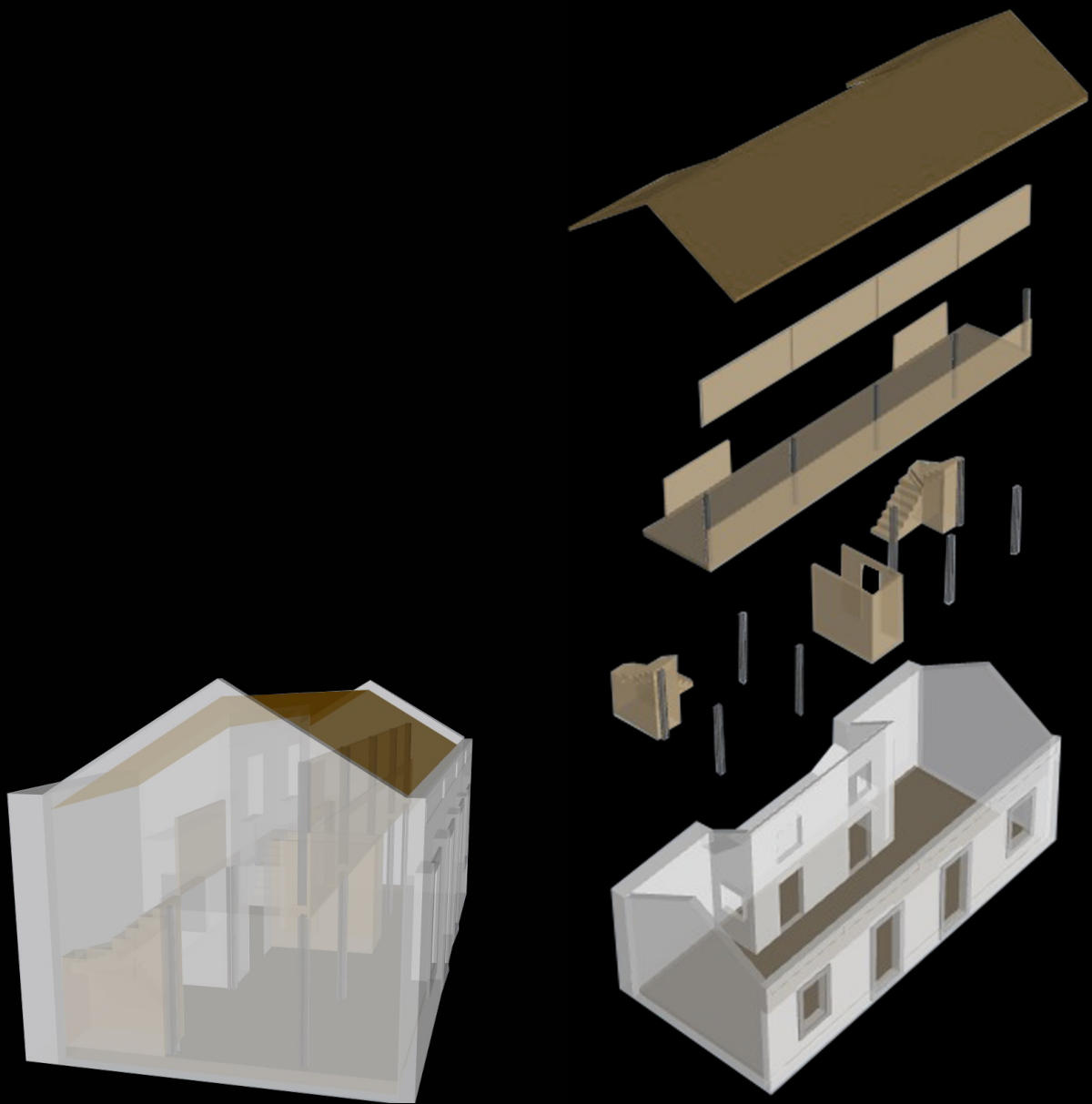
### O X-lam como solução construtiva

Na tentativa de repensar as formas de ocupar o existente que respondam às necessidades da sociedade que irá habitar esta zona da cidade de Lisboa num futuro próximo, surgiu a necessidade de utilizar uma solução que não interferisse com a vida diária da cidade.

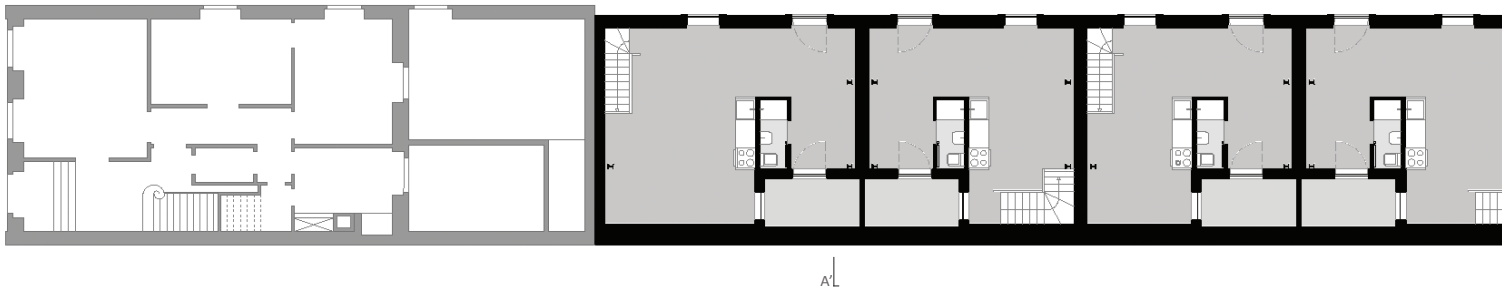
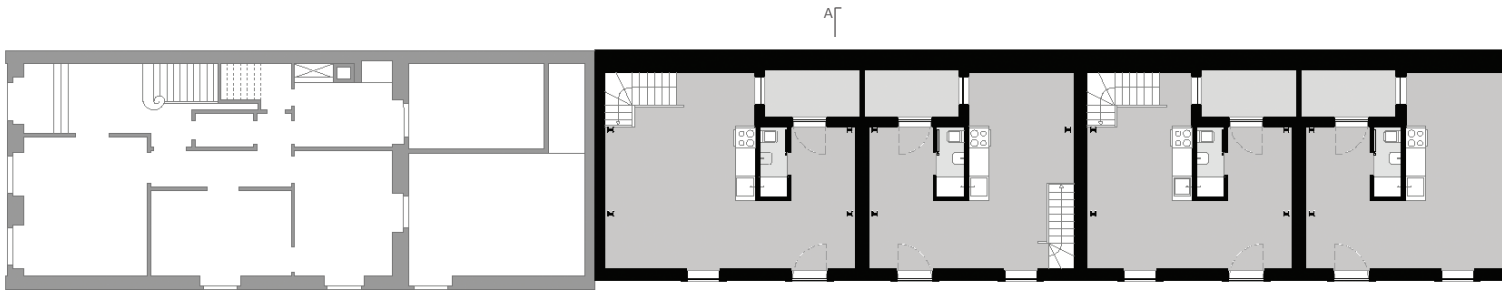
O processo de criação de uma nova forma de habitar uma estrutura já existente, como é o caso da Vila Raul, teria de ser um trabalho que passasse totalmente despercebido no contexto da vida frenética da cidade. A pré-fabricação surge então como uma solução não dependente de um estaleiro de obras na qual todas as peças são planeadas e cortadas em fábrica de forma a que apenas sejam aplicadas no local.

Para interferir o menos possível na estrutura que marca a existente Vila, o sistema X-lam composto por camadas cruzadas de madeira aglomerada (conforme descrito no capítulo 4 – Amoreiras cenário '32 – espaço público) possibilita a utilização do pé direito total de cada uma das habitações, permitindo a criação de dois pisos uma vez que devido às suas características estruturais dispensa a utilização de asnas.

Para que o suporte do piso superior em nada esteja dependente das paredes estruturais existentes, é utilizado um conjunto de pilares metálicos que, dispostos de forma simétrica, asseguram a estabilidade da laje sem que seja necessária qualquer amarração às paredes existentes.





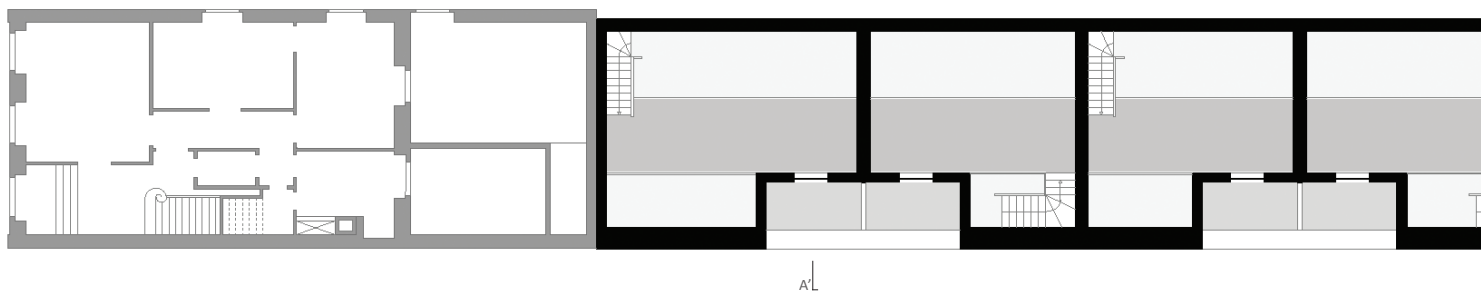
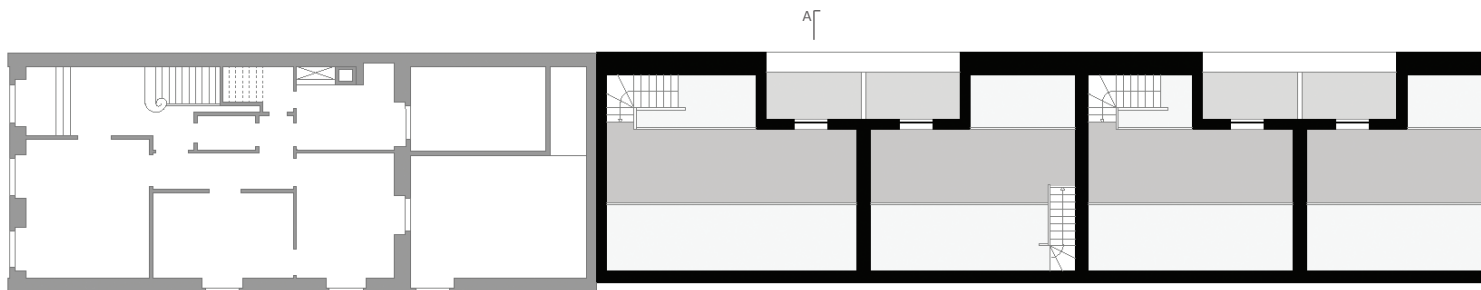


1 - tipologia 1; 2 - tipologia 2; 3 - tipologia 3; 4 - tipologia 4; 5 - zona de apoio às habitações; 6 - pequena zona de comércio de rua; 7 - passagem pública

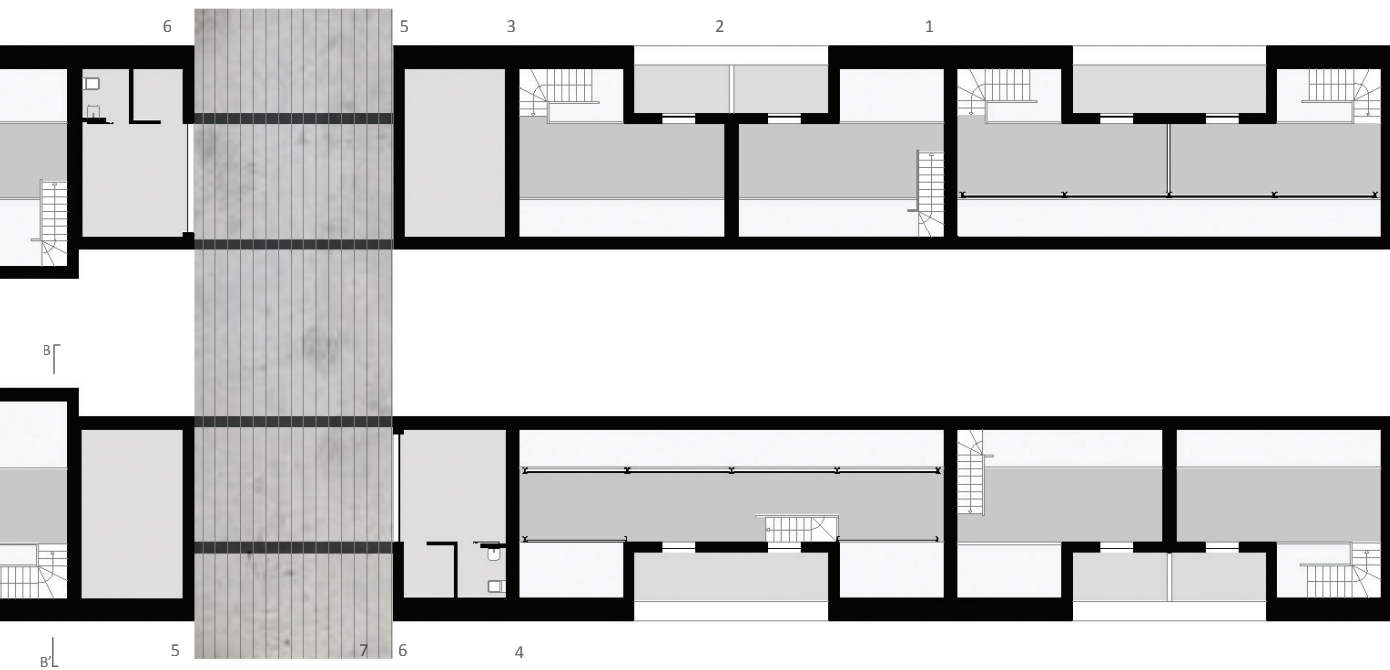



m 0 1 2 4 8

Plantas habitações Vila Raul - piso 0 e piso 1



1 - tipologia 1; 2 - tipologia 2; 3 - tipologia 3; 4 - tipologia 4; 5 - zona de apoio às habitações; 6 - pequena zona de comércio de rua; 7 - passagem pública




 m 0 1 2 4 8  
**Plantas habitações Vila Raul - piso 0 e piso 1**

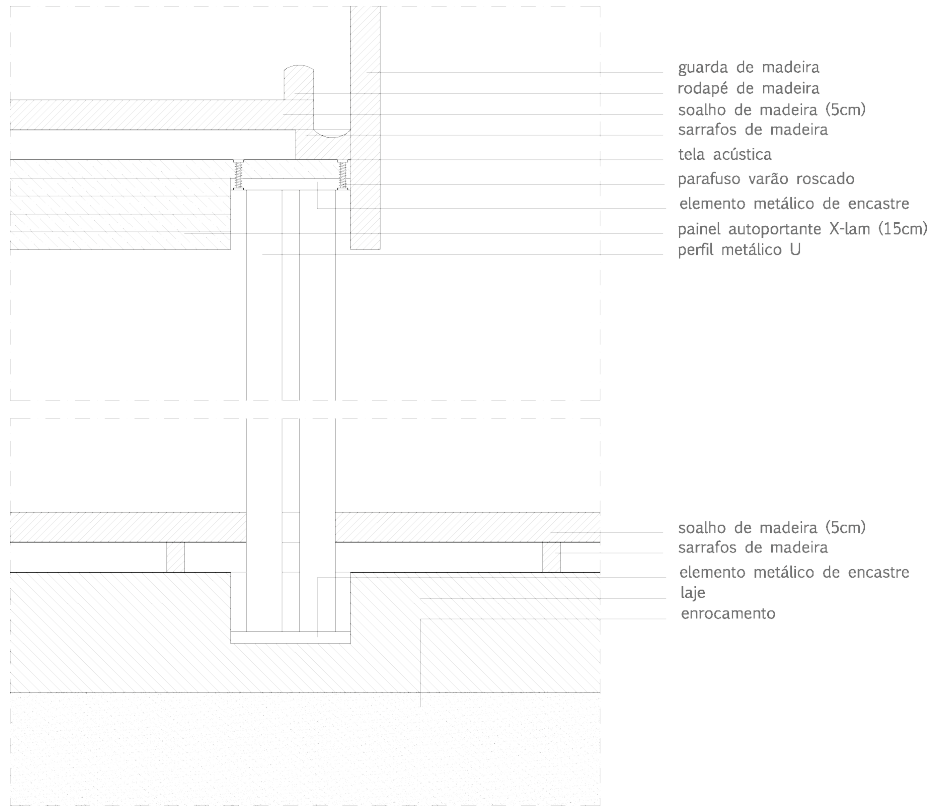


Corte transversal AA'



Corte transversal BB'

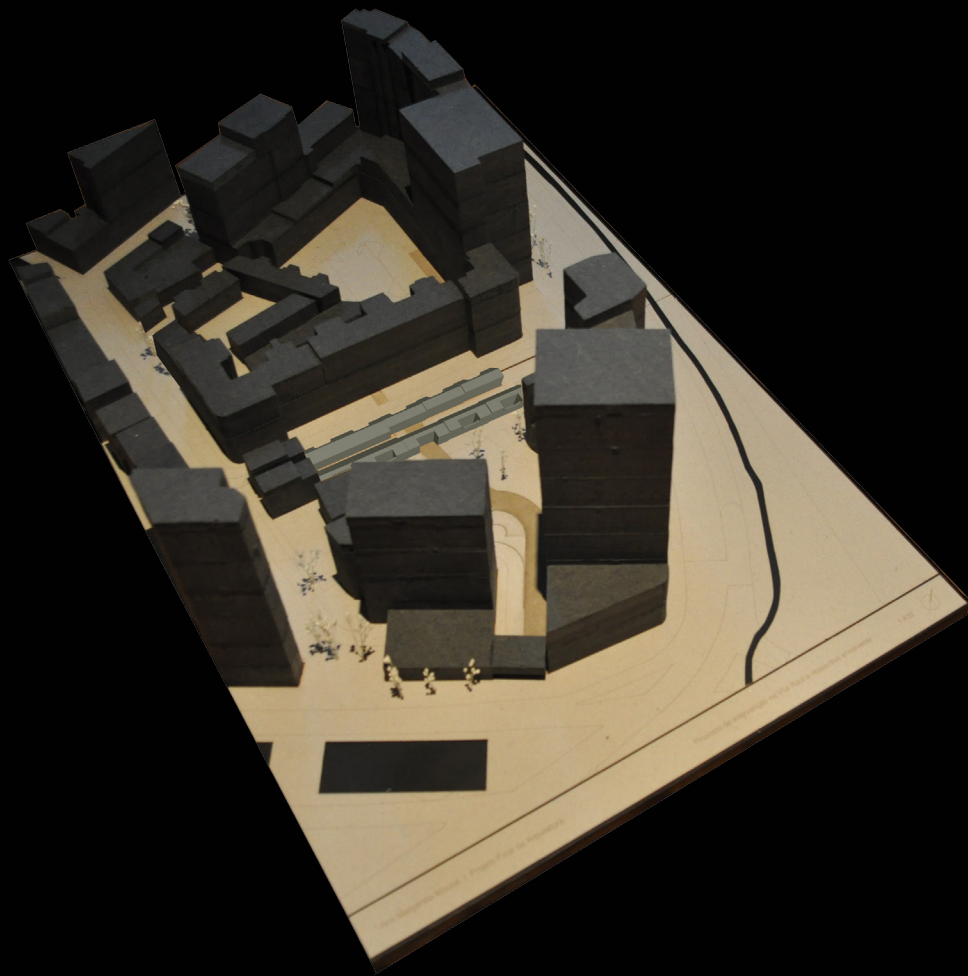




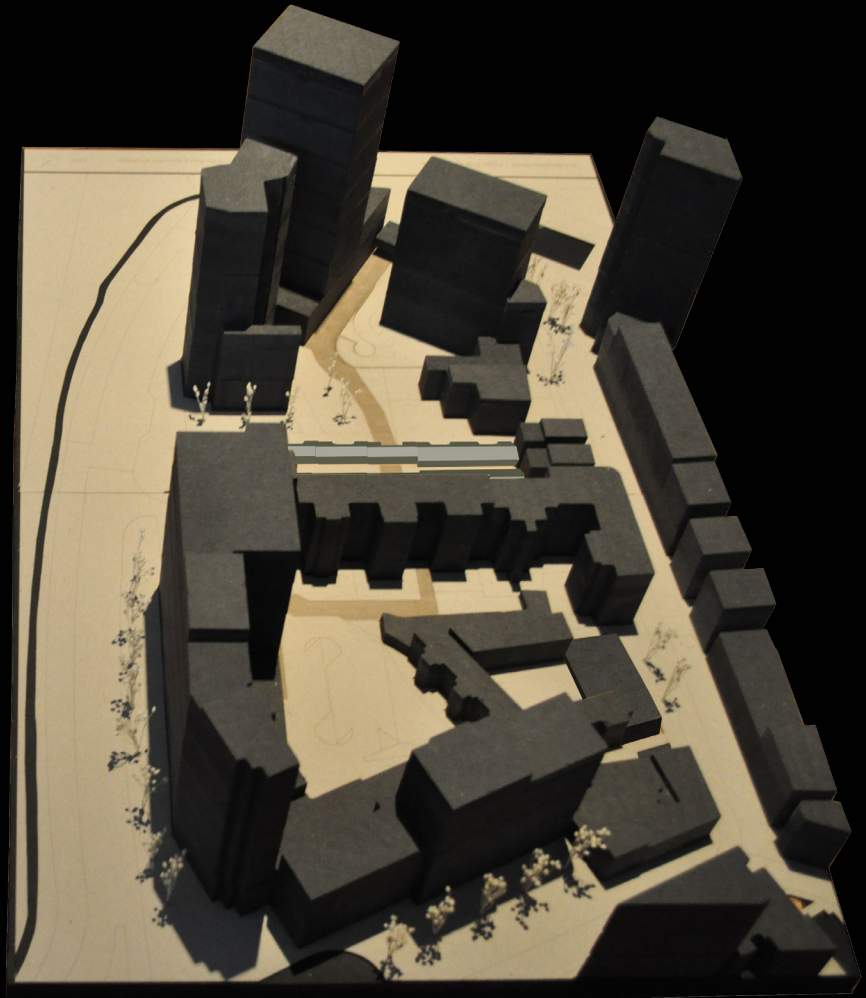
m 0 10 20

Pormentor construtivo - encastre do pilar metálico na laje de X-lam





Maquete - escala 1:400



Maquete - escala 1:400



Maquete - escala 1:50



Maquete - escala 1:50



Maquete - escala 1:50



Maquete - escala 1:50



ANEXOS

6



## FICHA DE UNIDADE CURRICULAR

Unidade curricular: Projecto Final de Arquitectura

Código:

Tipo: lectivo; Trabalho de Projecto

Nível: 2ºciclo

Ano curricular: 2012/2013

Semestre: Anual

N.º de créditos: 45 ECTS

Horas de trabalho total:

Horas de contacto:

Língua (s) de ensino: Português

Pré-requisitos: precedências requeridas: Projecto de Arquitectura II

Área científica: Arquitectura

Departamento: Departamento de Arquitectura e Urbanismo

Docentes: Paulo Tormenta Pinto (coordenador), José Luís Saldanha, Ana Vaz Milheiro (Lab. Teoria e História da Arquitectura e do Urb.), Sandra Marques Pereira (Lab. Sociologia), Sara Eloy (Lab. Tecnologias da Arquitectura), Pedro Costa (Lab. Economia);

### OBJECTIVOS (conhecimentos a adquirir e competências a desenvolver)

Projecto Final de Arquitectura é a Unidade Curricular que encerra a formação no âmbito do Mestrado Integrado em Arquitectura, adquirindo, por isso, um papel de síntese na consolidação e aprofundamento das competências alcançadas pelos estudantes ao longo dos 4 anos anteriores. Preconiza-se, nesta UC, o incentivo a cada vez maior autonomia, por parte dos estudantes, na resolução dos

exercícios propostos e nas decisões de ordem conceptual que venham a adoptar. Outro objectivo é a clarificação de um entendimento crítico da expressão da arquitectura definida e enquadrada na transversalidade dos vários saberes.

### PROGRAMA

Como base programática utilizaremos uma temática de fundo, que suportará a orientação dos diversos trabalhos a desenvolver ao longo do ano lectivo. Será o “Mundo Novo” (Título inspirado em Admirável Mundo Novo de Aldous Huxley, 1932) o tema central que desenvolveremos em 2012/2013.

O programa da UC de Projecto Final em Arquitectura consiste na elaboração de um Trabalho de Projecto, requisito obrigatório para a obtenção do grau de mestre. O Trabalho de Projecto é composto por duas vertentes: uma de âmbito projectual e outra de âmbito teórico.

A intenção genérica que será trabalhada junto dos alunos finalista do Mestrado Integrado sustenta-se sobre o paradoxo da impossibilidade de construir um optimismo panfletário no momento contemporâneo, considerando-se que ao inverso de Aldous Huxley. Este tema procura enquadrar o conflito entre os herdeiros da cultura moderna e industrial que confiam no modelo da inovação e da tecnologia, por oposição a outros que crêem numa organização “neo-ruralista” ambicionando uma maior ligação a um romantismo ligado à ideia da “mãe natureza”.

Uma outra vertente que surge agregada a este tema, consiste numa possível revisão da ideia de manifesto. Através dos manifestos ligados às artes e à arquitectura, é possível entender um pressuposto idealista de futuro, associado a uma visão de organização social sempre assente numa ideia de ruptura e de edificação de um novo paradigma. Desde Ornamento e Delito (1908)

ao Manifesto de De Stijl (1918), da carta de Atenas (1933), ao manifesto de Doorn (1958), do manifesto Situacionista (1960), a Delirious New York (1978). Será a partir da compilação *Programs and Manifestos on 20th-century architecture* de Ulrich Conrads que se irão estruturar os debates relacionados com esta Unidade Curricular.

#### VERTENTE PROJECTUAL

Serão desenvolvidos como arranque desta UC um conjunto de trabalhos de carácter abstracto, procurando-se fixar ferramentas compositivas úteis aos exercícios de fundo que serão desenvolvidos. Posteriormente serão delineados os objectivos concretos da vertente projectual que passam por uma intervenção abrangente que terá como área de estudo o eixo entre o Largo do Rato e a colina das Amoreiras (através da Rua das Amoreiras). Este eixo permite reconhecer diversos momentos urbanos e arquitectónicos que, ao longo do tempo ali se implantaram. Estes extractos temporais serão analisados, não só do ponto de vista morfológico, mas também a partir do pressuposto ético que enquadrou a sua implementação. A marcar um dos extremos deste percurso pode reconhecer-se a cidade do século XVIII, com uma forte referencia no Largo do Rato, quer seja através do seu carácter prévio de terreiro periférico de acesso ao centro da cidade, quer seja como lugar referenciado nas grandes construções infra-estruturais, como a mãe de água do aqueduto da águas livres que pontua o ingresso no festo da sétima colina – manifestação fundamental da cidade iluminista.

Na outra extremidade desta área de estudo pode observar-se a centralidade contemporânea promovida no entorno do complexo das Amoreiras, de Tomás Taveira, que a partir do final dos anos 80 se somou a intervenções de grande escala já existentes naquele local, tais como os imóveis habitacionais e de escritórios promovidos por arquitectos como Fernando Silva ou Conceição Silva.

O eixo urbano em estudo permitirá ainda estabelecer relações com a uma parte da cidade dos anos 30 e 40 na encosta voltada para o Parque Eduardo VII, possibilitando também compreender o início da expansão da periferia urbana e do impacto da vias rodoviárias urbanas. Todas estas layers temporais serão debatidas em função do idealismo lhes está associado. Deste modo pretende estabelecer-se linhas interpretativas que permitam relacionar estes pensamento prospectivo, com os modelos urbanos associados.

A meio do primeiro semestre será também realizado, em período de tempo limitado de 2 a 3 semanas, um workshop na cidade guineense de Bafatá, tendo como base a elaboração de um memorial/centro de estudos, em torno da figura de Amílcar Cabral.

Os respectivos enunciados de cada um dos exercícios serão fornecidos aos alunos em formulários distribuídos na sala de aula.

#### VERTENTE TEÓRICA

A vertente teórica da UC de Projecto Final de Arquitectura será desenvolvida, de acordo com a regulamentação expressa no REACC do DAU. Ao início do ano lectivo serão propostos 4 laboratórios de investigação, que colocarão linhas de pesquisa autónomas nas áreas científicas de História e Teoria da Arquitectura e do Urbanismo, da Economia, da Sociologia e das Tecnologias de Arquitectura, cada uma destas áreas terá um docente responsável. Os diversos programas de investigação serão lançados na primeira semana lectiva, cabendo

aos estudantes a escolha de uma das linhas de investigação.

Considerando a temática de fundo que orienta o programa desta Unidade Curricular, abrem-se possibilidades de investigação que serão especificadas e delineadas pelos docentes responsáveis de cada um dos laboratórios. Pretende-se deste modo que os trabalhos teóricos possam assumir-se como instrumentos de aprofundamento dos conteúdos programáticos traçados, em Projecto Final de Arquitectura.

## BIBLIOGRAFIA BÁSICA

HUXLEY, Aldous Admirável Mundo Novo, Livros do Brasil, Lisboa, 1981; (BNP)  
CONRADS, Ulrich Programs and Manifestos on 20th-century architecture  
TAFURI, Manfredo - Projecto e Utopia: arquitectura e desenvolvimento do capitalismo, Presença, Lisboa, 1985; (ISTE-IUL)  
TAFURI, Manfredo – The Sphere and the Labyrinth - Avant-Gardes and Architecture from Piranesi to the 1970s, MIT Press, Massachusetts, 1987; (ISCTE-IUL)  
FUKUYAMA, Francis O Fim da História e o Último Homem. Gradiva, Lisboa, 1992; (ISCTE-IUL)  
CHOAY, Françoise O Urbanismo, Utopias e Realidades - Uma Antologia, editora Perspectiva, São Paulo, 2002; (ISCTE-IUL)  
THOREAU, Henry David Walden ou a vida nos bosques, 2ª ed. Lisboa : Antígona, 1999 (BNP)  
SKINNER, B. F. Science and Human Behavior, The Free Press, Nova Iorque, 1965 (ISCTE-IUL)  
MORE, Thomas A Utopia, Guimarães & Ca, 8ª edição, Lisboa, 1992 (ISCTE-IUL)

Bibliografia complementar:

AA.VV. Revista AV - Pragmatismo e Paisagem, nº 91 de Setembro/ Outubro de 2001;  
DELEUZE, Gilles - El Pliegue, Ediciones Paidós, Barcelona, 1989  
MONTANER, Josep Maria – Después del Movimiento Moderno – arquitectura de la segunda mitad del siglo XX, 2ª ed., Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1995;  
MURPHY, John – O Pragmatismo – de Pierce a Davidson, Edições Asa, Porto 1993;  
SOLÀ-MORALES, Ignasi - Diferencias. Topografía De La Arquitectura Contemporánea, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1995;  
SOLÀ-MORALES, Ignasi – Territórios, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 2006;

## PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM

O modo como serão estruturadas as aulas e os exercícios seguirá o espírito do Processo de Bolonha, ou seja será incentivada a aquisição de competências, fundamentando a progressiva autonomia dos estudantes.

Será contudo fundamental, alicerçar-se um amplo debate sobre os trabalhos em curso, o qual será realizado nas horas lectivas da UC. Estão também previstos um conjunto de seminários temáticos que contribuirão para ampliar criticamente os conteúdos da UC.

## PROCESSO DE AVALIAÇÃO

Será atribuída uma classificação final (de 0 a 20 valores) no final do 2º semestre atribuída em júri.

No final do 1º semestre será dada uma classificação intermédia informativa do estado de progressão de cada aluno.

As classificações a atribuir terão em linha de conta a qualidade dos trabalhos elaborados. Será dada uma atenção à assiduidade que entrará como parâmetro no processo de avaliação.

Todo o processo de avaliação final da UC de Projecto Final de Arquitectura esta explicitado do REACC

## 1º WORKSHOP - Exercício de arranque e aquecimento

Lisboa, 18 de Setembro 2012

O exercício de arranque tem como objectivo enquadrar os estudantes nos pressupostos gerais da Unidade Curricular, funcionando como revisão sumária da formação adquirida nos 4 anos anteriores. Para tal será desenvolvido um projecto de carácter abstracto.

### MATERIAIS NECESSÁRIOS

- Objecto de uso comum;
- Papel cavalinho A2;
- Tinta da China;
- Materiais para maquete a definir em cada caso específico;

### METODOLOGIA E TAREFAS A DESENVOLVER:

Os estudantes constituem-se em grupos de 5 elementos, no seio de cada grupo deverão ser seleccionados objecto(s) de uso comum - algo tão inesperado e acessível que possa ser adquirido na numa grande superfície, achado na rua ou comprado na loja do chinês...

O objecto seleccionado deverá ser embebido (total ou parcialmente) em tinta da china, funcionando como carimbo que irá produzir marca(s) no papel cavalinho.

O processo deverá ser repetido por diversas vezes, procurando seleccionar-se uma marca gráfica que possa ser considerada mais estimulante para o desenvolvimento do exercício.

Seguidamente, no contexto do grupo, deverá realizar-se a apropriação de um excerto literário que possa ser ilustrado com a marca anteriormente seleccionada (o excerto literário não deverá ser maior que uma folha A4). A preocupação fundamental desta selecção deverá residir numa tentativa de conversão da mancha representada no papel cavalinho, em unidade espacial.

Posteriormente, considerando-se um volume de aproximadamente 30 dm<sup>3</sup> como limite, será realizada 1 maquete que fixe a espacialidade, previamente invocada pela marca gráfica e ilustrada pelo texto. Para a elaboração da maquete deverá definir-se a escala a que esta irá ser representada.

A materialização da maquete deverá contemplar um dos seguintes sistemas compositivos baseados em:

- planos;
- subtracções;
- Adições

### A ENTREGAR:

Marca gráfica em A2, que deverá ser afixada na parede da sala de aula;

Caderno com formato 21x21 cm onde se inclui:

- impressão digitalizada da marca seleccionada
- O texto ilustrativo;
- Imagens fotográficas da maquete;
- Plantas, cortes e alçados, a escala conveniente da maquete;
- Digitalização de uma sequência de pelo menos 5 esboços relativos às espacialidades representadas pela maquete. Estes esboços deverão ser elaborados por cada elemento do grupo (devidamente identificado);

- Deverá ainda ser reservada uma área do caderno para a demonstração do processo de realização de todo o processo em forma de story board, para tal deverá utilizar-se o recurso fotográfico

#### APRESENTAÇÃO:

Digital tipo Power-point, com exibição da maquete e marca na sala de aula.

#### CALENDÁRIO DO EXERCÍCIO

Início – dia 18 de Setembro

Entrega e apresentação – dia 4 de Outubro

## 2º WORKSHOP – Cidade Guineense de Bafatá

Lisboa, 30 de Outubro 2012

### 1. ARGUMENTO

Considerando a proximidade da comemoração dos 90 anos do nascimento de Amílcar Cabral (em 12 de Setembro de 1924) na cidade de Bafatá, pretende-se levar a cabo a edificação de uma estrutura que possa albergar um centro de estudos tendo como base o pensamento e a obra literária do fundador do Partido Africano para Independência da Guiné e Cabo Verde (PAIGC).

Este centro de estudos deve ser visto na esfera dos estudos pós-coloniais, devendo para tal ser pensado com o propósito do estabelecimento de uma leitura de amplo espectro, não só, em torno das décadas de 50 a 70 em que a acção política dos movimentos independentistas, no mundo colonial português, foi mais activa, como deve ser capaz de incluir uma leitura sobre o contexto social e político em que germinaram tais movimentos, estendendo-se ainda ao estudo do resultado contemporâneo da afirmação da independência de estados como a Guiné-Bissau.

O edifício a construir em Bafatá deve ser projectado com base numa estrutura efémera e de baixo custo, admitindo-se uma abordagem que integre elementos amovíveis de fácil montagem e desmontagem de modo que se possa considerar a edificação de um equipamento similar em outros locais do país. Pelas suas características programáticas este equipamento deverá abrir-se à cidade, podendo acolher actividades paralelas de interesse comunitário. Este projecto deverá ainda privilegiar toda uma reflexão sobre o ajustamento construtivo do edifício ao clima tropical.

### 2. BREVE DESCRIÇÃO DA CIDADE DE BAFATÁ

A cidade de Bafatá situa-se no coração do território da Guiné-Bissau e é banhada pelo Rio Geba.

O centro da cidade é fortemente marcado pela presença colonial portuguesa, visível tanto no traçado urbano, como também nos diversos estratos arquitectónicos que a qualificam.

É em torno de um boulevard que articula, no sentido Nodeste/Sudoeste, a principal entrada na cidade com o Geba, que o traçado de quarteirões urbanos se organiza. Este grande eixo, estruturante, conecta também os edifícios públicos mais marcantes da cidade.

Junto á entrada do núcleo urbano situa-se o hospital, desenhado em 1946 por João Simões, caracterizado por uma composição simétrica de volumetria térrea dando expressão à cobertura, alta, de telha cerâmica, recordando as construções vernaculares do Sul de Portugal.

Um pouco mais abaixo situa-se a área mais administrativa da cidade, neste núcleo inclui-se a casa do governador de características fino-oitocentistas e a escola integrando uma construção de aspecto eclético. A completar este sector urbano, existem ainda edifícios desenhados sob a matriz da arquitectura pública do Estado Novo, tais como a igreja com desenho de Eurico Pinto Lopes de 1950 e o posto de correios, realizado em 1943, por Francisco de Matos.

Ao fundo do eixo fundamental da cidade, já na proximidade da Rio Geba, localiza-se um largo, onde foi implantado o busto de Amílcar Cabral. Para este largo convergem edifícios como o mercado municipal delineado sob um tematismo moçárabe, bem como um núcleo de piscinas, possivelmente projectado na década de 60 e que actualmente se encontra em elevado estado de degradação. No contexto dos quarteirões podem observar-se construções de um, ou dois pisos, onde predomina a utilização de grilhagens cerâmicas e áreas alpendradas para sombreamento e ventilação nas construções. É neste núcleo habitacional que se situa a casa onde terá nascido Amílcar Cabral. A cidade de Bafatá encontra-se, de modo geral, num estado depressivo com pouca actividade, situação que contrasta fortemente com a sua periferia, de grande dimensão, agregadora de uma forte actividade comercial.

### 3. PROGRAMA

O programa deve incluir:

	Área bruta
Arquivo e Centro de Documentação	150,00 m2
Centro de Estudos e Pesquisas	150,00 m2
Centro de Formação	75,00 m2
Auditório	150,00 m2
Loja	50,00 m2
Total de área bruta	575,00 m2

### 4. METODOLOGIA:

- O trabalho será desenvolvido em grupos de 5 alunos;
- A implantação do Centro Interpretativo ficará a cargo de cada grupo de alunos;
- Como ponto de partida para a definição espacial, cada um dos grupos deverá reflectir sobre o exercício de aquecimento, desenvolvido no arranque do ano lectivo;

### 5. ELEMENTOS A ENTREGAR:

- Apresentação em formato power-point, para 15 minutos;
- Maqueta à escala 1:200 (ou outra a acordar com os docentes)
- Caderno 21x21cm, incluindo síntese gráfica e memória descritiva;
- 2 painéis de formato A1, incluindo simulações do edifício e plantas cortes e alçados;

### 6. DATAS DE ENTREGA:

- Apresentação dos projectos no dia 15 de Novembro, com base no power-point e maqueta;
- Entrega de painéis e caderno 21x21 no dia 23 de Novembro em horário a definir.

## TEMA II - Trabalho de grupo, 1º Semestre

18 de Setembro 2012

Numa das extremidades da área de intervenção, a Colina das Amoreiras, assumiu, maioritariamente a partir da década de 1980, um protagonismo urbano muito assinalável perspectivando-se para aquele local a implementação de um centro de negócios, à semelhança de outros modelos internacionais que potenciavam, na época, novas centralidades urbanas a partir do conceito de CBD (Central Business District). Esta convicção urbanística permitiu desenvolver naquele local um conjunto de novas inserções rodoviárias na cidade de Lisboa, atraindo outros investimentos que ampliaram os programas de comércio e serviços, à habitação e à hotelaria. Com o final do milénio os investimentos na área oriental da cidade, após a Expo 98, vieram retirar protagonismo urbano deste tecido urbano, sobretudo no que se refere à especialização com que se pretendia afirmar.

Passadas cerca de 3 décadas desde a construção do complexo das Amoreiras, é hoje possível lançar sobre aquela envolvente um olhar mais distanciado, dada a estabilização urbanística que actualmente se verifica.

O objectivo do Tema II passa pela definição de um conceito síntese caracterizador de leitura e interpretação da área de estudo. Com este exercício pretende também criar-se a base para o reconhecimento das potencialidades da colina das Amoreiras, que servirão de base para a elaboração de um projecto a desenvolver no 2º semestre ao abrigo do Tema III

### 1ª FASE - RECONHECIMENTO DO TERRITÓRIO

Numa etapa preliminar de aprofundamento da estratégia de intervenção num determinado território torna-se imprescindível o seu reconhecimento. Para esse efeito deverá possuir-se a informação necessária para avaliar as potencialidades dos sítios e os conflitos aí existentes, só assim será possível credibilizar a formulação das propostas.

O trabalho de grupo deverá proceder à recolha de informação, nomeadamente em áreas como:

- Caracterização biofísica da área de intervenção:- topografia, estrutura de espaços verdes, orografia e sistemas de drenagem natural; geologia - hidrologia; orientação e exposição solar.
- Evolução histórica da área de estudo:- caracterização do processo de formação do tecido edificado; recolha de plantas de várias épocas; monografias e descrições.
- Caracterização da mobilidade, potencialidades e estrangulamentos: caracterização de acessos, da rede viária; Percursos pedonais, etc.
- Caracterização da estrutura edificada, da distribuição de funções e dos espaços públicos: - Tipologias de espaços públicos; Estruturas urbanas existentes; Edificado com valor histórico e arquitectónico; Edificado recente consolidado; Estado de conservação; Espaços vazios; Espaços públicos; Equipamentos públicos e privado, etc.
- Planos Urbanísticos condicionantes, projectos mais relevantes para a área de intervenção:- P.D.M.; P.P.; Condicionantes Urbanísticas; Loteamentos; projectos mais relevantes para a área de intervenção.

### 2 FASE - PROGRAMA/CONCEITO/PROPOSTA

Na posse dos dados anteriormente recolhidos proceder-se-á à designação de um conceito síntese caracterizador de leitura e interpretação da área de estudo.

### ELEMENTOS A ENTREGAR:

- Explicitação de um argumento de transformação. Memorando, máximo 6 páginas A4.
- Planta de enquadramento à escala 1/5000 e ou 1/2000
- Planta da estrutura urbana à escala 1/1000



- Cortes significativos à escala 1/1000
- Esquemas gráficos e ou esquiços que explicitem a proposta e a sua integração na área envolvente.
- Simulações gráficas da proposta (esquissos, 3ds, fotomontagens)

Entrega intermédia: 25 de Outubro de 2012 (1ªfase)

Formato: caderno A3 e CD com o mesmo conteúdo.

Entrega Final: 28 de Janeiro de 2012

Formato: Caderno A3 (incluindo o memorando) e CD com Power Point.

Discussão e Apresentação do Trabalho: Semana de 29 de Janeiro a 1 de Fevereiro de 2011, em Power Point.

## TEMA III– Trabalho de grupo, 2º Semestre

Lisboa, 18 de Fevereiro de 2013

Tendo como base os resultados dos exercícios dos Tema I e II, é lançado um novo exercício que tem como objectivo reforçar a estratégia urbana na área de intervenção em estudo, definida pelo eixo entre o Largo do Rato e a colina das Amoreiras.

O exercício do Tema III incide na vertente do espaço público, ou seja o espaço de mediação entre as diversas propostas individuais realizadas no 1º semestre. Neste exercício pressupõe-se uma acção concertada, ao nível dos grupos de trabalhos, no sentido da clarificação das intenções de transformação preconizadas para o local. Através deste exercício deverão também intensificar-se os desejos (narrativos), definidos pelos grupos de trabalho, relativos ao perfil social dominante que habitará a colina das Amoreiras num futuro a médio prazo, de duas décadas.

Durante o espaço temporal em que decorrerá o Tema III deverão ser realizadas revisões de projecto, tendo em vista a melhoria das propostas individuais realizadas ao abrigo do Tema I, procurando-se o melhor ajustamento dos projectos às estratégias deste novo exercício.

### OS OBJECTIVOS DO TEMA III PASSAM PELOS SEGUINTE PONTOS:

#### 1. Definição de um plano de estrutura da área de intervenção.

Neste ponto deverão ser repensados, num primeiro momento, os argumentos que estão na base das escolhas dos locais de intervenção individuais, reflectindo sobre os pontos em comum que podem caracterizar as várias propostas. Num segundo momento deverá ponderar-se sobre uma possível centralidade [ou possíveis centralidades] que possam emergir no tecido urbano. Num terceiro momento deve ser definida uma estratégia de mobilidade e de utilização do espaço público;

#### 2. Definição de um projecto detalhado de caracterização do espaço público.

Neste ponto serão realizadas propostas concretas de projecto, com detalhes, definindo materiais, mobiliário urbano, espécies vegetais e todos os parâmetros julgados convenientes para o projecto de espaço público.

3. Enquadramento dos projectos individuais, realizados no Tema I, na estratégia projectual para o espaço público. Prevê-se que a estratégia de projecto, concertada em grupo, seja validada em projectos de pormenor na envolvente dos projectos individuais.

### ÁREA DE INTERVENÇÃO:

Percurso urbano entre o Largo do Rato e a Colina das Amoreiras

### METODOLOGIA:

1. Serão mantidos os grupos de trabalhos definidos no 1º semestre com aproximadamente 5 estudantes;
2. O exercício abrange toda a área de intervenção, devendo o grupo definir os momentos mais particulares onde as acções de projecto sobre o espaço público possam ser mais relevantes, agindo nesses locais com maior detalhe.
3. Individualmente, deverá ser detalhada a envolvente dos projectos realizados no Tema I

### ENTREGAS E AVALIAÇÃO:

1ª Entrega intermédia: 21 de Março, (power-point e maquetas esc. 1:1000/1:200 da área de intervenção e sua relação com as habitações);

Entrega Final: 23 de Abril de 2013 (desenhos e maquetas de escala a determinar pelo grupo, sugerindo-se a 1/1000 e 1/200

ou 1/50; caracterizações dos ambientes propostos; e caderno síntese em formato 21 x 21 cm)

Apresentação e Avaliação: 23 de Abril 2013

#### MODELO DE APRESENTAÇÃO

As apresentações finais das propostas serão realizadas em Grupo, sendo montado um júri para comentar os projectos.

## TEMA I - Trabalho individual, 1º Semestre

Lisboa, 18 de Setembro 2012

Tendo por base a área de intervenção estipulada na ficha de unidade curricular, localizada em Lisboa, no eixo entre o Largo do Rato e a colina das Amoreiras, propõe-se a elaboração de um exercício que permita o estabelecimento da relação entre a macro escala (análise estratégica do território) e a micro escala (intervenção arquitectónica detalhada).

Pretende-se que este exercício possa desencadear um debate centrado em leituras prospectivas em relação à sociedade. Como tal, em paralelo com a elaboração dos projectos de arquitectura deverá realizar-se, no contexto de cada grupo de trabalho, a definição de um perfil social que se preveja possível num futuro a médio prazo (2 décadas). Para tal algumas perguntas poderão colocadas, como por exemplo:

- como a organização económica e política poderá influenciar os modos de vida e a relação do individuo com a sua comunidade;
- em que medida a tecnologia poderá influenciar a organização social;
- de que modo os recursos naturais poderão influenciar as acções sobre o território e localização e organização do espaço doméstico;

O objectivo final do exercício consiste na elaboração de projectos para quatro habitações. Estas habitações serão encaradas como tipologia associadas ao universo social definido pelo debate atrás mencionado.

Caberá a cada estudante a decisão de onde implantar as habitações e de que modo estas se organizam, não só em função do espaço doméstico, mas também na sua relação como a envolvente urbana que suporta o exercício. Neste sentido, deverá o estudante ser capaz de estabelecer um discurso que lhe permita relacionar a proposta tipológica e habitacional com o trecho urbano que caracteriza a sua envolvente próxima.

### ÁREA DE INTERVENÇÃO:

Percurso urbano entre o Largo do Rato e a Colina das Amoreiras

### METODOLOGIA:

1. Num primeiro momento, serão constituídos grupos de aproximadamente 5 estudantes;
2. A área de intervenção será parcelada, pela docência da Unidade Curricular, de acordo com planta anexa, tendo como critério os diversos extractos temporais referidos na FUC;
3. Cada um dos elementos, de cada grupo, ficará individualmente afecto a uma das parcelas, anteriormente designadas.
4. Os projectos das habitações serão desenvolvidos individualmente dando seguimento ao âmbito do exercício;
5. Ao mesmo tempo que são desenvolvidas as propostas individuais, deverá ser mantido um debate, no seio de cada um dos grupos, que permita desenvolver uma estratégia de harmonização das várias intervenções.

### ENTREGAS E AVALIAÇÃO:

1ª Entrega intermédia: 25 de Outubro 2012 (caderno em formato A3) + maquete esc. 1:5000/1:2000 da área de intervenção e sua relação com as habitações;

2ª Entrega intermédia: 13 de Dezembro 2012 (caderno em formato A3)

Entrega Final: 28 de Janeiro de 2013 (desenhos e maquetas de escala a determinar pelo aluno, sugerindo-se a 1/1000 e 1/200 ou 1/50; simulações gráficas da proposta; e caderno síntese em formato 21 x 21 cm)

Apresentação e Avaliação: de 29 Janeiro a 1 de Fevereiro de 2013

## MODELO DE APRESENTAÇÃO

As apresentações finais das propostas individuais de cada um dos alunos serão realizadas por Grupo, sendo que, deverá apresentar-se a definição do perfil social pedido, associando-se uma a estratégia geral para a área de intervenção.

Entrega Final: 28 de Janeiro de 2012

Formato: Caderno A3 (incluindo o memorando) e CD com Power Point.

Discussão e Apresentação do Trabalho: Semana de 29 de Janeiro a 1 de Fevereiro de 2011, em Power Point.

## **TEMA IV– Trabalho individual, 2º Semestre**

Lisboa, 2 de Maio de 2013

Como conclusão do ano lectivo será realizado um trabalho individual que visa o estabelecimento de uma síntese em relação ao percurso de cada um dos estudantes. Este trabalho, pensado para ser desenvolvido no espaço do último mês de aulas, pressupõe a realização de um tema livre a enquadrar pelo próprio estudante. Condiciona-se apenas o desenvolvimento deste último Tema ao estabelecimento de uma relação em torno dos exercícios elaborados no curso do ano lectivo.

COMO LINHAS ORIENTADORAS SÃO LANÇADAS ALGUMAS PISTAS:

1. Aplicação directa de um ensaio extraído a partir do trabalho desenvolvido nos laboratórios;
2. Elaboração de projectos de extensão em relação ao programa lançados ao longo escolar;
3. Exercício específico de representação ou performativo em torno do projecto das habitações.

OS OBJECTIVOS DO TEMA IV PASSAM PELOS SEGUINTE PONTOS:

1. Desenvolvimento de competências ao nível da problematização em torno da arquitectura produzida por cada estudante. Este exercício será uma oportunidade para construir um enredo discursivo em torno do trabalho de projecto, enriquecendo os pressupostos de base com que cada proposta foi realizada
2. Consolidação da autonomia dos estudantes em relação aos temas desenvolvidos durante o ano lectivo. Ao solicitar-se que cada estudante construa o seu próprio enunciado, procura estimular-se a autonomia em relação ao acompanhamento e orientação dos docentes da UC de PFA.
3. Melhoria e credibilização das propostas individuais iniciadas no 1º semestre. Este exercício deve ser visto como oportunidade para retomar e solidificar as decisões de projecto inicialmente lançadas no âmbito dos exercícios anteriores, nomeadamente do exercício do Tema I.

ÁREA DE INTERVENÇÃO:

Área de intervenção atribuída em contexto de grupo a cada um dos estudantes;

METODOLOGIA:

1. O trabalho deverá ser realizado individualmente;
2. Cada estudante deverá socorrer-se dos meios que julgar conveniente para o desenvolvimento deste exercício;
3. O trabalho deverá evidenciar quer a autonomia, quer a capacidade de problematização de cada estudante.

ENTREGAS E AVALIAÇÃO:

O resultado deste exercício deverá ser integrado no contexto da entrega final de PFA

MODELO DE APRESENTAÇÃO

A decisão do suporte em que o exercício é desenvolvido fica a cargo de cada estudante, devendo contudo ser realizado relatório a integrar o caderno de formato 21x21 cm.

Laboratório de Tecnologias em Arquitetura

Ana Margarida Moural

ORIENTADOR VERTENTE TEÓRICA

Sara Eloy – Prof. Auxiliar do ISCTE-IUL

---

# VERTENTE TEÓRICA

---

A realidade virtual imersiva no processo de projeto  
a modelação do espaço tridimensional e a criação do ambiente imersivo





Bruce Branit (2007), World Builder

## Resumo

A arquitetura é cada vez mais uma área multidisciplinar onde a colaboração de diversas disciplinas permite dar origem a um mais informado entendimento do que é o espaço. Com esta colaboração de áreas procura-se, entre outros aspetos, promover a reflexão sobre o passado, o entendimento do presente e sobretudo sobre o modo como é possível intervir no presente alterando-o através de um conhecimento holístico da realidade. De entre as áreas de colaboração, as tecnologias da informação e a computação gráfica são aquelas que permitem agilizar e otimizar processos de projeto e sobre as quais se debruça esta investigação. Muitos são os elementos que podem contribuir para o processo de projeto arquitetónico. Entre o esquiço, o desenho rigoroso, a maquete de processo e, mais recentemente, a modelação digital 3D e os respetivos *renders* cada vez mais realistas, muitas são as ferramentas de que dispomos para um entendimento e controlo cada vez mais preciso do espaço.

No entanto há, e sobretudo em Portugal de forma ainda bastante acentuada, uma lacuna no que respeita ao uso de formas alternativas de visualização, controlo e alteração do espaço à escala real ainda numa fase inicial de projeto. É neste sentido que a realidade virtual e, em particular, os ambientes virtuais imersivos surgem como resposta a uma necessidade real em processo de projeto.

Para a realização deste trabalho foi feito uma avaliação inicial acerca das necessidades da arquitetura no campo da visualização e edição do espaço. Perante uma plataforma que possibilitasse uma interação à escala e em tempo reais foram avançadas hipóteses de trabalho que se pretenderam desenvolver e experimentar. O *software CaveH Spawner*, desenvolvido no centro de investigação ADETTI-IUL em parceria com a *Microsoft* Portugal, foi o sistema de eleição. Esta escolha implicou num primeiro momento a identificação das limitações da plataforma para conseguir delinear uma estratégia coerente para, no período disponível para esta dissertação, colmatar o máximo possível de falhas detetadas e, sobretudo, dotar num segundo momento o sistema de um vasto conjunto de soluções que aproximassem a plataforma das necessidades do arquiteto.

Como resultado principal deste trabalho, é possível assinalar o conjunto de informação e a metodologia definida para o funcionamento do *software* para que o uso deste sistema de realidade virtual seja simplificado, se torne apelativo e possa ser usado por qualquer estudante de arquitetura ou arquiteto. É ainda de assinalar os constantes avanços na tecnologia e a forma como eles estiveram diretamente dependentes da experimentação obtida através deste trabalho. São ainda apontadas algumas possíveis linhas de investigação futura que tendem a aproximar esta plataforma daquilo que será uma interação melhorada com o espaço virtual. Esta ideia permitirá que, para além de o espaço ser experimentado à escala real, o facto de ser possível controlar e alterar o espaço e as suas respetivas características diretamente através do ambiente de realidade virtual criado é, sem qualquer dúvida, a mais estreita relação “esquiço-resultado final” que é possível criar. O espaço virtual que é percorrido torna-se quase a folha de papel onde é possível esquiçar, apagar e refazer com a vantagem de que tudo isso acontece à nossa volta, à nossa escala.

**Palavras-chave:** realidade virtual imersiva, arquitetura, experiência à escala real, modelação 3D, CAVE



Bruce Branit (2007), World Builder

## Abstract

Architecture is becoming a multidisciplinary field where the cross-groups collaboration, with different backgrounds, is enabling a novel view over what the space is supposed to be. With this collaboration it is intended to promote a reflection about the past, the understanding of the present and especially about the possibility of intervening over the present modeling it through the holistic knowing of the reality. Among the collaboration areas, the information technologies and, specially, the computer graphics are those which turn possible the optimization of architectural processes, the main focus of this work. There are many elements that can contribute to the architectural process. Between the sketch, the rigorous drawing, the scale model and, recently, the 3D model and its photo realistic renders, there are plentiful of tools that are available for a greater understanding and control of the space.

However it is still an issue, especially in Portugal, the absence of alternatives as regards of the usage of alternative visualization forms, control and modification of the space at real scale when the project is still in the beginning. In this regard, the virtual reality (and virtual environments) arises as a response to an existing need in the architectural process.

Before the beginning of works, an evaluation of architecture needs in the space and visualization edition fields was performed. Faced with the need of a platform that could enable the development of real-time and real-scale interaction in order to accomplish the vision proposed, the CaveH Spawner software, developed by research center ADETTI-IUL and Microsoft Portugal, was the obvious solution. As a consequence of this choice, we were needed to identify all the limitations of a system that wasn't designed to serve architects and then plan to overcome those limitations and turn possible the development of this dissertation, realizing the true potential of the platform and contributing in the development process with new ideas and requests, that were used later to approximate the system of the architecture needs.

As a main result of this work, it is possible to point out the information set and the methodology defined to create a workflow that make it possible the usage of this virtual reality system by students or architects. It is also important to highlight the software advancements throughout the year and how those improvements were driven by the experimentations done during this work. There are also presented, as future work, some ideas and paths that will make the CaveH Software a better solution for architect's needs. More than just interacting with the virtual environment, the future solutions aim to enable the manipulation of the space and its environment. This will make it possible to have a sketch-alike experience, where the architect can experiment, erase and redo every single detail that matter, while keeping the real scale and the three-dimensionality.

**Key-words:** immersive virtual reality, architecture, real scale experience, 3D modelling, CAVE

# 1

## INTRODUÇÃO

---

135

- 1.1 Objetivos
- 1.2 Metodologia
- 1.3 Calendarização

# 2

## ESTADO DA ARTE

---

141

a realidade virtual imersiva

- 2.1 Conceitos, fundamentos e tecnologia
- 2.2 Investigação e trabalhos realizados
- 2.3 A realidade virtual aplicada à arquitetura
  - 2.3.1 Investigação e trabalhos práticos realizados
  - 2.3.2 Investigação realizada em Portugal

# 3

## FERRAMENTAS

---

161

PocketCAVE, software de modelação 3D e CaveH Spawner

- 3.1 Enquadramento do projeto no âmbito do ISCTE-IUL
- 3.2 Estrutura física
- 3.3 Software envolvido
  - 3.3.1 Modelação tridimensional do objeto
  - 3.3.2 Transposição entre software
  - 3.3.3 Importação do modelo e trabalho em Blender
  - 3.3.4 Lançamento do modelo no software CaveH Spawner que constitui a interface da CAVE

# 4

## O CAVEH SPAWNER EM ARQUITETURA

---

171

requisitos de utilização do sistema

- 4.1 Modelação 3D – utilização do Rhinoceros
- 4.2 Importação e definições no Blender
- 4.3 Transposição e definições do CaveH Spawner

# TRABALHO PRÁTICO

as habitações nas Amoreiras (tema IV)

5

183

- 5.1 Descrição do processo
- 5.2 Considerações sobre a viabilidade da RV imersiva e da PocketCAVE em contexto de projeto de arquitetura

# CONCLUSÃO

- 6.1 Disseminação
- 6.2 Trabalho futuro

6

191

- 7.1 Lista de acrónimos
- 7.2 Índice de imagens
- 7.3 Índice de tabelas

7

207



INTRODUÇÃO

1





# 1 Introdução

Há muito que a tecnologia se tornou uma ferramenta indispensável em várias vertentes do dia-a-dia. No entanto, em algumas áreas, e a arquitetura é um desses casos, ainda não se tira partido daquilo que parece vir a ser um dos caminhos do progresso e da inovação no que respeita ao processo de projeto. Talvez esta situação tenha por base alguma insegurança de que o processo intelectual/conceptual deixe de ter o arquiteto como principal agente e passe a ser demasiado dependente dos recursos, por enquanto algo limitados, disponibilizados pelas áreas relacionadas com a informática, destacando-se a computação gráfica e a interação pessoa-máquina.

A realidade virtual (RV) e, em particular, os ambientes virtuais imersivos (AVI) surgem neste contexto como uma opção melhorada daquilo que é atualmente utilizado como ferramenta essencial para a perceção da tridimensionalidade do espaço – a maquete – com o propósito de servir o processo projetual e otimizar a perceção do espaço sobretudo num momento em que surgem geometrias cada vez mais complexas ao nível da arquitetura (CARREIRO & PINTO, 2013).

Os ambientes imersivos potenciam antes de mais a experimentação quase real do que será o espaço construído e fazem-no à escala real. Este facto permite a interação com o ambiente a ser percorrido, já que os trajetos são escolhidos em tempo real pelo utilizador, assim como a exploração de outras sensações para além da visual – o tato, a audição, o olfato e a experiência térmica.

Dentro da área da RV existe um vasto leque de soluções que podem ser adotadas para a criação de um ambiente imersivo, disso são exemplo tecnologias como a *CAVE (Cave Automatic Virtual Environment)* ou o *HMD (Head-Mounted Display)*. Por questões relacionadas com o período de tempo destinado à realização desta dissertação, este trabalho focou-se unicamente na *CAVE* e na forma como esta pode de facto influenciar a forma de projetar e, como consequência, o próprio resultado final arquitetónico.

O resultado final da investigação mostra que através da definição de um conjunto de regras e de uma pipeline de tarefas é possível transpor um modelo digital 3D para um ambiente de realidade virtual imersiva de modo relativamente simples e a utilização deste ambiente imersivo enquanto ferramenta de perceção do espaço no momento de conceção é de extrema utilidade e não comparável com qualquer outro.

Assim, a presente dissertação tem como objetivo principal clarificar todo o processo de trabalho necessário a uma plena participação de arquitetos e estudantes na *CAVE*. Pretendeu-se definir requisitos de utilização que tornem o uso deste sistema o mais claro possível a qualquer projetista, para que esta ferramenta seja um objeto recorrente de trabalho deixando em aberto alguns caminhos possíveis para a investigação nesta área prosseguindo com os pressupostos aqui apresentados.

Para divulgação do trabalho realizado e como resultado final desta etapa, foi elaborado um artigo científico com o título “How space experimentation can inform design: immersive virtual reality as a design tool” publicado no âmbito da XVII Conferência SIGraDi (Sociedade Ibero-americana de Gráfica Digital) realizada no Chile em Novembro de 2013.

Foi ainda feita a apresentação do trabalho na exposição “Close to cities and closer to people” realizada em Outubro de 2013, no âmbito da Trienal de Arquitetura de Lisboa. Nesta exposição a *PocketCAVE* esteve disponível para uso de todos os interessados, dispondo do modelo criado durante este processo de investigação para visualização, visualização e motivação para realização de trabalho futuro nesta área por parte de todos mas sobretudo por parte da comunidade do MIA.

## 1.1 Objetivos

Os objetivos deste trabalho prendem-se com a vontade de tornar a realidade virtual imersiva uma tecnologia de uso amigável e mais próxima do mundo da arquitetura devido às suas potencialidades já reconhecidas. Neste sentido, a investigação desenvolvida tem por base todo o percurso necessário à experimentação prática em ambiente de RV imersiva de um projeto em desenvolvimento na vertente projetual da Unidade Curricular de Projeto Final de Arquitetura (PFA).

Assim, os objetivos do trabalho são:

- Explorar as potencialidades do uso da RV imersiva na *CAVE* e os seus benefícios para o desenvolvimento do trabalho em arquitetura, em complemento das outras ferramentas necessárias. Neste estudo analisam-se as vantagens que este método de apresentação do modelo do edifício traz para dois momentos do processo de projeto, a conceção e a apresentação.
- Definir requisitos para a utilização de um modelo tridimensional no ambiente *CAVE* com a tecnologia disponível na ADETTI-IUL, de forma a permitir que este sistema comece a ser utilizado em ambiente de ensino e também de projeto real por alunos do ISCTE-IUL, investigadores e profissionais exteriores.

Este estudo tem sempre presente as limitações ao nível da tecnologia disponível, o que por vezes não permitiu a exploração máxima de todos os elementos de um projeto de arquitetura. Por essa razão e pelo fato de se pretenderem utilizar vários métodos de conceção, representação e apresentação, o uso de ferramentas mais tradicionais em projeto de arquitetura será também uma constante ao longo do projeto desenvolvido em PFA.

## 1.2 Metodologia

A metodologia seguida nesta investigação e conseqüente trabalho prático passaram pelas seguintes fases:

- Exploração de diversos *software* de modelação 3D;
- Aprendizagem do processo de funcionamento da plataforma *CaveH Spawner*, desenvolvida pela ADETTI-IUL, e seus fundamentos básicos de funcionamento;
- Levantamento bibliográfico;
- Seleção e análise de casos de estudo;
- Definição e modelação do(s) modelo(s) a explorar na *CAVE*;
- Análise e sistematização do conjunto de possibilidades e limitações identificadas no sistema;
- Definição dos objetivos a atingir no modelo 3D de forma a explorar ao máximo as capacidades atuais do sistema (para ambientes exteriores e interiores);
- Definição da metodologia de uso do sistema de RV imersiva;
- Avaliação dos resultados obtidos com o modelo tridimensional; indicação de futuras linhas de investigação na área e produção do artigo científico.

### 1.3 Calendarização

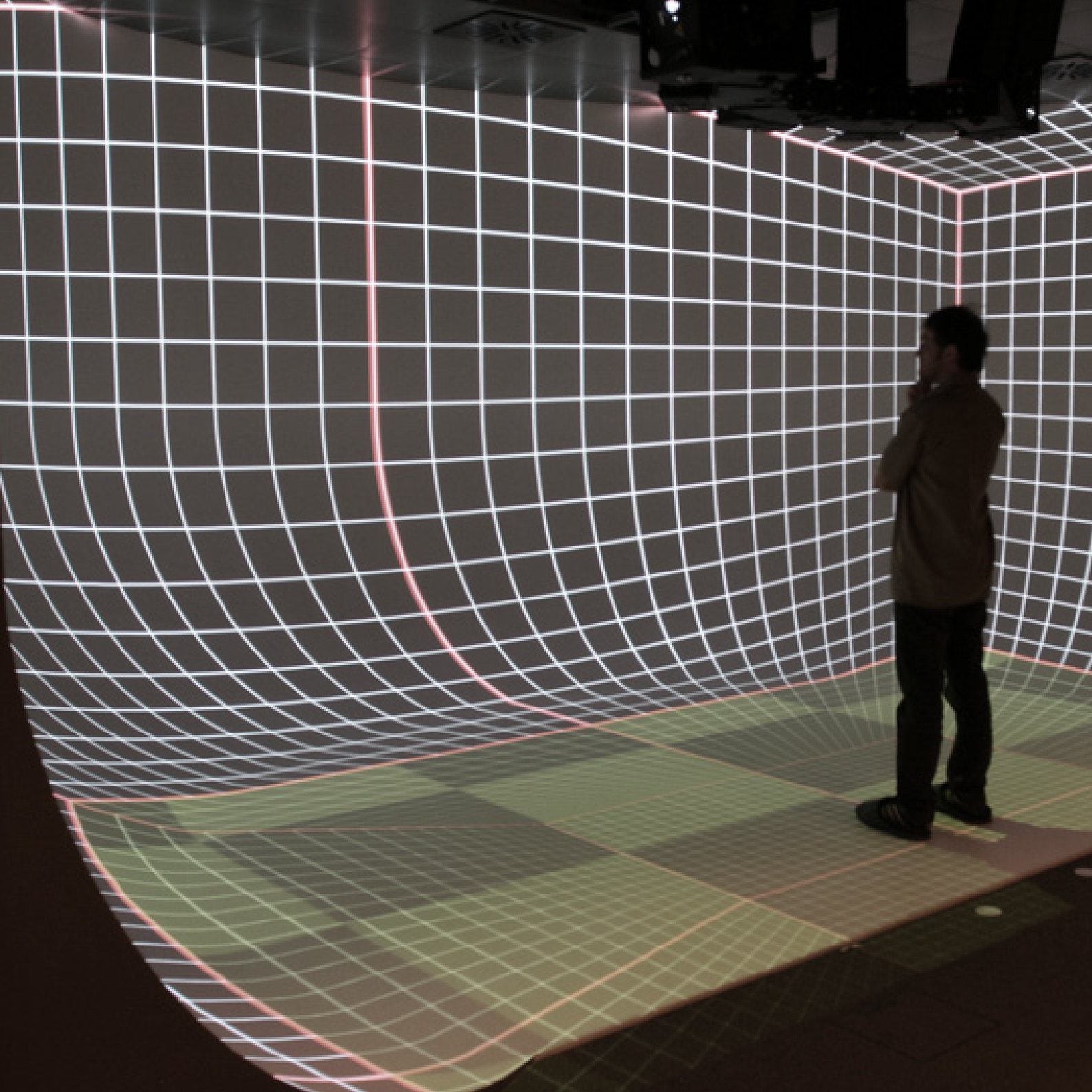
	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto
1) Análise de barreiras impostas pela tecnologia	■	■									
2) Definição do problema e da metodologia do trabalho			■								
3) Estado da arte				■	■						
Investigação sobre as várias ferramentas envolvidas											
Aplicações de realidade virtual em arquitetura (ensino e prática)											
4) Processo experimental			■	■	■	■	■	■	■	■	■
Definição da proposta arquitetónica a utilizar na CAVE											
Realização do modelo 3D da proposta											
Experiências com a CAVE/redefinição											
Definição dos requisitos necessários para a utilização da CAVE para simular de modo imersivo um ambiente interior arquitetónico											
5) Produção da primeira versão do abstract (SIGRADI)							■	■	■	■	■
6) Experiências com outros modelos						■	■	■	■	■	■
7) Escrita tese							■	■	■	■	■
8) Escrita do artigo científico (SIGRADI)										■	■



# ESTADO DA ARTE

a realidade virtual imersiva

2



## 2.1 Conceitos, fundamentos e tecnologia

Realidade virtual é uma expressão habitualmente usada para referir um conjunto de tecnologias que, entre outras aplicações, podem ser utilizadas para criar ambientes interativos, representando ou não ambientes reais, presentes ou passados (GONÇALVES & MENDES, 2003). Atualmente, e com tendência a que este uso aumente no futuro, esta tecnologia serve também o propósito de antecipar um ambiente futuramente construído ou, simplesmente, um ambiente conceptual. A possibilidade de manipular algumas das características dos espaços como a definição de percursos pelo utilizador, a manipulação da gravidade, a alteração de características (cor, forma, dimensões), abrem um vasto leque de possibilidades de exploração do espaço quase levada ao limite (KIEFERLE, 2000). Se realizadas em ambiente virtual (AV) e em tempo real, permitem que as alterações durante o projeto sejam informadas pela experimentação do espaço.

No entanto, é necessário começar por dar a conhecer um conjunto de informação acerca do que consiste a tecnologia que é ocultada ao utilizador comum. O *hardware*, o *software* - tanto de modelação como de navegação no ambiente – assim como alguns conceitos-chave associados ao processo são alguns dos aspetos a explicitar para que então se consiga compreender alguma da investigação feita na área e apresentada nos capítulos seguintes.

No que respeita ao conjunto de material físico do qual um sistema *CAVE* está dependente, este é composto por um conjunto de equipamentos, facilmente ilustrados a partir do esquema da Figura 1.

Trata-se, neste caso, de um conjunto composto por quatro telas de projeção (dois planos verticais e outros dois planos horizontais), os seus respetivos quatro projetores e dois espelhos. As telas dispõem-se em redor do utilizador criando o espaço imersivo. Quanto maior o número de superfícies a projetar, maior será a precisão da imagem e, conseqüentemente, maior será também o realismo, contribuindo assim para um maior impacto em quem a utiliza.

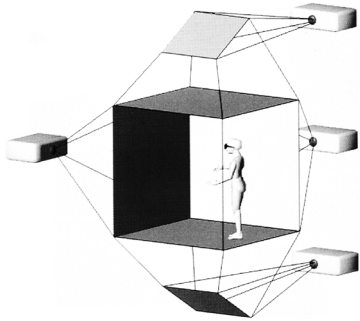
A perceção, por parte do utilizador, da imagem projetada está dependente de uma outra interface que permite a visualização tridimensional do objeto. Na maioria dos casos são utilizados óculos polarizados que asseguram uma visão estereoscópica (Figura 2). Os projetores geram duas imagens simultâneas, uma para cada olho; e, através da sincronização dos óculos com os projetores, para que cada olho veja a imagem correta, as várias projeções detetáveis a olho nu são transformadas em uma única dando origem a uma perceção tridimensional, numa tecnologia semelhante ao que hoje existe nas salas de cinema e até mesmo em algumas TVs.

Há ainda uma grande diversidade de acessórios que podem ser utilizados para interação com estes ambientes. Rato, teclado e *joystick* são os exemplos mais explorados até ao momento, no entanto são cada vez mais comuns dispositivos como luvas e capacetes que tendem a proporcionar uma interação e navegação cada vez mais intuitivas. No sentido de facilitar cada vez mais esta experiência para uma navegação ainda mais simples no AV, o *Kinect*<sup>1</sup> proporciona a interação com a plataforma sem que seja necessário qualquer outro tipo de acessório para além dos próprios gestos do utilizador.

Existem ainda outros sistemas que completam o AV aqui descrito, que é unicamente visual. Disso são exemplos sistemas de som, que acompanham o movimento e tornam a navegação ainda mais imersiva, ou até mesmo sensações como a temperatura e o vento. A adição destes elementos irá trazer uma perda de importância da experiência visual que é normalmente tida como o principal enfoque da navegação virtual.

The vision is known as the most important modality to navigate and localize objects in a virtual environment, because it provides very detailed information of what we look at. (...) Hearing is an always-open channel and it can capture information independently from the area that the eyes are looking at. (...) Presence and awareness are fully correlated with the amount of physical modalities used in a Virtual Simulation. The correct combination of audio and graphics in VEs will enhance presence and awareness and therefore improve collaborative or navigation tasks. If the user is capable of using both hearing and vision, a VE must use 3-Dimensional graphics and sounds. (AZEVEDO, 2013)





**Figura 1** - Esquema de projetores e respetivas telas de projeção; Disponível em <[http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/3D/Realidad%20Virtual/web/imagenes/dispositivos/CAVE\\_esquema.jpg](http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/3D/Realidad%20Virtual/web/imagenes/dispositivos/CAVE_esquema.jpg)>, Acedido em Fevereiro 2013



**Figura 2** - Óculos polarizados; Disponível em <[http://www.3duniversity.net/3dathomeconsumersite/images/Passive\\_glasses.jpg](http://www.3duniversity.net/3dathomeconsumersite/images/Passive_glasses.jpg)>, Acedido em Fevereiro 2013

(1) Trata-se de um sensor de movimento desenvolvido pela Microsoft para a consola Xbox 360 com vista a facilitar a interação pessoa-máquina. O sensor reconhece os movimentos realizados através da interpretação de cada nó do esqueleto humano (joelhos, cintura, ombros, cotovelos, pescoço) conjugando-os com um sistema de coordenadas baseado na profundidade recolhida através da projeção de uma grande quantidade de pontos de infravermelhos sobre o objeto.

(2) LivingLab é uma estrutura de investigação centrada nas necessidades do utilizador de um determinado sistema em estudo sendo, normalmente, o resultado da pesquisa feita pelas mais diversas áreas de investigação.

A presença de som leva a uma melhor orientação do utilizador no espaço virtual porque as referências passam a ser mais do que apenas as visuais, o que leva a uma maior assertividade na escolha de trajetos e a uma maior atenção a toda a envolvente. Por sua vez, experiências como a sensação de vento levam a uma maior imersividade num AV de simulação de um espaço exterior (AZEVEDO, 2013). Estas sensações são, portanto, bastante importantes num ambiente de RV, dotando a experiência visual de mais algumas propriedades.

## 2.2 Investigação e trabalhos realizados

Com o objetivo de perceber as tecnologias utilizadas atualmente em diferentes áreas de investigação de um modo internacional, foram estudados alguns casos que são seguidamente descritos. Tratam-se de situações bastante distintas no âmbito das investigações nas quais estão inseridas, no entanto têm o elo de ligação no ponto de partida para o seu desenvolvimento: a computação gráfica. Todas partiram com objetivos bastante próximos da área dos videojogos e foram, conseqüentemente, alvo de interesse de diferentes áreas da engenharia informática. Neste momento, todas elas se encontram em diferentes fases de trabalho. Para além dos óculos *Rift* que continuam a acompanhar e a servir sobretudo as áreas para as quais foram pensados de raiz, os videojogos, todas as outras continuam a ser desenvolvidas e servem sobretudo pressupostos de outras áreas (arquitetura, teatro, domótica), conforme apresentado seguidamente.

É, no entanto de salientar, a disponibilidade que a maioria das instituições onde estas tecnologias começam por ser desenvolvidas têm para estas áreas já referidas e a noção de que se vários interesses culminarem no mesmo trabalho, o sucesso pode tornar-se cada vez mais uma garantia.

### Art and Technology Studios VRLab

Chicago, Estados Unidos da América

Este *VRLab*, criado em 2001/2002 na *School of the Art Institute of Chicago*, é um espaço aberto a investigadores ou estudantes interessados em desenvolver para a plataforma ou simplesmente testar modelos 3D. É dada prioridade a iniciativas que visem desenvolver novos meios de interação com o sistema, sobretudo através de objetos do dia-a-dia procurando que a interação seja mais intuitiva e não seja necessário recorrer constantemente a dispositivos dispendiosos, como luvas e capacetes.

Este ambiente de realidade virtual *CAVE* é utilizado não só para simulação de espaços arquitetónicos, animação ou videojogos, como também nas áreas mais diversas como cinema, escultura, performance, música ou até mesmo simulação de instalações de arte ou eventos, disso é exemplo o projeto *Chisky de Mark Baldrige* (vídeo disponível em < <http://www.youtube.com/watch?v=GcgcR5SFklk&list=PL847DA01DF1EDF1E5&index=1> > Acedido em Julho 2013), um modelo de cinema interativo posto em prática nesta *CAVE*.

Assim, a *CAVE* tem um papel preponderante nesta escola por ser vista não como uma tecnologia específica mas como um resultado multidisciplinar que dá origem a uma plataforma pronta a responder às mais diversas necessidades, tornando-se assim uma ferramenta cada vez mais completa.



**Figura 3** - Navegação através de utilização do Kinect – deslocação, Captura de ecrã do vídeo disponível em <<http://www.youtube.com/watch?v=fxnMMVy9tFU>>, Acedido em Março 2013



**Figura 4** - Navegação através de utilização do Kinect - rotação, Captura de ecrã do vídeo disponível em <<http://www.youtube.com/watch?v=fxnMMVy9tFU>>, Acedido em Março 2013



**Figura 5** - Navegação através do Navisworks; Captura de ecrã do vídeo disponível em <<http://www.youtube.com/watch?v=iXwVTPtbxg>>, Acedido em Março 2013

(3) B baseado na informação obtida através de troca de e-mails com Mark J. Clayton e Julian Kang, Texas A&M University, Abril 2013

## A&M University

Texas, Estados Unidos da América

À semelhança do que é descrito no caso apresentado anteriormente, o sistema *CAVE* instalado no *A&M University* está à disposição de todos os interessados e é utilizado frequentemente por alunos das mais diversas áreas, nomeadamente arquitetura.

Ao contrário do que se tem verificado nos outros casos, este sistema de projeção funciona de forma um pouco diferente dos que já foram apresentados. Trata-se de um sistema de paredes, cada uma composta por um conjunto de quatro ecrãs (KANG, et al., 2012). Portanto, ao contrário da maioria das *CAVE* abordadas neste trabalho, esta não dispõe de um sistema de projeção (composto por telas e projetor) mas sim de um conjunto de doze monitores em ligação direta com os computadores que permitem a emissão da imagem (Figura 5). Este conjunto de três computadores funciona com base numa estrutura onde existe um computador “mestre” (servidor) e dois computadores dependentes (clientes) desse computador central. Desta forma, cada alteração feita ao sistema através de um dos clientes é enviado ao servidor de forma a que este transmita essa informação ao outro computador da rede. Assim, existe sempre um pequeno intervalo de tempo para o estabelecimento desta comunicação seja concretizado, fazendo com que seja notável uma progressão pouco fluente da imagem, tal como é possível verificar através da visualização dos vídeos publicados online por investigadores da universidade. No entanto, é assegurado por quem trabalha com o sistema que, embora exista um atraso na comunicação, o sistema corre, sem qualquer entrave, a maioria dos *software* utilizados pelos estudantes de arquitetura.

À semelhança do caso anterior, também aqui o sistema de navegação utilizado tem por base um *software* proprietário, neste caso o *Autodesk Navisworks*. Trata-se de um sistema que permite também um tipo de interações básicas com o ambiente criado, nomeadamente colisões e alterações do espaço. Por ser um dos *software* de eleição dos alunos para modelação 3D, é oferecida aqui uma enorme vantagem: a criação e a navegação no ambiente são feitas no mesmo *software*, o que evita a transposição entre plataformas e as possíveis incompatibilidades que daí poderiam advir.

Como pontos fracos é possível apontar os seguintes aspetos: a inexistência de visão estereoscópica, a ausência de um sistema de som associado e o facto da navegação ser feita unicamente com base no rato do computador, não dispendo de um outro qualquer instrumento de navegação/interação<sup>3</sup>.

## Centre for Affective Solutions for Ambient Living Awareness

Dundalk, Irlanda

Como resultado da cooperação do Netwell Centre e do Software Technology Research Centre, este LivingLab<sup>2</sup> surge nas instalações do Dundalk Institute of Technology, na Irlanda, com o objetivo de criar condições para o desenvolvimento e teste de sistemas integrados para monitorização de ambientes assistidos; por exemplo, no caso de pessoas idosas ou com algum tipo de deficiência física. Neste âmbito, o sistema de realidade virtual responde à tentativa de reprodução de ambientes específicos (interiores ou exteriores) numa fase inicial de testes onde é necessário criar e alterar as suas características enquanto são feitos testes de usabilidade com o público-alvo.

A *CAVE* utilizada nesta instituição dispõe de três telas de projeção vertical e uma horizontal (chão). A imagem projetada é conseguida através da utilização de quatro projetores DepthQ stereo 3D e dos respetivos óculos que possibilitam a visão estereoscópica (ReadD CrystalEyes). Na maioria dos casos, os softwares de eleição para modelação são o Google SketchUp e o Autodesk 3ds Max, no entanto a navegação em ambiente virtual é feita a partir de um outro software, o VR4MAX, por possibili-



**Figura 6** - Óculos Rift, Captura de ecrã do vídeo disponível em <<http://www.theverge.com/2013/1/7/3848914/oculus-rift-deep-inside-the-immersive-disorienting-virtual-reality>>, Acedido em Julho 2013

(4) Baseado na informação obtida através de troca de e-mails com Carl Flynn, CASALA – Netwell Centre, Dundalk Institute of Technology, Abril 2013

tar a fácil importação dos modelos a partir dos software utilizados para modelação e por permitir as interações consideradas necessárias: alteração dos parâmetros de navegação, sistema de colisões, animações e som<sup>4</sup>.

O sistema é disponibilizado também a entidades exteriores, investigadores ou até mesmo à indústria local que mostrem interesse em utilizá-lo para desenvolvimento de aplicações, novas formas de interação ou simplesmente teste de modelos tridimensionais em ambiente de RV imersiva. A arquitetura é também uma área que mostra interesse na plataforma, no entanto, apenas enquanto espaço para apresentação final de projetos e não tanto para experimentar o espaço e informar o processo de conceção.

Para além das formas tradicionais de interação com estes ambientes (rato e teclado, joypad, Nintendo Wii Nunchuk), esta CAVE dispõe já da possibilidade de navegação através de movimentos reconhecidos pelo *Kinect* (Figura 3 e Figura 4). Os comandos são dados, por exemplo, através da rotação da cabeça para o lado que se pretende direcionar o movimento ou da elevação da mão direita ou esquerda conforme se pretenda avançar ou recuar, respetivamente.

## Head-mounted display - o caso dos óculos Rift

Califórnia, EUA

Tal como na maioria dos casos apresentados, os óculos *Rift* começaram por ser desenvolvidos sobretudo com vista à área dos videojogos. Tratando-se de uma tecnologia ainda numa fase inicial do seu desenvolvimento, estes óculos ainda não estão disponíveis enquanto produto de consumo - espera-se que esta versão esteja disponível em 2014. No entanto, a *Oculus VR* – empresa responsável pelo desenvolvimento desta ferramenta – tem disponível, desde Março de 2013, o *Software Development Kit* (SDK) para quem esteja disposto a desenvolver novos conteúdos. Este SDK está, para já, disponível apenas para PC, sendo objetivo da empresa que o *headset* seja também futuramente compatível com as consolas de jogos da *Sony*, *Microsoft* e *Nintendo* de forma a que chegue ao maior número possível de utilizadores em diferentes plataformas e, conseqüentemente, com diferentes experiências de utilização.

Para já a navegação pelo AVI ainda não pode ser completamente livre de outros comandos (é disso exemplo a utilização apresentada na Figura 6. No entanto, existe ainda a possibilidade de combinar esta tecnologia com outras, como o *Kinect*, para libertar as mãos do utilizador do pouco amigável *joystick* ou qualquer outro tipo de comandos. O ângulo de visão de 110º horizontais e 90º verticais que tende a aproximar-se do campo de visão do ser humano (180º na horizontal e 100º na vertical) e a elevada definição da imagem (1080p na versão final e 720p na versão disponível no SDK) conferem a esta ferramenta um enorme realismo na imagem criada e na navegação virtual. Por se tratar de um objeto completamente independente de outros elementos como telas ou monitores, o espaço físico onde é utilizado não necessita de quaisquer condições específicas.

É no sentido de toda esta versatilidade que este se torna um objeto tão apelativo à área de investigação do presente trabalho. A possibilidade, por enquanto ainda um pouco vaga, de que este possa vir a ser uma ferramenta disponível ao nível da arquitetura permite a experiência do espaço arquitetónico sem recurso a grandes estruturas nem qualquer espaço físico específico. Desta forma, o espaço projetual em estudo pode vir a ser experimentado em qualquer lugar independentemente das circunstâncias ou dos meios disponíveis. A experiência será semelhante à que temos numa *CAVE*, no entanto com um ângulo de visão bastante mais alargado e sem a interferência de elementos do mundo real que, na maioria dos casos, torna a experiência menos imersiva.

Como refere Nathan Ingraham “3D world was a lot like seeing a 3D movie for the first time — it’s initially a shock to your system”. Com os óculos *Rift* talvez o choque seja consideravelmente maior, no entanto a adaptação a este meio será também bem mais natural devido à sua proximidade à realidade.



**Figura 7** - Navegação no modelo virtual do Largo da Sé; Disponível em <<http://www.diretorio.ufrj.br/aurelionogueira/estudos/index.htm>>, Acedido em Fevereiro 2013

## 2.3 A realidade virtual aplicada à arquitetura

### 2.3.1 Investigação e trabalhos práticos realizados

Dentro da área da arquitetura são ainda em número reduzido os trabalhos realizados recorrendo à RV como objeto principal de estudo. No entanto são aqui apresentados dois casos de trabalhos realizados em áreas bastante diferentes da arquitetura: um tem como objetivo o estudo aprofundado de elementos de grande relevância histórica para reconstrução e visualização de edifícios com vista à utilização nas mais diferentes vertentes; o segundo recorre à RV enquanto ferramenta essencial no trabalho aprofundado a realizar para sistematização de diferentes elementos a recolher para proceder a uma profunda requalificação numa zona bastante degradada.

São, portanto, casos bastante distintos – um com objetivo de compreender o passado, outro tentando facilitar intervenções futuras – no entanto ambos usam a RV como ferramenta e base fundamental do trabalho.

### Estudos de Realidade Virtual (RV) e Virtual Heritage (VH)

Rio de Janeiro, Brasil

O *Virtual Heritage* é uma tecnologia que tem por base a RV, permitindo reconstruções digitais para estudo de monumentos e património. Este projeto surge como resposta à necessidade de uma visualização mais prática e de fácil acesso para áreas como a educação, história, arquitetura, turismo e, até mesmo, do ponto de vista do restauro e da reabilitação.

Sendo este um ambiente desenvolvido sobretudo para apresentar os diversos estados do edificado ao longo dos tempos (construção e estado de conservação), é importante considerar que o modelo virtual de um monumento deve apresentar detalhes suficientemente realísticos (NOGUEIRA, s.d.) e que o VH permite eliminar características indesejáveis de um determinado espaço, por exemplo elementos contemporâneos existentes num espaço histórico do qual está a ser feito a reconstrução, para uma visualização mais precisa do objeto em estudo.

Trata-se de um trabalho essencialmente teórico apesar de apresentar alguns casos práticos em desenvolvimento na Universidade de São Paulo, para ambiente *CAVE*. Disso são exemplo projetos como a visualização tridimensional do centro histórico de Paraty, a visualização do modelo virtual do Largo da Sé (Figura 7), assim como o desenvolvimento de uma metodologia para visualização de obras de arte em ambiente virtual.

### Projeto de visualização tridimensional do Complexo do Turano

Rio de Janeiro, Brasil

Trata-se de um projeto, ainda numa fase bastante inicial, que tenta reunir e sistematizar através da RV uma série de informação relativa a esta favela do Rio de Janeiro. Pretende-se que neste ambiente seja possível visualizar todos os elementos edificados, vias, instalações sanitárias, assim como infraestruturas de água e eletricidade a fim de perceber toda esta rede deficitária de infraestruturas para que, com base nisso, seja possível melhorá-la.

A vasta área abrangida e o grau de pormenorização desejado parecem ser os entraves principais à realização total do projeto.





**Figura 8** - CAVE existente no HRLS; Disponível em <http://www.hrls.de/organization/av/vis/research/vr/velab/>, Acedido em Julho 2013



**Figura 9** - Navegação num ambiente urbano virtual na CAVE existente no HRLS; Disponível em <http://www.hrls.de/organization/av/vis/covise/applications-and-users/>, Acedido em Julho 2013

(5) Baseado na informação obtida através de troca de e-mails com Joachim B. Kieferle, Hochschule Rhein Main - Faculty of Architecture and Civil Engineering, Agosto 2013

No entanto, este seria sem dúvida um grande avanço no trabalho realizado na área, uma vez que teria impacto quer sob o ponto de vista da arquitetura quer sob o ponto de vista social, uma vez que serve sobretudo as intenções de melhoramento das condições de vida dos habitantes da favela (NOGUEIRA, s.d.).

## High Performance Computing Center Stuttgart

Estugarda, Alemanha

Ao contrário da maioria dos casos aqui apresentados, a CAVE existente no *High Performance Computing Center* (HLRS), desenvolvida em parceria com a *Hochschule RheinMain - Faculty of Architecture and Civil Engineering*, não utiliza *software* padrão do mercado já que dispõem de um *software* desenvolvido no âmbito desta investigação, COVISE - *Collaborative Visualization and Simulation Environment*, que permite a criação do ambiente imersivo. Trata-se portanto de uma plataforma totalmente aberta e disponível a constantes atualizações, o que pode levar a que este sistema funcione em qualquer área de trabalho já que as possibilidades de exploração e expansão tornam-se infinitas.

Esta CAVE é composta por cinco superfícies que limitam um espaço fechado onde não há qualquer interferência com o ambiente exterior circundante (Figura 8), o que aumenta exponencialmente a sensação de imersividade. Todas elas são retroprojetadas por um conjunto de cinco projetores que também se encontram no exterior da instalação e que possibilitam a visão estereoscópica em qualquer uma das superfícies.

Por estar localizada no centro de investigação da Universidade de Estugarda, esta CAVE é utilizada por diversas áreas, sobretudo relacionadas com as tecnologias de informação. No entanto existe um interesse cada vez maior demonstrado pela Faculdade de Arquitetura e Engenharia Civil da mesma universidade que a ela recorre regularmente para visualização de edifícios ou estruturas (Figura 9). Neste caso, a criação do ambiente virtual parte de uma base bastante simples, já que o *software* de modelação utilizado é o *3ds Max*, um dos *softwares* de eleição para modelação 3D nas mais diversas áreas, sobretudo a arquitetura. O modelo criado é posteriormente exportado em formato VRML para um outro, o *OpenCOVER*, que faz a adaptação deste formato para outro que irá ser importado pelo COVISE que, por fim, possibilitará a criação do AVI<sup>5</sup>.

Por se tratar de uma plataforma desenvolvida por investigadores da universidade e que utiliza o *3ds Max* como base para o arranque do trabalho, faz desta uma das CAVE mais interessantes para exploração de novos interesses da arquitetura nos mundos virtuais. Já há alguns anos que vêm a ser desenvolvidas formas de interação multimodais (WICKEROTH, 2009) com a plataforma para que a navegação não dependa somente do habitual conjunto rato e teclado, pelo que algumas das testadas possivelmente podem até já ter sido abandonadas devido à evolução constante da tecnologia.



**Figura 10** - Ambiente de navegação; Disponível em <[bit.ly/forumconimbriga](http://bit.ly/forumconimbriga)>, Acedido em Fevereiro 2013

(6) Baseado na informação obtida através de troca de e-mails com Alexandrino Gonçalves, Instituto Politécnico de Leiria, Fevereiro 2013

### 2.3.2 Investigação realizada em Portugal

Na tentativa de fazer uma aproximação ainda mais aprofundada à investigação que têm sido feita nesta área, tenta-se agora mostrar um pouco do panorama nacional e de que forma a RV tem vindo a ser cada explorada e começa agora também a ser pensada com objetivos bastante assentes na área da arquitetura e não só da computação gráfica.

Tal como no capítulo anterior, os casos aqui apresentados são bastante distintos: o primeiro visa a interpretação e a reconstituição histórica do que foi um edifício de elevada importância ao nível nacional; o segundo dá a conhecer uma investigação realizada no âmbito de uma tese de doutoramento que tem como objetivo primário o desenvolvimento de uma ferramenta que, de forma muito intuitiva, relaciona o esquiço com o processo de criação de uma maquete, neste caso, virtual. Já os últimos dois casos estão diretamente relacionados: o terceiro serviu o ponto de partida ao último caso, o mais importante no decorrer deste trabalho por se tratar do sistema e equipamento utilizados para o desenvolvimento do presente trabalho.

Os casos expostos neste subcapítulo são todos eles descritos com uma maior exatidão, seja pelo contacto estabelecido com a equipa que desenvolveu o primeiro modelo, a relativa proximidade à investigação que envolveu o segundo ou o trabalho direto e contínuo com a equipa de desenvolvimento do software utilizado no segundo e terceiro caso, para que este respondesse de forma cada vez mais precisa aos objetivos a que este trabalho se propõe.

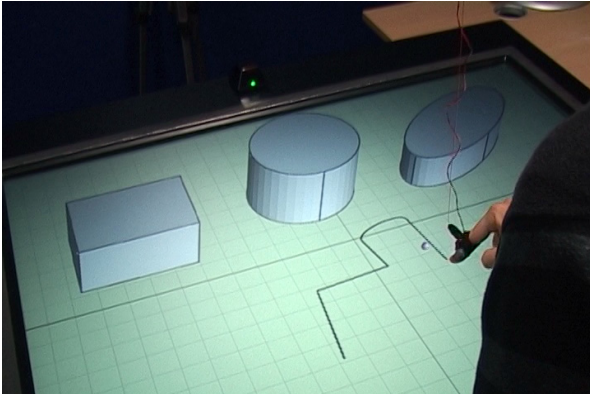
#### **Realidade virtual na reconstrução de ambientes históricos: o Fórum Flaviano de Conímbriga**

Leiria, Portugal

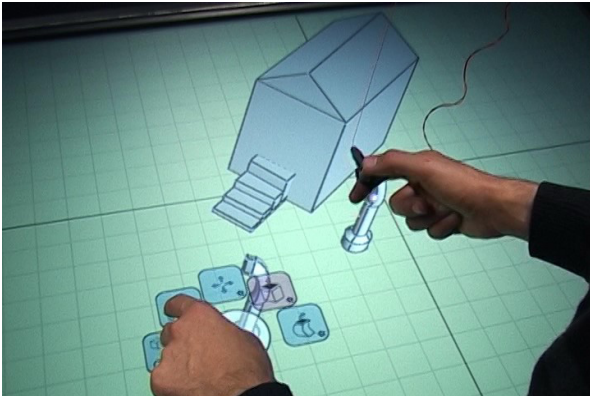
O trabalho realizado pela Escola Superior de Tecnologias e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria vem, mais uma vez, no seguimento da área mais explorada no nosso país ao nível da RV, a reconstituição de ambientes passados e de elevado interesse histórico. Trata-se da visualização e navegação totalmente livre dentro de uma das mais significativas edificações romanas na Península Ibérica – o Fórum Flaviano de Conímbriga (Figura 10) – o que leva por isso a uma enorme exigência do ponto de vista do rigor da investigação histórica e da representação tridimensional, no que respeita à modelação dos volumes individualmente, à disposição do espaço e mesmo às texturas das diferentes pedras utilizadas.<sup>6</sup>

No entanto, este projeto afasta-se um pouco do âmbito da presente investigação por se tratar de uma plataforma criada em VRML (Virtual Reality Modeling Language) otimizada para trabalhar online a partir de qualquer computador, tendo como requisito mínimo apenas uma estável ligação à internet. Esta aplicação terá, portanto, uma visualização sempre reduzida à escala do ecrã do computador, não estando disponível para um ambiente imersivo e à escala real, ou seja, não está disponível para um sistema CAVE.

Através do contacto mantido com a equipa de desenvolvimento desta plataforma, representada pelo Professor Alexandrino Gonçalves, foi prontamente disponibilizado o modelo VRML para que pudesse ser adaptado e posteriormente testado na PocketCAVE, utilizada na ADETTI-IUL. Por questões relacionadas com a limitação de tempo, esse é um trabalho a realizar futuramente.



**Figura 11** - Desenho e extrusão de formas aleatórias (ARAÚJO,2012)



**Figura 12** - Manipulação e criação de objetos utilizando ambas as mãos (ARAÚJO, 2012)



**Figura 13** - Centro de Ciência Viva do Lousal, vista exterior (Agosto 2013)

## Mockup Builder: modelação em tempo real

Lisboa, Portugal

Este trabalho desenvolvido no Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores – Investigação e Desenvolvimento em Lisboa (INESC-ID) em parceria com a Faculdade de Arquitetura da Universidade Técnica de Lisboa (FA-UTL) tem como objetivo o desenvolvimento de uma plataforma que possibilite a criação, edição e manipulação de modelos tridimensionais utilizando para isso um reduzido conjunto de operações (ARAÚJO, et al., 2012).

Por ser uma ferramenta desenvolvida com o objetivo de servir, sobretudo, arquitetos e designer tenta conjugar o esquiço com o modelo tridimensional. Assim, o funcionamento tem por base as lógicas de trabalho do *Sketchup* – desenho de formas que quando extrudidas dão origem a volumes (Figura 11) – de forma a ser de fácil adaptação por parte dos profissionais destas áreas que já estão familiarizados com esta plataforma. A interação pessoa-máquina tenta ser o mais natural possível recorrendo ao uso das mãos (Figura 12) – a mão principal é a que comanda a criação das formas, a secundária gere a gama de operações que pode ser feita – para controlar todo o processo e a mesa onde a imagem é projetada, em conjunto com os óculos estereoscópicos, possibilitam a visualização estereoscópica dando origem ao ambiente imersivo.

Trata-se de uma investigação feita no âmbito de uma tese de doutoramento que tenta conjugar a realidade virtual e os ambientes imersivos com as necessidades de desenhar e modelar de forma expedita para que uma ideia inicial seja rapidamente testada tridimensionalmente e alterada sucessivamente sem que para isso sejam gastos inúmeros recursos físicos na produção de maquetes reais.

## CAVE-Hollowspace: Centro de Ciência Vida do Lousal

Grândola, Portugal

No seguimento de uma parceria entre várias universidades (ISCTE-IUL, Instituto Superior Técnico, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa e Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro) e enquadrado na rede dos Centros de Ciência Viva, o Centro do Lousal (Figura 13), gerido pela Fundação Frédéric Velge, conta com uma *CAVE - CAVE-Hollowspace* - que, tendo por base o mesmo software que é utilizado na *PocketCAVE – CaveH Spawner* - proporciona aos visitantes uma visita interativa pelas minas que se encontram atualmente desativadas desde 1988 e que, até então foram um dos polos dinamizadores da região (Figura 14). A RV é assim utilizada na reconstrução de um ambiente em parte já perdido ou degradado, um dos objetivos primeiros da utilização desta tecnologia (GONÇALVES, et al., 2006).

A estrutura de dimensões bastante alargadas (5.60x2.70x3.40m) (Figura 15) encontra-se instalada num edifício pré-existente, pelo que teve que ser concebida especificamente para o espaço disponível. Trata-se de um dos antigos armazéns utilizados para armazenamentos dos minérios extraídos onde foi criado um compartimento isolado acústica e visualmente do restante espaço de forma a criar um ambiente desejado para que a experiência seja o mais imersiva possível.

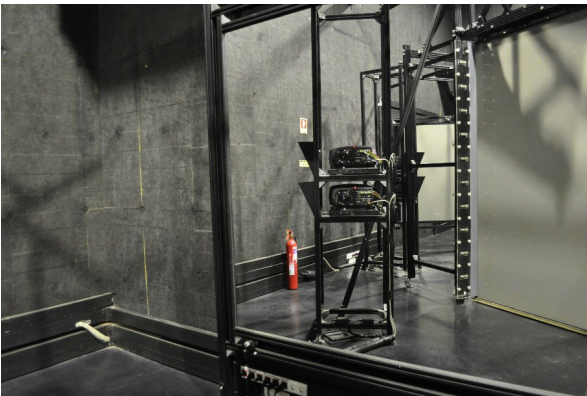
À semelhança do que acontece na maioria dos sistemas semelhantes que tentam adaptar-se a um espaço de dimensões algo limitadas, este conta com um conjunto de espelhos (3.0x3.0m) que permitem ajustar a distância entre a fonte da projeção e o alvo (Figura 16 e Figura 17). Esta *CAVE* conta com seis planos de projeção (um esquerdo, um direito, dois frontais e dois no chão),



**Figura 14** - Instalações das antigas minas do Lousal (Agosto 2013)



**Figura 15** - CAVE Hollowspace (Agosto 2013)



**Figura 16** - Conjunto de dois projetores e respetivo espelho localizados atrás das superfícies laterais de projeção (Agosto 2013)



**Figura 17** - Dois conjuntos de dois projetores que asseguram a imagem das projeções frontais em ambos os planos (Agosto 2013)

onde as imagens são retroprojetadas e onde cada um deles alvo de dois projetores que emitem imagens à velocidade de 60 frames por segundo e com uma resolução de 8.3 mega pixel cada. Cada projetor reproduz uma imagem que será recebida por cada olho, a junção de ambas formam então o efeito de estereoscopia. No entanto, apenas o plano frontal e horizontal possibilitam uma visualização stereo através do uso de óculos polarizados, os dois laterais apenas contribuem para a criação de um campo de visão mais abrangente de forma a aumentar a amplitude da visão periférica.

Existe ainda um sistema de som instalado que potencia a maior integração do utilizador no ambiente simulado.

Esta *CAVE* é um espaço aberto a investigadores que queiram explorar as potencialidades da RV e testar os seus trabalhos naquilo que é, até ao momento, um dos mais avançados sistemas de projeção tridimensional disponível no território nacional (BASTOS & DIAS, 2008) e (COSTA, et al., 2007).

## **PocketCAVE: ADETTI-IUL**

Lisboa, Portugal

Após a investigação feita com base na *CaveH* e no âmbito de uma colaboração entre a *Microsoft* e a ADETTI-IUL, foi instalada em meados de 2012 a *PocketCAVE*, relativa ao projeto QREN 7943 CNG - Conteúdos de Nova Geração, com o objetivo de tornar esta ferramenta mais próxima e acessível aos estudantes e investigadores da ADETTI-IUL e do ISCTE-IUL com áreas de investigação no domínio de ambientes imersivos e interação pessoa-máquina.

Assim, embora de dimensões mais reduzidas quando comparada com a *CaveH*, a *PocketCAVE* dispõe de um único conjunto tela-projetor que também possibilita a visão estereoscópica. Ambas as *CAVE* funcionam com base no mesmo software o que possibilita a transição expedita entre ambos os sistemas. Desta forma, é possível criar um modelo a partir do trabalho desenvolvido unicamente num dos locais, assegurando que será totalmente compatível com o outro.





# FERRAMENTAS

PocketCAVE, software de modelação 3D e CaveH Spawner

3



### 3.1 Enquadramento do projeto no âmbito do ISCTE-IUL

Este trabalho tem como objetivo expor a metodologia necessária para a utilização total do sistema de RV imersiva *CAVE* para o desenvolvimento de projetos de arquitetura. Recentemente foi adquirida um equipamento *PocketCAVE* para a ADETTI-IUL que se pretende que seja utilizado por investigadores e alunos quer das áreas de Tecnologias da Informação, concentrados no Departamento de Ciências e Tecnologias da Informação, quer de Arquitetura, provenientes do Departamento de Arquitetura e Urbanismo. A junção destes dois departamentos na Escola de Tecnologias e Arquitetura do ISCTE-IUL tem vindo a ajudar a promover esta ligação entre as áreas cuja investigação conjunta tem crescido nos últimos anos.

No âmbito desta investigação, assim como do desenvolvimento do modelo parcial do campus do ISCTE-IUL, e como forma de divulgação do decorrente trabalho foi realizada (a 29 de Abril de 2013) pela autora do presente trabalho e pela restante equipa do Mestrado Integrado em Arquitetura (MIA) que atualmente se dedica a esta área, uma demonstração aos alunos do 1º ano do MIA que estavam a frequentar a UC de Gramáticas de Composição e Representação II (Figura 18). Esta sessão teve como objetivo a apresentação e demonstração do software principal e dos restantes também utilizados durante o processo. Nesta sessão procurou-se reforçar a possibilidade de experimentação dos ambientes imersivos de RV por parte dos alunos do 1º ano de forma a ainda dar-lhes mais uma ferramenta para o trabalho em arquitetura e sobretudo cativá-los e motivá-los para uma possível continuação da investigação nesta área durante a sua passagem pelo ISCTE-IUL.

### 3.2 Estrutura física

A *PocketCAVE* da ADETTI-IUL é, conforme referido anteriormente, uma estrutura subjacente à estrutura da *CaveH* instalada no Lousal. Devido às limitadas dimensões do espaço onde a mesma se encontra, o sistema de projeção funciona com um único projetor *DepthQ HDs3D-1* (Figura 19) diretamente apontado para uma tela de 3.29x2.10m (Figura 20). A visão estereoscópica é possibilitada pela placa gráfica Quadro 5000 da *nVidia* que, em conjunto com cada um dos quatro pares de óculos disponíveis (Figura 21), possibilita o efeito estereoscópico com o fim de proporcionar uma experiência mais imersiva.

### 3.3 Software envolvido

O processo para utilização de um modelo em *CAVE* passa por quatro passos e respetivos software:

- i) modelação tridimensional do objeto;
- ii) transposição entre *software*;
- iii) importação do modelo e trabalho em *Blender*;
- iv) lançamento do modelo no *software CaveH Spawner* que constitui a interface da *CAVE*.



**Figura 19** - Projetor DepthQ HDs3D-1 (Agosto 2013)



**Figura 20** - Tela de projeção (Agosto 2013)



**Figura 21** - Óculos polarizados (Agosto 2013)



**Figura 18** - Demonstração da PocketCAVE nas instalações da ADETTI-IUL (Abril 2013)

### 3.3.1 Modelação tridimensional do objeto

Tendo em conta o trabalho a realizar na fase seguinte, foram comparados diversos *software*, indicados na Tabela 1, com o objetivo de analisar as suas vantagens e desvantagens para um trabalho de arquitetura que tem como objetivo final, neste caso, a exportação para o *software CaveH Spawner* e assim decidir qual seria o mais indicado para a modelação 3D.

Software	Vantagens	Desvantagens
AutoCad 3D (Autodesk)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Precisão no desenho</li><li>- Existência de linha de comandos</li><li>- Desenvolvido sobretudo para o trabalho em arquitetura</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Grandes limitações na modelação de superfícies não ortogonais</li><li>- Modo 3D funciona como conjugação de vários UCS e não como modelação tridimensional</li><li>- Exportação de um objeto único e sem texturas para Blender</li></ul>
Revit (Autodesk)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Precisão no desenho</li><li>- Existência de linha de comandos</li><li>- Desenvolvido sobretudo para o trabalho em arquitetura</li><li>- Melhores resultados ao nível do desenho 2D, quando comparado com os resultados obtidos na modelação 3D</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Exportação de um objeto único e sem texturas para Blender</li></ul>
Blender (Blender Foundation)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Animações</li><li>- Bom desempenho no que respeita ao mapeamento de texturas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Interface não pensada com vista ao trabalho do arquiteto</li><li>- Ausência de linha de comandos</li></ul>
Rhinoceros (Robert McNeel & Associates)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Precisão no desenho</li><li>- Existência de linha de comandos</li><li>- Possibilidade de criação de linhas nas interseções de superfície</li><li>- Exportação dos vários elementos em separado para Blender</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Não realiza animações</li><li>- Limitações ao nível da renderização – esta desvantagem diminui quando instalados plug-ins para esse efeito</li></ul>

Tabela 1 - Comparação entre vários software de modelação

Formatos de exportação dos vários software utilizados

	.stl	.fbx	.3ds	.dxf	.obj	.dwg
AutoCAD 3D	x	x				x
Revit		x				x
3ds Max	x		x			
Rhinoceros	x	x	x	x	x	x

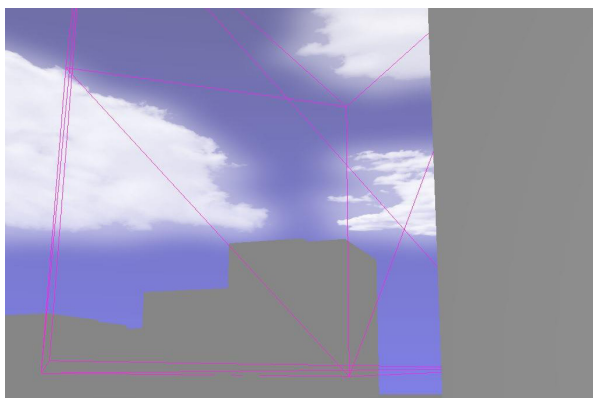
Formatos de importação em Blender

	.stl	.fbx	.3ds	.dxf	.obj	.dwg
Blender	x		x		x	

	.stl	.fbx	.3ds	.dxf	.obj	.dwg
Blender		x	x	x		

**Tabela 3** - Formatos convertidos para OBJ, pelo FBX Converter

**Tabela 2** - Formatos de exportação dos vários software utilizados e formatos de importação em Blender



**Figura 22** - Vista de um cubo em modo wireframe – captura de ecrã no CaveH Spawner

### 3.3.2 Transposição entre software

O passo seguinte consiste na transposição do modelo tridimensional realizado num dos *software* referidos em 3.3.1. para o *software Blender*.

Cada um dos *software* usados exporta modelos em vários formatos (Tabela 2). Assim, em alguns casos, é necessário utilizar uma aplicação, p.e. o *FBX Converter*, que converte alguns formatos standard de modelos tridimensionais em formato OBJ (Tabela 3), de forma a ser aceite pelo *Blender*.

A análise empreendida em todos os *software* permitiu identificar quais os formatos de ficheiro que facilitam esta transposição entre diferentes *software* (Tabela 2 e Tabela 3). Numa situação ideal, o modelo seria trabalhado de raiz em *Blender* para que todo o trabalho desenvolvido fosse realizado somente entre *Blender* e *CaveH Spawner*. No entanto, por razões relacionadas com a menor exigência de rigor incluída num modelo tridimensional desenvolvido neste *software*, é pouco viável que um projeto de arquitetura seja concretizado unicamente com base nesta plataforma, já que se trata de um trabalho bastante exigente do ponto de vista do rigor dimensional e o *Blender* não consegue garantir totalmente este parâmetro. De facto, o *Blender* é um *software* desenvolvido sobretudo com vista à modelação, animação, renderização e edição de vídeo para criação de jogos e aplicações interativas, disponibilizando por isso também o seu motor de jogos integrado – *Blender Game Engine*. Trata-se, portanto, de um software orientado a outras áreas que não a arquitetura.

No caso de um modelo criado a partir de outro software que não o *Blender*, e que seja posteriormente utilizado para visualização em *CAVE*, é preferível utilizar *3ds Max* ou *Rhinoceros*, já que ambos exportam o modelo em elementos independentes facilitando assim o posterior trabalho realizado em *Blender*, conforme explicado mais à frente. No entanto, a exportação dos modelos já com a aplicação de materiais e texturas e respetivas características é algo bastante difícil de concretizar pois os formatos de importação aceites pelo *Blender* são bastante limitados (Tabela 2).

Por questões relacionadas com a representação interna dos modelos 3D, o *AutoCad 3D* veio a revelar-se o *software* com mais limitações neste processo, pois o seu funcionamento não envolve a modelação de volumes puros mas sim o *CAD (2D)* em vários *UCS (User Co-ordinate System)* que, quando conjugados, formam a tridimensionalidade.

### 3.3.3 Importação do modelo e trabalho em Blender

Após a importação do ficheiro exportado em qualquer um dos formatos acima indicados como válidos (Tabela 2) para *Blender*, seguem-se os procedimentos mais significativos deste trabalho a fim de uma visualização e navegação que satisfaçam os objetivos pretendidos. Trata-se, sobretudo, de um conjunto de definições e que irá posteriormente permitir o correto funcionamento do sistema de física (colisões, interações com objetos, movimento) e controlar a aparência dos objetos da cena.

Este processo é descrito mais à frente em 4.2, de forma a assegurar que o modelo estará efetivamente pronto para ser compilado e lançado seguidamente no *CaveH Spawner*. É, no entanto, de extrema importância explicitar alguns conceitos que serão tidos em conta constantemente durante o processo a realizar em *Blender*.



## Entidades

Para que seja possível a navegação correta no ambiente imersivo, ou seja, de forma a que se consiga algo tão simples como entrar e sair de cada objeto presente na cena, é necessário atribuir algumas características aos objetos que lhe darão propriedades no sistema de física. Para que esse processo seja feito de forma bastante expedita, foram criadas entidades dotadas dessas mesmas características que podem ser atribuídas a cada objeto em particular ou a um conjunto em simultâneo.

Assim, temos então atualmente disponíveis e em pleno funcionamento as seguintes entidades:

- Elemento que define a localização inicial do percurso (*info player start*): define a localização inicial da personagem no espaço virtual. É a partir deste elemento, representado como uma câmara na cena, que é possível também definir a orientação do campo de visão da personagem no ponto inicial e será também este que possibilita uma melhor adaptação do utilizador à escala do espaço no sentido em que tanto o diâmetro máximo como a altura, o peso e a velocidade de deslocação são totalmente personalizáveis de forma bastante simples.

- Objeto com representação no sistema de física (*misc model*): objetos estáticos da cena com os quais a personagem não consegue interagir. Estas entidades irão criar volumes paralelepípedicos (visíveis no sistema de física mas invisíveis no espaço de navegação) que impedem a aproximação aos objetos e consequentemente a interação. São, por isso, objetos de fraca relevância na cena.

- Objeto com representação no sistema de física (*map geometry*): objetos da cena com os quais é possível haver interação. Esta deve ser a entidade a atribuir a todos os objetos através dos quais é necessário que haja passagens. Aplica-se, p. e., a uma parede onde existam vãos ou qualquer outro tipo de elementos que definam uma passagem.

- Objeto sem representação no sistema de física: entidade ainda em fase de desenvolvimento e de testes que visa possibilitar, quando combinadas com uma das duas primeiras anteriormente referidas, a sobreposição do objeto com outro em modo *wireframe* (Figura 22). Esta possibilidade pretende criar uma alternativa de visualização que combina os volumes sólidos com os polígonos que definem as respetivas superfícies do objeto.

## Triggers de distância

A fim de aumentar a interação da personagem com a cena, é ainda possível criar ações despoletadas pela proximidade a um determinado objeto. Desta forma, e após defini-lo como *misc model*, é possível atribuir esta característica a qualquer elemento da cena, sendo ainda possível definir a sua visibilidade – a entrada no raio definido como área de ativação irá despoletar a ação, mesmo no caso de o objeto despoletador ser invisível.

Contudo, é fundamental reforçar o contexto no qual, até ao início deste ano letivo, este *software* tinha vindo a ser desenvolvido. Dedicado sobretudo à área dos videojogos e interações semelhantes, existem vários *triggers* disponíveis que não têm uma aplicação imediata à área da arquitetura tal como ela é vista no contexto mais tradicional quer da prática quer da formação em arquitetura nacional. São disso exemplo:

- Adicionar objeto (aquando da aproximação ao objeto definido como *trigger*, dá-se o aparecimento de outro determinado objeto)

- Alterar *gadget* (a personagem pode transportar consigo um elemento que é alterado quando entra no raio de ativação)

- Vibração de câmara

Com todo o interesse para o trabalho de arquitetura existem os seguintes *triggers*:

- Mudar cenário (possibilidade de alternar entre dois ambientes criados)

- Iniciar animação (p.e. aquando da aproximação de uma porta é possível que a mesma se abra ou que uma luz se acenda ao aproximar a personagem de um interruptor)
- Iniciar vídeo (possibilidade de visualização de um vídeo, p.e. sobre um qualquer aspeto relevante do projeto aquando da aproximação ao mesmo. Este trigger deverá funcionar sobretudo quando a RV é utilizada como meio de comunicação de um resultado final)
- Iniciar som (iniciar som ambiente, p.e. num espaço publico ou urbano onde há bastante movimento e, conseqüentemente, ruído)

## Modo wireframe

Este modo de visualização foi totalmente pensado de raiz no decorrer deste trabalho e teve como principal objetivo simplificar o processo de transposição do AV para a CAVE. Pretende-se com isto que o trabalho de atribuição de materiais e respetivo mapeamento de texturas, também realizado em *Blender*, possa ser deixado para segundo plano quando o objetivo é a experimentação do espaço numa fase ainda bastante inicial do processo de projeto. Pretende-se com isto dizer que nesta fase a perceção de superfícies, planos e espaços é o essencial e não, ainda, as questões relacionadas com a materialidade de cada elemento em particular.

O desenvolvimento desta nova característica do software encontra-se ainda numa fase inicial e de testes a fim de aproximá-lo o mais possível dos interesses relacionados com o processo de projeto de arquitetura, no entanto já está disponível a qualquer utilizador um botão no *Blender* que permite ativar essa característica. Atualmente as linhas que ficam visíveis na projeção são as que compõem a geometria (malha de triângulos), como é apresentado na Figura 22, num futuro próximo pretende-se que esta opção possibilite também a visualização de arestas de forma a simplificar a quantidade de linhas visíveis num sólido composto por vértices e arestas. No entanto, no caso das superfícies de génese orgânica, é de toda a conveniência que a malha de triângulos se mantenha como uma opção.

### 3.3.4 Lançamento do modelo no software CaveH Spawner que constitui a interface da CAVE

No ambiente *CaveH*, os movimentos do utilizador podem ser comandados através de dispositivos tão simples como o rato e o teclado ou o par *WiiMote + Nunchuck*, os comandos da *Nintendo Wii*.

Até agora, ainda não estão disponíveis funcionalidades como controlo de luzes artificiais ou sombras, embora se trate de tecnologias já bastante exploradas em outros trabalhos ao nível da computação gráfica. Neste caso e até ao momento, é apenas permitido trabalhar com a luz solar uniforme que, ainda assim, não provoca qualquer efeito sombreado no objeto ou sombras projetadas do mesmo.

De notar que o trabalho realizado durante a investigação em curso nesta plataforma específica, ainda bastante experimental, está diretamente dependente dos avanços e recuos do trabalho especializado de outras áreas, nomeadamente da equipa de computação gráfica da ADETTI-IUL. O controlo da navegação através do *Kinect* ou a manipulação de luzes artificiais são objetivos a atingir num futuro próximo pois deles depende grande parte da capacidade de imersividade da experiência. É ainda de toda a importância referir que a introdução do *Kinect* enquanto plataforma de interação abrirá inúmeros caminhos, nomeadamente a edição de espaço em tempo real (dimensões, características físicas e visuais), que conduzem a um total controlo do espaço e do ambiente de forma a que a CAVE esteja apenas dependente de si própria, não necessitando de outros *software* para trabalhos preliminares.



# O CAVEH SPAWNER EM ARQUITETURA

requisitos de utilização do sistema

4

```
// entity 1
{
  "classname" "misc_model"
  "origin" "-43.57 -14.15 8.43"
  "model" "models/Modelo_Amoreiras_Final/node-Deadtree-0.008.csg"
  "density" "70"
  "static_friction" "0.0"
  "dynamic_friction" "0.0"
  "dynamic" "0"
  "targetname" "node-Deadtree-0.008"
}
// entity 2
{a
  "classname" "misc_model"
  "origin" "44.75 29.96 17.55"
  "model" "models/Modelo_Amoreiras_Final/envolventel.003.csg"
  "density" "70"
  "static_friction" "0.0"
  "dynamic_friction" "0.0"
  "dynamic" "0"
  "targetname" "envolventel.003"
}
// entity 3
{
  "classname" "misc_model"
  "origin" "-76.14 -14.34 23.22"
  "model" "models/Modelo_Amoreiras_Final/envolventel.002.csg"
  "density" "70"
  "static_friction" "0.0"
  "dynamic_friction" "0.0"
  "dynamic" "0"
  "targetname" "envolventel.002"
}
// entity 4
{
  'classname' "misc_model"
  'origin' "-42.83 29.28 9.05"
  'model' "models/Modelo_Amoreiras_Final/envolventel.001.csg"
  'density' "70"
  'static_friction' "0.0"
  'dynamic_friction' "0.0"
  'dynamic' "0"
  'targetname' "envolventel.001"
}
// entity 5
{
  'classname' "mapobject_light_map_object"
  'origin' "4.78 -51.01 43.78"
  'constant' "0.0"
  'is_spotlight' "1"
  'cutoff' "60.0"
  'direction' "-0.1265 0.9906 -0.0512"
  'linear' "0.002"
  'quadratic' "0.001"
  'diffuse' "1275.0 1271.4 703.5"
  'specular' "255 255 255 1"
}
```

Após ter sido apresentado o panorama das várias soluções utilizadas em diferentes centros de investigação (a nível nacional e internacional) e, de forma mais aprofundada, o sistema utilizado da ADETTI-IUL, tenta-se neste capítulo sistematizar um conjunto de procedimentos, regras e parâmetros a ter em conta aquando do funcionamento com todo o conjunto de software que envolvem o trabalho neste ambiente virtual. Pretende-se com isto definir uma metodologia de trabalho para a utilização da CAVE por parte de alunos, investigadores e profissionais de arquitetura, clarificando e facilitando todo o processo. Esta definição permitirá que a *PocketCAVE* possa ser expandido e divulgado por toda a comunidade do ISCTE-IUL e exterior, de modo a que esta se afirme como um verdadeiro instrumento de trabalho de diversas áreas.

## 4.1 Modelação 3D – utilização do Rhinoceros

Pelos motivos apresentados anteriormente (3.3.2), o Rhinoceros acabou por ser o software de eleição para a modelação 3D. Há, no entanto, várias especificações a ter em conta aquando da realização deste trabalho:

### i) Organização das layers (Figura 23)

Para que o trabalho fique simplificado desde início e para que seja também facilitado todo o posterior trabalho em *Blender*, é necessário que a estrutura de layers seja organizada de forma a respeitar conjuntos organizados por famílias de objetos. Desta forma, será mais fácil realizar a tarefa referida em 4.2 ii).

Apesar de não ter sido utilizada a norma portuguesa para nomenclatura de *layers* - NP EN ISO 13567 - por não ser esse o tema principal da tese e porque a sua adoção e a habituação a ela demoraria tempo, optou-se por uma estrutura mais simples.

A norma portuguesa preconiza o uso de um standard para a nomenclatura de layers que inclui sempre o mesmo número de caracteres alfanuméricos distribuídos em campos. Os campos definidos têm a ver com aspetos importantes na gestão dos desenhos como: autor, elemento de construção desenhado (parede, teto, pavimento, ...), estado do elemento desenhado (novo, a demolir, existente), setor do edifício onde se encontra (1, 2, 3, .1, .2, A, B, ...), material empregue (madeira, cortiça, reboco, betão, ...), entre outros. A adoção de uma norma deste género por todos os envolvidos na área da AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) potencia uma franca e completa troca de informação sem perdas de informação e permite a comunicação entre todas as partes envolvidas.

No entanto, e pelas questões já referidas, optou-se pela adoção de um sistema mais simples mas ainda assim relacionado com o material de construção por ser o critério principal de agrupamento dos vários elementos aquando do trabalho realizado em *Blender*.

### ii) Simplificação das geometrias (Figura 24)

No caso de não se tratar de uma geometria demasiado complexa e com inúmeros elementos, idealmente, a modelação será feita a partir de um volume inicial único que, através de sucessivas subtrações, dará origem ao resultado final (processo de modelação por *box modeling*). No caso de não ser possível manter esta organização por se tratar de um modelo onde os objetos alvo de visualização são de escalas bastantes distintas, é necessário garantir que todo o vasto conjunto de peças resultantes não inclui situações pouco claras do ponto de vista da composição e da geometria. É de toda a conveniência garantir que não existem, por exemplo, superfícies sobrepostas ou que se intercetam de forma errada. Equívocos e erros desta natureza poderão, com toda a certeza, maximizar a possibilidade de geometrias ocultas ou simplesmente degeneradas pelo *CaveH Spawner* aquando da compilação, levando ao aparecimento de imagens pouco explícitas do ponto de vista gráfico ou até mesmo falhas físicas no cenário criado (Figura 24). Embora esta situação também consiga ser identificada aquando da modelação em *Rhino* passa bastante mais despercebida, o que não acontece no momento da navegação no AVI (Figura 25).

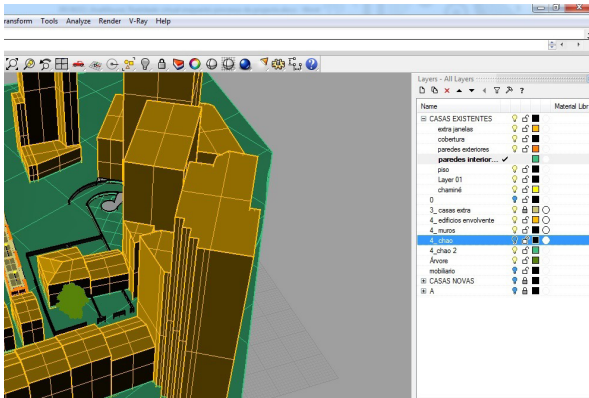


Figura 23 - Organização de layers conforme grupos de elementos do mesmo material ou conjunto de elementos – captura de ecrã no Rhinoceros

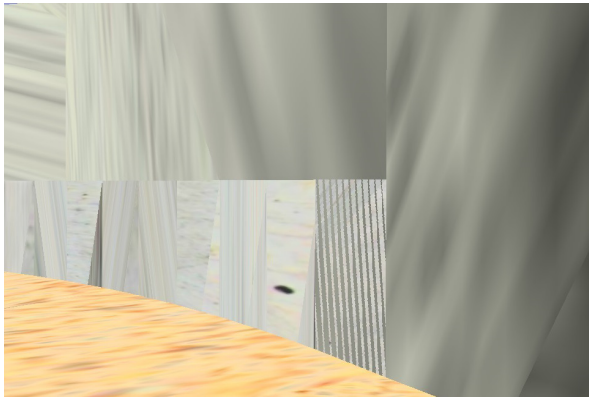


Figura 24 - navegação na CAVE (pormenor de uma parede onde a imagem não é contínua devido à sobreposição de geometrias) – captura de ecrã no CaveH Spawner

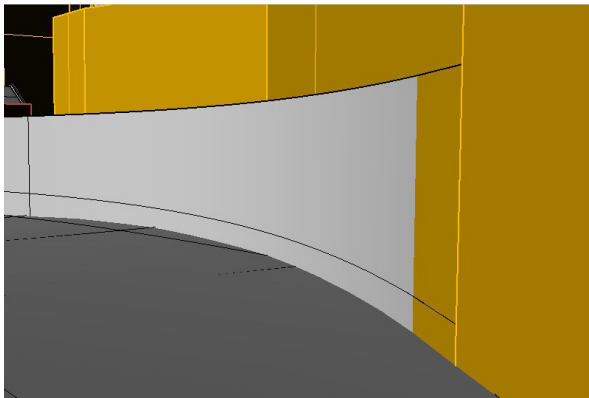


Figura 25 - Visualização em Rhino do mesmo local da figura anterior - captura de ecrã

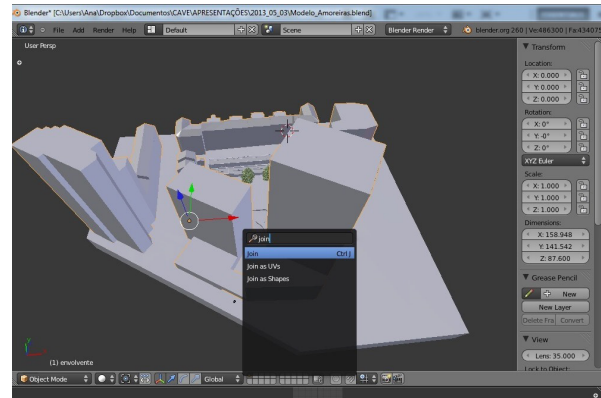


Figura 26 - Seleção de todos os elementos aos quais serão atribuídos o mesmo material, comando Join – captura de ecrã no Blender

### iii) Exportação para Blender

A exportação do modelo criado pode ser feita em qualquer formato que seja, simultaneamente, exportado pelo Rhinoceros e importado pelo *Blender* (3.3.2, Tabela 2, Tabela 3).

A exportação deve ser feita individualmente por layers, de forma a que o processo de reagrupamento descrito em 4.2 ii) seja simplificado, uma vez que aquando da importação em *Blender*, os objetos voltam a ficar separados em peças individuais.

- Selecionar todos os objetos a exportar;
- *File*;
- *Export selected*;
- *Save as type: 3D Studio (\*.3ds)*

## 4.2 Importação e definições no Blender

### i) Importação do modelo em formato 3ds

A passagem do modelo para *Blender* é feita de forma bastante simples e expedita através da importação dos ficheiros exportado pelo *Rhinoceros*. Para que os elementos em Blender fiquem organizados desde o início, é conveniente que a cada conjunto de elementos importados seja efetuado o passo seguinte antes da importação do próximo grupo.

- *File*;
- *Import*;
- *3D Studio (.3ds)*

### ii) Junção (opção JOIN) dos vários elementos aos quais será atribuído o mesmo material (Figura 26)

Para que o processo de atribuição de materiais seja mais simples, é necessário minimizar o número de elementos a considerar. Desta forma, torna-se imprescindível que, aquando da importação de cada uma das partes exportadas pelo *Rhino*, seja feito logo de seguida (e antes da importação do conjunto seguinte) um conjunto com esses elementos, ação essa que no *Blender* se designa por join. Os “grupos” criados (resultados dos join realizados aos conjuntos de elementos importados sucessivamente) devem preferencialmente corresponder aos materiais que serão posteriormente aplicados. Assim, cada grupo, para além de se referir a um conjunto de elementos semelhantes, deve também corresponder ao mesmo material (p.e. paredes interiores brancas).

### iv) verificação da direção das normais à superfície (Figura 30)

De forma a evitar situações indesejadas de colisões que acontecem de forma errada com as superfícies, é necessário verificar se as normais às diferentes superfícies se encontram com a direção correta. O utilizador apenas irá colidir com as superfícies cujas normais estejam orientadas para o exterior, caso contrário o utilizador não irá identificar o elemento como um objeto físico presente na cena e não irá colidir com ele, ou seja, a passagem através do objetos será feita sem qualquer entrave mesmo que não seja esse o objetivo. Este caso pode ser exemplificado facilmente através de uma parede sem qualquer vão. Se as normais a esta superfície estiverem orientadas para o seu interior e o utilizador se aproximar o suficiente, irá passar através da mesma até se encontrar no seu interior. Já lá dentro, não será possível voltar a sair pois, já que as normais estão orientadas para o interior, a parede passa a ser um obstáculo a partir do interior e não do exterior como era pretendido. No caso desta situação se verificar, o sistema tem de ser reiniciado e a navegação tem de ser feita novamente a partir do ponto inicial.



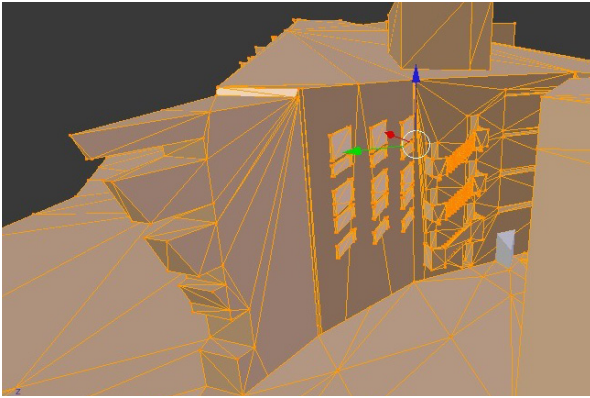


Figura 27 - Exemplo de geometria pouco clara – captura de ecrã no Blender

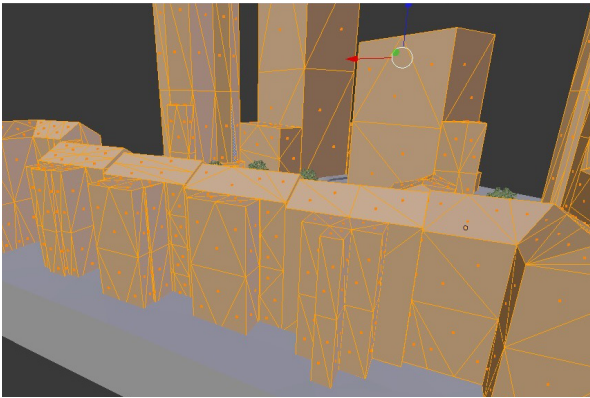


Figura 28 - Exemplo de geometria simplificada – captura de ecrã no Blender

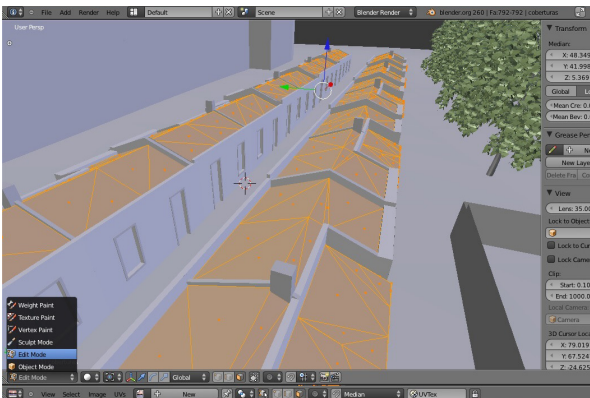


Figura 29 - Activar Edit Mode para verificar geometrias – captura de ecrã no Blender

### iii) verificação das geometrias criadas em Rhino (Figura 27 e Figura 28)

Após a importação do modelo, é conveniente verificar se existem geometrias sobrepostas ou com uma organização pouco clara de forma a colmatar os possíveis erros que tenham permanecido mesmo após a conclusão do que é indicado em 4.1 ii). Este passo é realizável apenas no *Blender*, uma vez que o *Rhino* não dispõe de um modo de visualização que permita a visualização da geometria. A relação entre triângulos da geometria e a malha criada entre eles devem ser da maior simplicidade possível onde os quadrados formados devem ser compostos por dois triângulos simétricos. Quando isso não se verifica é necessário identificar pontos específicos onde isso acontece para que essa situação possa ser alterada.

Em alternativa a esta verificação através do *Blender* (Figura 29), é também possível, e de forma mais intuitiva, verificar se existem problemas na geometria através de uma exportação para o *CaveH*. No caso de serem verificadas algumas dessas situações, o *CaveH* irá degenerar triângulos dando a informação de que houve falhas na compilação do modelo. No caso de falhas menos graves é possível através de uma navegação no espaço virtual identificar superfícies mal resolvidas do ponto de vista geométricos. Na maioria dos casos quando isso se verifica a sua identificação é bastante fácil uma vez que os erros tornam-se evidentes, pois são perceptíveis a olho nu – na maioria dos casos, existem falhas nas superfícies ou mesmo planos intermitentes que facilmente denunciam a situação.

- Seleccionar o objeto pretendido;
- *Edit Mode*

### iv) verificação da direção das normais à superfície (Figura 30)

De forma a evitar situações indesejadas de colisões que acontecem de forma errada com as superfícies, é necessário verificar se as normais às diferentes superfícies se encontram com a direção correta. O utilizador apenas irá colidir com as superfícies cujas normais estejam orientadas para o exterior, caso contrário o utilizador não irá identificar o elemento como um objeto físico presente na cena e não irá colidir com ele, ou seja, a passagem através do objetos será feita sem qualquer entrave mesmo que não seja esse o objetivo. Este caso pode ser exemplificado facilmente através de uma parede sem qualquer vão. Se as normais a esta superfície estiverem orientadas para o seu interior e o utilizador se aproximar o suficiente, irá passar através da mesma até se encontrar no seu interior. Já lá dentro, não será possível voltar a sair pois, já que as normais estão orientadas para o interior, a parede passa a ser um obstáculo a partir do interior e não do exterior como era pretendido. No caso desta situação se verificar, o sistema tem de ser reiniciado e a navegação tem de ser feita novamente a partir do ponto inicial.

### v) Atribuição de materiais (Figura 31)

Para minimizar as falhas na aparência dos materiais e respetivas texturas, todo o trabalho de mapeamento de texturas é feito também em *Blender*. No presente trabalho não haverá uma descrição exaustiva deste processo, já que se trata de uma questão de domínio do *software* e não diretamente do trabalho desenvolvido para a *PocketCAVE*. Pensa-se que esta parte do trabalho é facilmente conseguida com recurso à consulta de tutoriais e respetivo material de apoio do *software Blender*.

### vi) junção (opção JOIN) de todos os elementos aos quais será atribuída a mesma entidade

À semelhança do que foi feito em 4.2 ii), agora os objetos devem ser agrupados em conformidade com as entidades (3.3.3) que irão futuramente ser definidas. É portanto feito um join a um conjunto de elementos que, por sua vez, também já tinha sido agrupados anteriormente através do mesmo comando.

- Seleccionar objetos pretendidos;
- Barra de espaços – *Join*

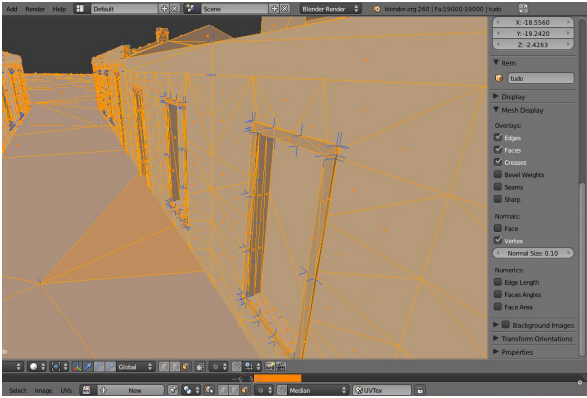


Figura 30 - Activar Edit Mode para verificar a direção das normais - captura de ecrã no Blender

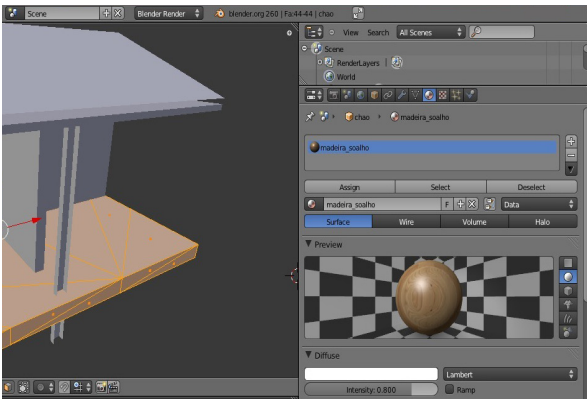


Figura 31 - Exemplo de aplicação de um material a um objeto da cena – captura de ecrã no Blender

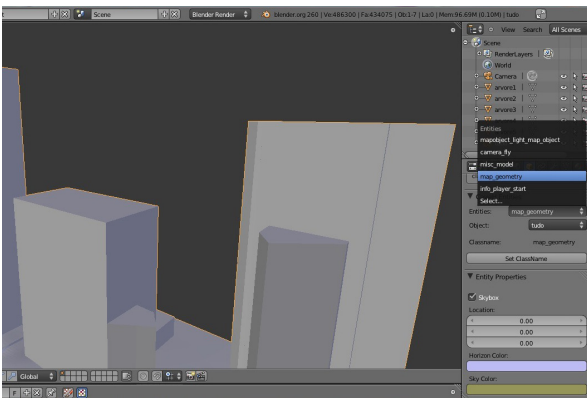


Figura 32 - Atribuição de entidades – captura de ecrã no Blender

### vii) Atribuição de entidades (Figura 32)

Selecionar cada objeto e atribuir-lhe a entidade pretendida (conforme em 4.2).

Para que a exportação para o *CaveH* ocorra sem qualquer problema é necessário que o modo de visualização aquando da exportação seja sempre *Object Mode*, caso contrário o *Blender* indicará erro e a exportação não será realizada.

- Selecionar objeto pretendido;
- *Object*;
- *CaveH Entities*;
- *Entities* (selecionar a entidade pretendida);
- *Set ClassName*

### viii) Criação de triggers

Para que um objeto seja definido como *trigger* é necessário que primeiramente seja definido como *misc model*

- Selecionar objeto pretendido;
- *Object*;
- *CaveH Entities*;
- *Entities (misc\_model)*;
- *Set ClassName*

Posteriormente, pode ser selecionada a opção que irá ativar essa característica

- Selecionar objeto pretendido;
- *Object*;
- *Entity Properties*;
- *Trigger Distance*

Através do menu *Actions*, disponibilizado mais a baixo, é então possível selecionar o trigger pretendido assim como as respetivas características a ele associadas (Figura 33).

É também neste menu – opção *Distance* – que é possível personalizar o raio de ação do objeto que irá despoletar a ação.

### ix) Ativação do modo wireframe

Esta característica apenas pode ser atribuída a cada objeto individualmente e, por enquanto, esta opção só está funcional em objetos definidos como *misc model*. Assim, após atribuição da entidade, é necessário ativar esta característica (Figura 33).

- Selecionar objeto pretendido;
- *Object*;
- *Entity Properties*;
- *Wireframe Mode*

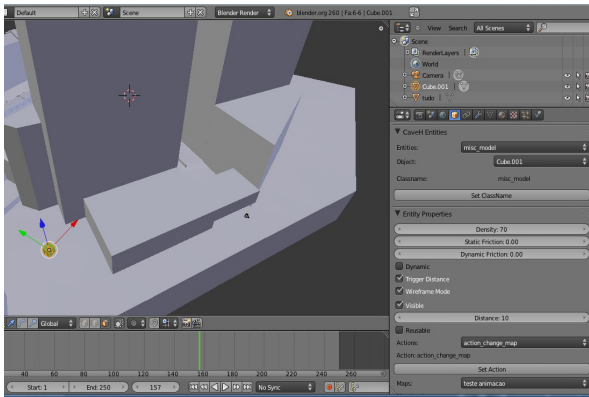


Figura 33 - Atribuição de triggers e ativação do modo wireframe – captura de ecrã no Blender

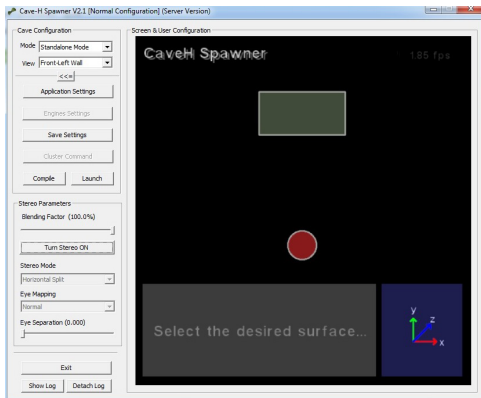


Figura 34 - Janela inicial do CaveH Spawner – captura de ecrã no Spawner

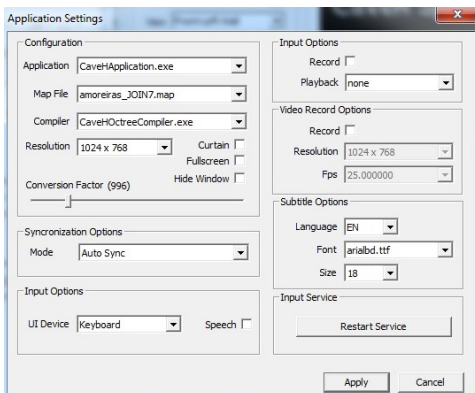


Figura 35 - Exemplo de definições para navegação no CaveH Spawner

#### x) Exportação para o CaveH Spawner

Finalmente, a última tarefa a realizar em *Blender* será apenas a exportação para o *CaveH*

- *File*;
- *Export*;
- *CaveH Export* (dar o nome pretendido ao ficheiro);
- *Export CaveH*

### 4.3 Transposição e definições do CaveH Spawner

Quando é feito o arranque do *software CaveH Spawner* (Figura 34) é necessário assegurar que o mesmo é feito como Administrador para o correto funcionamento de todas as funcionalidades. Existem ainda algumas opções personalizáveis que estão disponíveis logo na janela inicial. São disso exemplo: a escolha da superfície de projeção, as definições e os parâmetros de visualização estéreo. É ainda a partir desta janela que é possível compilar o ficheiro pretendido para navegação e lançá-lo enquanto ambiente virtual. É também a partir desta janela inicial que é possível acompanhar as operações realizadas durante a compilação ou lançamento, através da opção *Detach Log*, onde é possível verificar todos os processos realizados pelo *CaveH Spawner* para que os possíveis erros sejam identificados de forma mais eficaz e pormenorizada.

No caso de um modelo simples onde o objetivo será apenas a navegação no espaço (sem recorrer a animações, planos de câmara, gravação em formato de vídeo do percurso realizado) é necessário assegurar algumas configurações (Figura 35) para que a importação e respetivo lançamento no *CaveH Spawner* seja realizado com sucesso.

No entanto, no caso de ser necessária a alteração de alguns parâmetros ou definições de navegação, os que até ao momento são passíveis de alteração são editáveis a partir de *Application Settings*. Estas opções permitem alterações na navegação - ficheiro a usar para a navegação, compilador utilizado, resolução, modo de sincronização, dispositivo de controlo de navegação, gravação do percurso, legendagem do áudio.

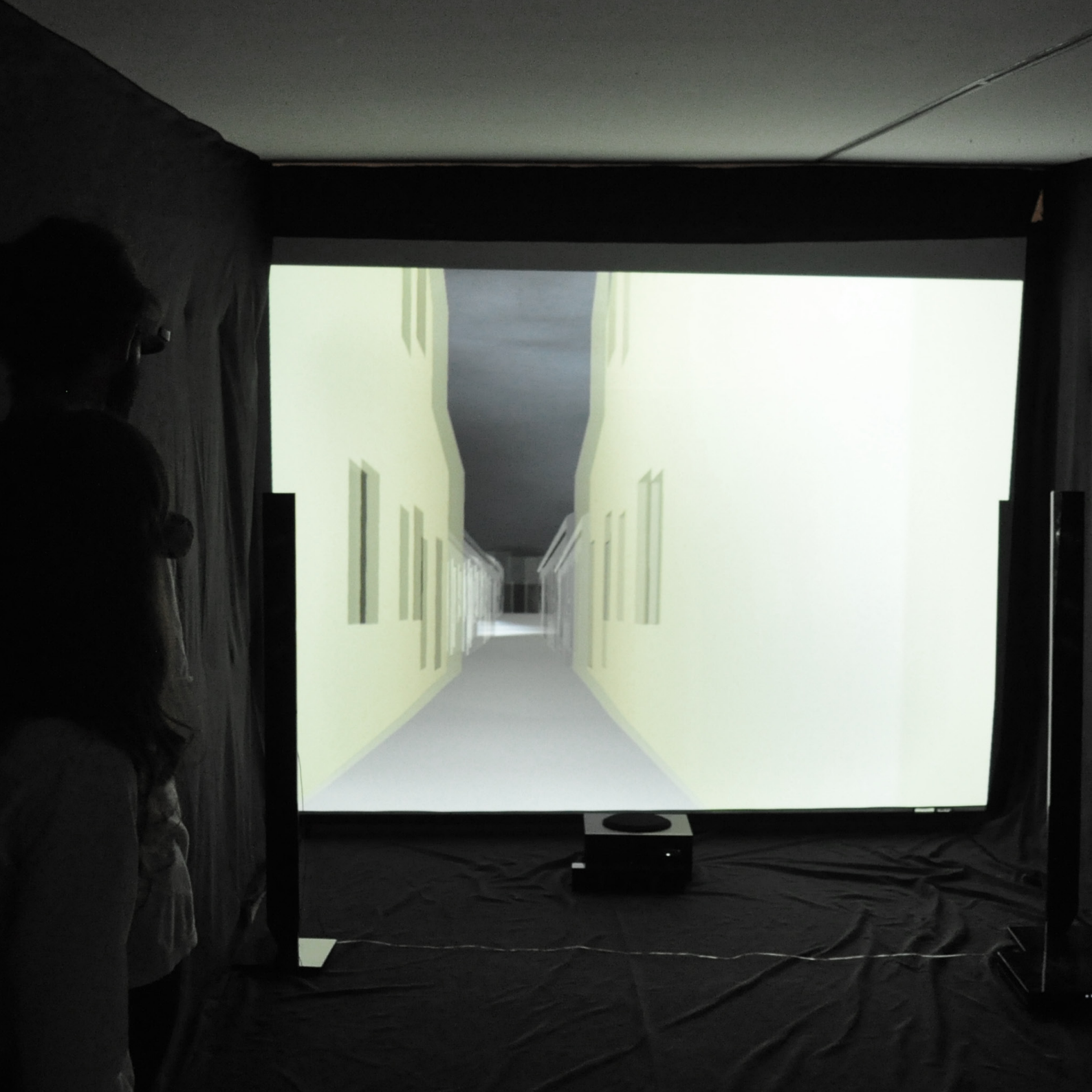


# TRABALHO PRÁTICO

as habitações nas Amoreiras (tema IV)

5





O Tema IV, enquanto tema livre lançado no final do ano letivo, reflete portanto o resultado da experimentação prática deste trabalho anual, deixando ao acesso de todos uma quantidade de conteúdos que podem ser usados e testados em ambiente virtual de forma a conseguir uma melhor percepção do espaço projetado. Foi por isso dada preferência a estes ambientes em detrimento dos renders 3D que poderiam ser apresentados em qualquer altura do processo, uma vez que esse trabalho está na base do modelo que é posteriormente enviado para o CaveH.

Com o objetivo de desenvolver uma investigação e trabalho prático que congregue o conhecimento adquirido em cada uma das vertentes – projetual e teórica – de PFA, o último trabalho lançado pela vertente projetual representa o culminar de todo o processo aliando a experimentação prática aos pressupostos enunciados na inicial desta dissertação.

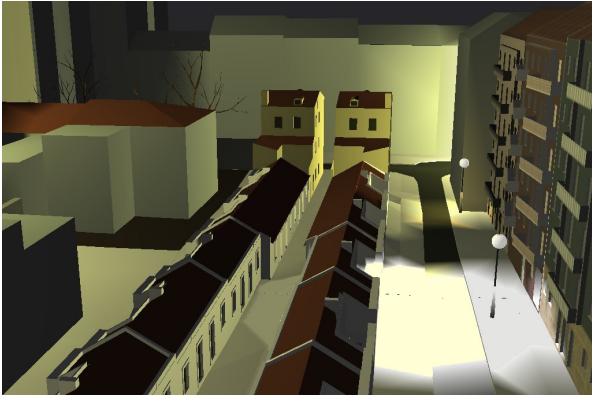
Este último trabalho foi desenvolvido, numa fase preliminar, recorrendo às ferramentas que tinham vindo a ser desenvolvidas pela equipa da ADETTI-IUL em parceria com a *Microsoft* Portugal. No entanto, e porque esta investigação teve início no objetivo de melhorar a interação pessoa-máquina em áreas relacionadas com os videojogos, com o decorrer do trabalho várias foram as barreiras e limitações com que este trabalho se deparou. Assim, houve uma colaboração e debate de ideias constantes entre a equipa de desenvolvimento de *software* e os dois alunos do MIA – a autora desta dissertação e Tiago Pedro, aluno do 2ºano do MIA – que utilizaram dois modelos independentes e de escalas bastantes distintas no sentido de fazer convergir a evolução da *PocketCAVE* com os interesses da área de arquitetura.

Os modelos testados procuram servir finalidades bastante distintas: o modelo do campus do ISCTE-IUL destina-se sobretudo à apresentação de um espaço existente de forma a utilizar a *CAVE* para testes de usabilidade do espaço, enquanto o modelo de escala urbana de uma zona parcial da cidade de Lisboa, Amoreiras, procura mostrar não só o espaço construído e vazio de uma zona urbana como também o projeto de habitações desenvolvidas no âmbito de PFA. Esta ferramenta serviu também como constante meio de experimentação durante todo o processo de projeto decorrido durante o ano letivo, fundamentando e validando desta forma o propósito principal desta dissertação. Por não se tratar do objeto fundamental de trabalho e por ser relativamente semelhante ao que é seguidamente exposto, optou-se por fazer um apanhado apenas do processo relativo ao modelo das habitações nas Amoreiras e respetivo espaço público envolvente.

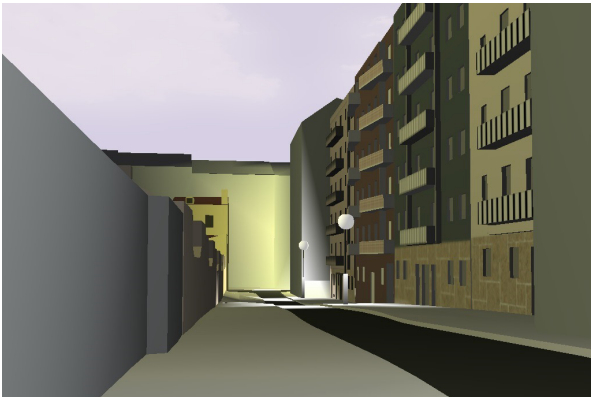
Este último e quarto tema destina-se portanto a criar um elo de ligação entre o projeto de arquitetura desenvolvido em PFA e o resultado do estudo desta vertente teórica, dando origem à navegação no ambiente virtual criado que pode ser experimentada por qualquer interessado.

Relativamente às habitações são apresentadas de forma a possibilitar o percurso tanto no seu exterior como, com maior grau de pormenor, no interior. Em relação à envolvente, optou-se pela delimitação de uma área específica tentando ao máximo explorá-la ao máximo para que fosse o mais real possível (Figuras 36, 37, 38).

Como resultado, existe então um conjunto que mostra ambientes exteriores e interiores de forma a perceber se esta ferramenta é indicada para qualquer elemento em estudo. Num momento final, a escala maior parece ser a que melhor funciona uma vez que, sobretudo por limitações do sistema de física, a noção de espaço parece ser um pouco distorcida em espaços mais reduzidos, fazendo com que pareçam mais pequenos.



**Figura 36** - experimentação do espaço durante o processo de projeto (navegação na CAVE - vista aérea da Vila Raul e respectiva envolvente)



**Figura 37** - experimentação do espaço durante o processo de projeto (navegação na CAVE - rua adjacente à Vila Raul)



**Figura 38** - vista do interior da Vila Raul (navegação na CAVE)

## 5.1 Descrição do processo

Com base no desenho 2D concretizado em *AutoCad*, o modelo tridimensional criado foi feito de raiz a partir do *Rhinoceros*, conforme já descrito anteriormente, por questões relacionadas com a compatibilidade entre *software*. A aprendizagem relativa aos três *software* (*Rhinoceros*, *Blender* e *CaveH Spawner*) foi uma constante durante o decorrer do trabalho pois os conhecimentos nesta área eram quase nulos no início deste processo.

Por questões relacionadas com a facilidade a aquisição de competências e experiência neste processo, o modelo criado começou por ser desenvolvido em pequenas parcelas da zona em causa. A envolvente e alguma parte do espaço público em redor foram os primeiros elementos a ser desenvolvidos. Estes elementos foram exportados para *Blender* também em diversas fases de forma a facilitar, numa fase inicial, o mapeamento de textura e restante trabalho no que respeita à atribuição das entidades para funcionamento no *CaveH Spawner*. O menor número possível de elementos que compõem a totalidade do modelo e a sua simplificação no que respeita à geometria são os dois aspetos mais importantes a ter em conta aquando da modelação.

Relativamente ao *software CaveH Spawner*, não há importantes referências a fazer. Tal como já foi referido, há alguns passos a seguir para que o cenário seja lançado com sucesso no sistema de navegação, no entanto não é aí que reside a parte substancial do trabalho.

É possível sintetizar todo o processo realizado para este modelo em particular, sistematizando-o através dos seguintes pontos:

- Os desenhos 2D foram, na sua totalidade, realizados em *AutoCad*;
- A modelação tridimensional desenvolvida tem por base o menor número possível de elementos, parte do trabalho foi realizado através do processo de “box modeling” e da subtração sucessiva de parte de um volume inicial;
- A importação em *Blender* foi feita em pequenos conjuntos de elementos formados com base no tipo de elemento e respetivo material a atribuir;
- Todas as alterações feitas à geometria durante o processo de projeto são resultado de avanços e recuos nas decisões projetuais feitas em *Rhino* e os elementos em causa foram novamente exportados para *Blender*;
- A verificação constante da direção das normais às superfícies foi uma constante para que o sistema de colisões funcionasse como esperado.

## 5.2 Considerações sobre a viabilidade da RV imersiva e da PocketCAVE em contexto de projeto de arquitetura

Pode concluir-se com o decorrer do trabalho que a RV traz, sem qualquer margem para dúvidas, grandes vantagens a todo o processo de projeto em arquitetura, desde uma fase bastante embrionária até à apresentação mais realista do modelo final. Trata-se de uma plataforma que permite consecutivas alterações e experimentações do espaço que está a ser criado sem ser necessário o recurso a ferramentas que produzam elementos tridimensionais físicos e que necessitem, por isso, de dependam por isso de outros recursos que impliquem consumo de materiais e consequentemente custos mais elevados. Há, no entanto, que ultrapassar a ideia de que a RV tenta sobretudo aproximar-se da realidade. Este não é com certeza o seu objetivo fundamental.

Hardly anything in VR is like in reality, however VR can be used to project a certain part of reality. (...) Similar to the mental “concept”, most properties of the things can’t be perceived visually in reality. VR offers a chance to develop a visual representation of properties. (KIEFERLE & WÖSSNER, 2001)

O objetivo da RV no processo de projeto prende-se sobretudo com a tentativa de controlar o espaço, a forma, a escala e, só numa fase final já bastante avançada, a materialidade. Não se tenta por isso reproduzir um modelo extremamente fiel aquilo que será a realidade mas sim usá-lo para explorar o espaço. Se o esquiço é uma forma de representação de um pensamento, a RV serve também essa função de exploração.

Embora exista um vasto leque de vantagens associado a esta ferramenta, há uma questão que atualmente, no caso de ser ignorada, inviabiliza a perceção do espaço e consequentemente toda a navegação no AV – a atribuição de texturas. Trata-se de uma das fases mais complexas de todo o processo e, com toda a certeza, do momento mais demorado do trabalho. No entanto pensa-se que este não será um passo imprescindível neste processo pois numa fase inicial de teste do espaço criado apenas será relevante a existência de planos, superfícies e volumes que o definem. Daí adveio a necessidade de simplificação deste processo com o objetivo de passar este passo para segundo plano e atribuir alguma velocidade a este processo que leva da modelação do modelo 3D à navegação no AV. Surgiu então a necessidade de criação do modo *wireframe* para que fosse possível a perceção dos volumes mesmo que não fossem realizada esta atribuição de materiais, tornando o processo entre a criação do modelo 3D à navegação no AVI muito mais célere. Nesta fase final desta investigação, pensa-se que além dessa questão e após um período de adaptação à interface do *Blender*, todo o restante trabalho será feito de forma bastante automática e expedita.

Há ainda outra questão que é constantemente levantada, o facto do *Blender* ter sido o eleito como plataforma de transição entre a modelação 3d (feita em qualquer *software* de modelação) e a navegação (feita pelo *CaveH Spawner*). Esta opção prende-se sobretudo com o facto do *Blender* ser um *software open-source* que, por isso, iria possibilitar a fácil integração com o *software* desenvolvido na ADETTI-IUL. No entanto, esta é sem dúvida uma das questões fundamentais que levam ao afastamento da plataforma por parte da comunidade de arquitetura da escola. Por questões já referidas anteriormente relacionadas com a falta de rigor do *software*, o *Blender* não é um software de eleição para arquitetos e a interface não será das mais simples e apelativas a quem comece este trabalho sem quaisquer conhecimentos da plataforma. É, por isso, um dos objetivos desta investigação conseguir que todo o trabalho precedente à passagem do modelo para o *CaveH Spawner* possa ser desenvolvido num *software* de modelação que seja mais familiar à arquitetura, p.e. o *Autodesk 3ds Max*. Para além da aproximação da plataforma a uma comunidade muito maior de futuros utilizadores, evitar-se-ia a transposição entre software pois todo o processo que envolve modelação, atribuição de entidades e exportação para o *CaveH Spawner* seria unicamente realizado num único *software*. Desta forma, seria possível evitar os consecutivos avanços e recuos entre *software* que atualmente são verificados com bastante

frequência cada vez que existe uma alteração ao nível do projeto.

Pensa-se que para além destes ajustes a fazer, a *PocketCAVE* e em particular o *CaveH Spawner* abrem um vasto leque de possibilidades áquilo que é atualmente o ensino da arquitetura no ISCTE-IUL para que se torne progressivamente um meio de trabalho e não apenas um caminho de investigação para os interessados em participar no melhoramento do que já existe disponível.



CONCLUSÃO

6



Este trabalho surgiu da necessidade de colmatar uma lacuna que se foi sentindo ao longo do curso relacionada com a modelação tridimensional. A vontade de dominar e a necessidade de desenvolver uma ferramenta que complementasse o desenho rigoroso 2D fez com que optasse por uma investigação de final de Mestrado Integrado de Arquitetura dirigida a estas áreas. O trabalho final teve, no entanto, como resultado não apenas o domínio de algumas dessas ferramentas de modelação 3D, como uma consequente envolvimento na investigação feita neste domínio, essencialmente ao nível da RV, na ADETTI-IUL e no Departamento de Comunicação e Tecnologias da Informação (DCTI).

É de assinalar o ainda relativo distanciamento que a arquitetura prefere manter em relação às tecnologias de informação com o que parece ser um receio da perda de protagonismo do arquiteto no processo de projeto. Como é mostrado ao longo deste trabalho, estas áreas tecnológicas estão bastante recetivas a uma estreita colaboração com outros profissionais, o que permite avanços incomparáveis em ambos os campos. Enquanto o arquiteto está, de uma maneira geral, algo limitado no que respeita ao desenvolvimento de novas ferramentas, o engenheiro está também ele limitado pelo seu desconhecimento em relação ao trabalho em arquitetura. Durante todo este processo, procurou-se mostrar que uma estreita e constante colaboração entre estas duas áreas tem, com toda a certeza, resultados extremamente positivos e que não só não limitam o trabalho do arquiteto, como lhe fornecem um conjunto de recursos para, de forma mais eficaz, obter melhores resultados.

A utilidade dos ambientes imersivos no processo de projeto é, sem qualquer dúvida, a questão fundamental aqui levantada. Tentou-se, de uma forma estruturada, fazer algumas considerações acerca da investigação realizada na área, assim como criar uma estrutura de orientações para possível trabalho a realizar no ISCTE-IUL com a PocketCAVE, sobretudo através do sistema CaveH Spawner. Há então que salientar os avanços concretos conseguidos ao nível do sistema durante este ano letivo e sobretudo alguns dos caminhos que já estão a ser traçados no seguimento de mais algumas das questões levantadas. Desta forma, foram postos em funcionamento questões muito práticas que facilitaram bastante o desenvolvimento deste trabalho, nomeadamente:

- Possibilidade de atribuir a mesma entidade a vários objetos em simultâneo;
- Possibilidade de inserir um objeto em modo wireframe;
- Possibilidade de ter os triggers visíveis ou invisíveis na cena;
- Funcionamento correto do trigger de animações

Todas as funcionalidades que foram melhoradas ou criadas de raiz surgiram como resposta a questões levantadas durante a experimentação prática do trabalho realizado na vertente projetual de PFA. Existe um conjunto de funcionalidades já disponíveis que têm utilidade quando este sistema de RV existe enquanto forma de navegação num ambiente já existente, reconstituído ou enquanto ferramenta que pretende dar a conhecer um resultado final já bastante concreto. No entanto, e no contexto deste trabalho, pretende-se que esta ferramenta sirva o processo projetual e como tal, a simplificação da plataforma assim como a consequente rapidez na apresentação de um resultado ainda bastante primário do ponto de vista arquitetónico são os objetivos principais. Assim, o demorado trabalho de mapeamento de texturas e criação de triggers passaria para segundo plano quando ferramentas como o modo wireframe estiver totalmente operacional.

Propõe-se, por isso, uma reflexão sobre os objetivos futuros desta área. A infinidade de caminhos que daqui podem derivar dão origem a uma ferramenta que irá responder de uma maneira cada vez mais precisa aos objetivos necessários ao trabalho dos profissionais de arquitetura.

## 6.1 Disseminação

No seguimento do trabalho desenvolvido e como referido no início desta dissertação, houve durante este processo oportunidades de publicar e dar a conhecer a investigação desenvolvida nesta área durante este ano letivo. Pretendia-se não só divulgar o trabalho em curso perante a comunidade envolvida nestas áreas, como aproximá-lo da comunidade do ISCTE-IUL. Pretendia-se dar a conhecer esta ferramenta até agora menos divulgada mas que tem como principal objetivo poder vir a ser usada por todos, sobretudo a comunidade do Departamento de Arquitetura e Urbanismo.

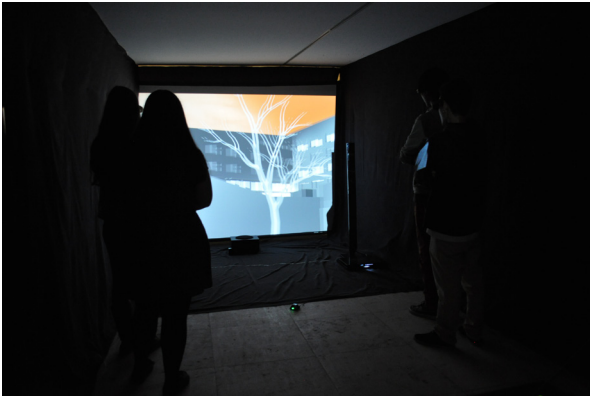
Neste sentido foram realizadas duas abordagens diferentes:

- A exposição “CLOSER to cities and CLOSER to people” (Figura 39) no ISCTE-IUL, onde a PocketCAVE esteve à disposição de todos os interessados para experimentação e navegação em espaços bastante diversos de forma a aproximar os ambientes virtuais (Figura 40), sobretudo, dos estudantes de arquitetura. Através do feedback dado por interessados de outras áreas científicas foi também possível perceber a contribuição que estes ambientes podem ter para além da arquitetura.

- Na tentativa de sistematização de ideias acerca do resultado final desta etapa, foi ainda elaborado um artigo científico com o título “How space experimentation can inform design: immersive virtual reality as a design tool” publicado no âmbito da XVII Conferência SIGraDi (Sociedade Ibero-americana de Gráfica Digital) realizada no Chile em Novembro de 2013.



**Figura 39** - CLOSE to cities and CLOSER to people, Fotografia de Hugo Alexandre Cruz



**Figura 40** - CLOSE to cities and CLOSER to people, Demonstração, na PocketCAVE, dos conteúdos desenvolvidos

**CLOSE to cities and CLOSER to people**  
30 de Setembro - 4 Outubro 2013 | ISCTE-IUL, Lisboa

## IMMERSIVE VIRTUAL REALITY AS AN ARCHITECTURAL TOOL



Figure 1 | Amoreiras hill and its relation with the axis Avenida Engenheiro Duarte Pacheco and one of the most important Lisbon's square, Marquês de Pombal



Figure 2 | Street view near Vila Raul - photo



Figure 3 | Inner view of Vila Raul - photo



Figure 4 | Street view near Vila Raul - CaveH screenshot



Figure 5 | Street view near Vila Raul - CaveH screenshot

Technology has become an imperative tool in almost all human activities. This is true even for the more traditional professions known. However some areas like architecture are not fully exploring all the potentialities given by technology, especially in the process of architectural design.

Virtual Reality (VR) and Immersive Virtual Environments (IVE) arise as a complementary tool, to the broadly used scale models. These technologies are essential tools to experiment the tridimensionality of space and especially IVE enable to optimize the perception of space comparing to other VR technologies. When using more complex shapes in architecture VR has even larger advantages since it enable to do easier and more comprehensive 3d models of the buildings.

IVE can be used to simulate the space before it's built and that is done in real scale, so users can see, chose and walk through different spaces in real time, giving them a better perception of what the final architectural solution will be. This more realistic experience of space make it possible to fail sooner and succeed faster since it gives designers a better knowledge of the space.

"Hardly anything in VR is like in reality, however VR can be used to project a certain part of reality. (...) Similar to the mental "concept", most properties of the things can't be perceived visually in reality. VR offers a chance to develop a visual representation of properties." (Kieferle & Wossner, 2001)

A MSc research has being carried out with the following main goals: the clarification of the process to create an Immersive Virtual Environment in ADETTI-IUL's IVE Software. This process goes from the 3d modelling process, to it's customization in the navigation software: the CaveH Spawner, using the PocketCAVE physic structure.

The model presented during the exhibition is a partial model from the design assignment done at the Final Project of Architecture Course. The area is part of Amoreiras' hill in Lisbon, near to Avenida Duarte Pacheco where Vila Raul, the place to be redesigned is located.

The goal of our research team at ADETTI-IUL is to give the academic and architectural practice community access to this tool both considering architecture design and graphic computation areas of research and practice.

"VR can and should be used from the very beginning of a project, the conceptual phase, to the final planning stage, even for marketing or event planning. (...) The main benefits which were to be quantified in a research project were: reduction of planning time, more security in the planning decisions, finding and eliminating of problems already in the planning phase, better interprofessional cooperation and better prepared presentations for the decision makers, and thus better decisions." (Drosdol et al, 2003)

#### References

Kieferle, J., Wossner, U., 2001. Showing the invisible: Seven rules for a new approach of using immersive virtual reality in architecture. Process [19th eCAADe Conference Proceedings] Helsinki, 29-31 August 2001, pp. 376-381  
Drosdol, J., Kieferle, J., Wössner, U., 2003. The Integration of Virtual Reality (VR) into the Architectural Workflow. Process [21st eCAADe Conference Proceedings] Graz, 16-20 September 2003

Figura 41 - CLOSE to cities and CLOSER to people, Painel explicativo dos conteúdos apresentados na PocketCAVE

**SIGraDi 2013**

20, 21 e 22 Novembro 2013 | Valparaíso, Chile

# How space experimentation can inform design immersive virtual reality as a design tool

Ana Moural  
ISCTE-IUL, Portugal  
ana\_margarida\_moural@iscte.pt

Sara Eloy  
ISCTE-IUL / ADETTI-IUL, Portugal  
sara.elay@iscte.pt

Miguel Sales Dias  
Microsoft Language Development Center / ADETTI-IUL, Portugal  
miguel.dias@microsoft.com

Tiago Pedro  
ISCTE-IUL, Portugal  
tiago.miguel.pedro@gmail.com

## Abstract

Immersive virtual reality allows us to experience the space even before it's constructed. In this way, the use of such an environment plays a decisive role in the design process in architecture. The spaces that architects design may now be evaluated in a real scale mode which enable the understanding of problems and/or opportunities that space bring to the buildings.

The goal of this paper is to define the methodological framework for using an immersive virtual environment, namely CaveH, in an Architectural design process by exploring the use of real-time rendering. We intend that the developed software and infrastructure will be used in a very easy way as a valid design tool to any professional.

Two 3d models were experiment along this research each one of them regarding to a different type of design problem.

**Keywords: Immersive virtual reality; design; 3D modelling; CAVE; experience**

## Introduction

In a moment that increasingly complex geometries are arising in architecture, immersive virtual reality emerges as a powerful tool to architectural design.

“Whereas real space is limited to reality, virtual [lat.: existent due to power or possibility] space is created by human mind and thus only limited by thoughts. This freedom gives virtual space unlimited qualities like free space-directions, fusion of object and space, free shapes, time and movement as changing factor, zero gravitation, free definable forces, etc..” (Kieferle, 2000)

The use of 3D digital models in Architecture enable by the constant advances in computer graphics is becoming increasing accurate. Virtual models seen in laptops lack the real scale of the building which is a disadvantage to real experimentation of space. This paper explores the use of virtual immersive environments (VIE) - systems which enables the visualization of environments

(outdoor, indoor, etc) as well as the navigation and interaction with a real time environment - in architecture design processes.

In fact, VIE presents an alternative system to see architectural spaces, providing the possibility of testing architecture models at real scale and in a virtual environment. The software we are using – CaveH - is open to many possibilities of exploration since it has been developed by ADETTI-IUL (Centre for Research in Information Systems and Advanced Technologies, University Institute of Lisbon, Portugal) team so it is possible to do constant tweaks and improvements through a tight cooperation between architecture and engineering. The 3D model is designed through a process which tends to become increasingly user friendly with the enormous advantage of being a much cheaper approach because it can reuse the 3D models already produced, independently of physical model production. The real-time rendering is a fundamental issue, i.e., giving the possibility to roam freely through the space in real time. The presented research in architecture follows several works developed by ADETTI's team, like CAVE HollowSpace present in Centro de Ciência Viva do Lousal, Portugal (Costa et al, 2010).

Several architecture faculties and research centers around the world are using VIE to help the simulations and evaluation of space. In LivingLab CASALA (Centre for Affective Solutions for Ambient Living Awareness, Ireland, <http://www.casala.ie/casala-living-lab.html>) specific environments for an integrated monitoring of citizens with reduced mobility are tested. Also, the A & M University (Texas, USA) and the Art and Technology Studios VRLab (Chicago, USA) are two examples of universities that hold virtual reality systems that allow real-time navigation using commercial software (Autodesk Navisworks and Autodesk 3ds Max). Although the process of modeling and navigation is facilitated by relying on standard software, there are some limitations, especially in terms of the manipulation of the physical properties of objects and the customization of the interaction, which makes the experience less immersive and the exploration of different scenarios more limited.

Based on these two references, it is possible to emphasize the importance these environments have within the architectural design process and how import a user friendly platform is.

In Working Development subsection, we present the physical characteristics of our CAVE structure, some theoretical assumptions taken and the choices made in the course of software evolution. We finish weighing the advances that have been made and how the results lead to the possibility of applying the software in different situations than those in which it has been tested, finally we present some of the goals that we hope to achieve in the short / medium term.

## **Working development**

One of the goals of this work was to ensure that we have a customizable platform according to the needs of the 3D models and the projects to be developed. CaveH Spwaner, developed in ADETTI-IUL eased this requirement, although it had already been developed for other purposes.

This platform, developed essentially to comply with video games requirements, was developed with many limitations regarding the needs of architectural design.

The intention of using the platform to manipulate an architectural environment required numerous adjustments to the software. CaveH Spawner was then challenged to be more than a navigation tool that mainly served the purpose of navigation in a virtual environment modeled for the recreation of a real space existing. The purpose was indeed to adapt it to go from the simple navigation tool to manipulation / experimentation tool that will serve the architectural design work.

### **- Infrastructures**

The Centro de Ciência Viva do Lousal currently uses a CAVE for thematic virtual tours to the regional mines that once existed in the village where the center is located. The mines were partially modeled in 3D in order to be presented to the public and especially to create a more technological and interactive experience of what used to be an important impetus to the region.

This CAVE facility has overall dimensions of 5.60x2.70x3.40m and comprises six projection planes (one left, one right, two front and two on the ground), each targeted by two projectors. However, only the frontal and horizontal allow stereo display through the use of polarized glasses, the remaining supplement the peripheral vision. This system also has a sound system installed which promotes a greater user integration in the simulated environment, as well as the stimulation of other senses than just the visual (Bastos & Dias, 2008).

Following what was done in the Lousal Center, later in ADETTI-IUL a smaller structure called PocketCAVE was installed. This smaller CAVE have the main goal of approaching this tool to the scientific community of ISCTE-IUL and to all exterior stakeholders in order to provide an infrastructure dedicated to research and practice. This infrastructure has one projection screen of 3.29x2.10m running with a single projector and it's a portable CAVE that can be easily transported and assembled in any location. Although the projection screen enhances the experience exponentially, the projection can be done over any smooth surface which means that the maximum portability will only depend on the transportation of the projector. In the PocketCAVE we consider the experience only to be semi-immersive due to the dimensions of space as well as the projection area. The navigation in the virtual environment is currently being made possible through the use of keyboard + mouse or pair WiiMote + Nunchuck controllers (Nintendo Wii).

#### - Software

The software CaveH Spawner is currently used in this two centers (ADETTI-IUL and Centro de Ciência Viva do Lousal) with very different physical structures and was developed by a team that began its work primarily from the facilities of the Centro de Ciência Viva do Lousal (Costa et al, 2010). This software is not entirely dependent on standard software but instead it is based on a conjunction of custom in-house software and open software. Blender is the 3d modeling open-source software chosen to make the transition from the 3D model (done in any 3d software) and CaveH Spawner, which is where the immersive environment is launched. Blender is used not only as an easy that enable the enable to convert from many commercial products file types to the CaveH format, and more



Figure 1: CAVE facility in Centro de Ciência Viva do Lousal



important, it is used as an authoring tool. In Blender there are many different steps to do: all the models became entities and user can set his own characteristics like physics properties, interaction, etc. This is the most important difference between this work and others, in the end it will serve the purpose of having a system where we can test scenarios in an easily and cheaper way.

In Blender software each model must have a physical property in order to be corrected modeled in the VR environment, this process will transform models in entities.

### Entities

Since the beginning of the work in Blender, any object present in the scene has been set to be one of the following entities:

- misc model (object represented in the physics system): static objects from the scene with which the user cannot interact. These entities will create "bounding boxes" (visible in the physical system but invisible in the navigation space) that prevent approximation to objects and consequently the interaction. Therefore there are objects of low relevance in the scene;
- map geometry (object represented in the physics system): This should be the entity to assign to all objects with which one can interact. It applies, for instance, to a wall where there are gaps or any other type of elements defining a path;
- info player start (element that defines the starting location of the route): defines the starting location of the character in virtual space;
- Object without physical representation in the system: entity still under development and testing that aims to enable, when paired with one of the first two mentioned above, the overlap with another object in wireframe mode. This option aims to create an alternative view that combines solid volumes with the polygons that define the respective surfaces of the object.

### Avatar dimensions

The user is represented by an object that is defined in the scene as a camera. The user is represented in the physics engine as a capsule where you can change the default parameters regarding height or diameter of the avatar. Thus the user can fit the scale of the virtual environment quite accurately since the change is made using numerical parameters.

### Avatar movement velocity

The avatar speed, both vertical and horizontal, is also fully customizable using numeric parameters. This is a major feature in the definition of the model before exporting to CaveH Spawner that is fundamental to the perception of the space especially in indoor environments. However there are some possible drawbacks, the immersive experience together with a high speed movement can take to an incorrect perception of space, as well as the possible motion nausea of the user. So, it is highly important to configure the avatar speed and its size carefully.

### Distance triggers

With the objective of increasing the user interaction with the scene, it is still possible to add actions triggered by proximity to a particular object. You can assign this feature to any element of the scene and also set its visibility - the entrance in the area defined as activator will trigger the action, even if the object is invisible. There are currently available some triggers:

- Change map (it will trigger a change in the level/map to another one);
- Animation start (it will start an animation, that can be, for instance, a door opening);
- Movie play (It can be used to start a video during the virtual roaming. This way it could illustrate some project aspects that are important to be told or visualized in a video);
- Sound play (It starts a sound. It can be used to simulate crowded spaces or noise);
- Camera shake (It shakes the camera, it can be used to simulate an earthquake or the simple movement of a person in an

elevator);

There are three more triggers, that were not found any utility in this context, but they can still be used in other type of scenarios:

- Add object (When the user enters the trigger area, a new object is added to the scene);
- Change gadget (The user can carry objects called gadgets, there are a trigger that can give new gadgets to the user).

## Case Study and results

We tested systematically different models: in order to assess the benefits of virtual reality in the context of architectural design a partial model of an area of the city of Lisbon to where a design project was being developed was used (Figure 2); a model of our University ISCTE-IUL campus was done to perform an evaluation of the space usability. Through these two examples we confirm that platform still does not always have the expected solutions to the issues raised by architectural models. In this sense it is possible to see that the platform still have to be improved for this type of use.

Both Blender and CaveH Spawner interfaces have too much information and work possibilities. However, it turns out that Blender is still a barrier to a greater recognition of the CAVE system by the community of architects and students of architecture. The possibility of adapting the CaveH Spawner software in order to use a common architectural software would allow a more active dialogue with students and architects. Blender is a dedicated software for modeling, animation and 3D models rendering, but it's not well suited for using with the type of CAD modeling taken by architects and hardly can be used as the single tool in the architecture design process.

Blender was customized by ADETTI-IUL engineers in order to

support the entities' model, which makes this work so useful.

To become more friendly to the architecture practice we are researching on the hypothesis of turning Blender tasks into automatic tasks or in a guided/assisted way, using a tutorial or a wizard.



**Figure 2:** CaveH screenshot. Real time navigation in the partial model of an area of the city of Lisbon

The usefulness of this platform as a tool for architecture is independent of concern about the absolute realism of what is presented since the constant shift between representation and visualization enable the feedback we had from pedestrians.

“Hardly anything in VR is like in reality, however VR can be used to project a certain part of reality. (...) Similar to the mental “concept”, most properties of the things can’t be perceived visually in reality. VR offers a chance to develop a visual representation of properties.” (Kieferle and Wossner, 2001)

To answer to this challenging we have started to develop a way to display wireframe objects. The goal of this new invention is to enable a more automatic and inside the design process so that, with an investment in the modeling of the space and textures mapping and its materials, it is possible to test an architectural space quite embryonic, only from the point of view of experimentation, while space is still the result from the combination of planes, surfaces and volumes.

## **Conclusions and future work**

Our work has been developed with researchers from two distinct areas, architecture and computer engineering, that daily are working together, testing and interacting in order to make the software advance towards a better solution for all the challenges proposed by the different stakeholders.

Within the architecture goals, there is a set of elements that we will try to achieve in the short-term. In fact, there are other elements, besides the model itself, that contribute strongly to the space perception and that can change the way the users uses the virtual environment while his navigation.

We found that it would be important to have features like the possibility of simulate the day-night cycle, in order to have a viable illumination model, dependent of the hour of the day, one of the most important feature in architectural proceed. As well as have a way to simulate the loudness of the environment, depending on the location, the time of the day, as well as the surroundings, giving the possibility to the user, even without seeing, having the perfect notion of the space and time, through the sound.

We also plan to create a system where the users can simulate thermal variations during the navigation. Also, providing stimulus to the other senses, as providing smells, simulate winds or producing heat (as seen in the work developed by Azevedo, 2013), is a way to go in the future. It is known, that the vision is the most active sense in this experience, but when experienced with stimulus to other senses, it loses some importance (Azevedo, 2013), changing the way how the user will perceive and roam the virtual space.

Finally, it was proposed as a crucial tool the inclusion of the interaction using the Microsoft Kinect sensor. That would create a seamless navigation, using just the user’s body, as well as the possibility to interact with the space with the user’s body. It would also open the possibility to the system to be used by people with some kind of disabilities.

The intentions for future work are all planned and feasible in the mid-term within this open platform. This input given by us to the engineering team, is only possible because we have a straight collaboration that give us the possibility of influence the development cycle, with new kinds of interactions and customizations. In the end, this opens endless opportunities to the CAVE when compared with other “standard” systems that are tight connected to the closed software on which they are based.

## Acknowledgment

This paper has been partially supported by the QREN 7943 CNG – Contents for Next Generation Networks project which is co-funded by Microsoft, the Portuguese Government, and the European Structural Funds for Portugal (FEDER), through COMPETE and QREN.

## References

Azevedo, A. S. (2013). 3-D Sound Enhanced Presence in Virtual Environments. s.l., s.n.

Bastos, P., Dias, M. S., 2008. Experiência de realidade virtual imersiva no ambiente CaveHollowspace do Lousal [3rd Human-Computer Interaction Conference Proceedings] Évora, Portugal

Costa, V. C.; Dias, J. M. S.; Pereira J. M. (2010): “Tecnologias CAVE- HOLLOWSPACE para a Mina do Lousal”; Instituto Superior Técnico, Lisbon, Portugal

Kieferle, J., Wossner, U., 2001. Showing the invisible: Seven rules for a new approach of using immersive virtual reality in architecture. Process [19th eCAADe Conference Proceedings] Helsinki, 29-31 August 2001, pp. 376-381

Kieferle, J. B. (2000): “Virtual space – new tasks for architects”; Universitat Stuttgart; Germany

## 6.2 Trabalho futuro

Primeiramente, é importante referir que esta dissertação teve como base o trabalho que tinha sido desenvolvido até ao momento precedente ao seu início, contribuindo assim para o seguimento desta linha de investigação e, sobretudo, com o objetivo de incentivar e abrir um caminho para a investigação em arquitetura dedica à realidade virtual.

Por se tratar de uma área e de um trabalho recetivos a inúmeras possibilidades de expansão, quando cruzada com os casos estudados no decorrer deste processo, surge um sem fim de possíveis direções a tomar futuramente, no entanto o objetivo será sempre tornar a experiência o mais imersiva possível para que responda aos apelos sensitivos da experiência em arquitetura. Pensa-se que esse melhoramento está maioritariamente relacionado com uma maior envolvimento com o AV por isso o melhoramento das sensações associadas à visualização será, sem dúvida, o primeiro caminho a explorar. É sabido que quando melhorados os estímulos auditivos, a imagem perde alguma da sua preponderância nas sensações que são experimentadas (AZEVEDO, 2013) assim como na orientação do individuo no espaço. Esta, assim como outras experiências sensoriais como a tentativa de simulação de alteração das características atmosféricas (temperatura, vento e humidade) e alteração da hora do dia, seria uma das vertentes a seguir.

Por outro lado, a experiência de navegação seria melhorada exponencialmente se fosse possível ao utilizador alterar as características do espaço em tempo real quando se sente desconfortável no espaço onde se movimenta. A possibilidade de edição do espaço em tempo real é, sem qualquer dúvida, o objetivo principal de uma investigação futura. Cruzar o que é atualmente uma ferramenta apenas de visualização com aquilo que se pode denominar de “esquiçar no espaço e à escala real” dá origem a uma ferramenta sem qualquer comparação possível àquelas de que dispomos hoje em dia. No seguimento disto, seria então de esperar ser possível convergir com estes dois interesses numa só ferramenta que possibilitasse a alteração do espaço em tempo real, assim como as respetivas características que o envolvem e que com ele estão diretamente relacionadas - o som, a hora do dia e as condições atmosféricas. Isto permitiria o controlo total da plataforma sem que dela fosse preciso sair. A imersão poderia ser considerada quase total, o controlo da plataforma seria o mais intuitivo possível, a experiência do espaço arquitetónico seria o mais semelhante possível à realidade.

No seguimento destas melhorias da experiência imersiva, possivelmente esta ferramenta abrirá espaço para a criação de outro tipo de trabalho em arquitetura. A simulação de utilização dos espaços, sobretudo urbanos, iria permitir prever de que forma um determinado espaço seria percorrido e apropriado pelos seus utilizadores. Trata-se portanto de uma ferramenta que, para além de todas as vantagens já indicadas, iria levar também a uma enorme poupança de recursos pois tudo poderá vir a ser testado ao limite antes de ser concretizado.

De uma forma mais específica e depois de assinaladas as vantagens da PocketCAVE no processo de projeto e as formas mais eficientes de realizar este trabalho, são agora assinalados os pontos mais concretos e técnicos a melhorar com vista à contínua evolução desta ferramenta.

A um nível mais técnico, quanto aos objetivos mais imediatos e fundamentais a um funcionamento melhorado da PocketCAVE, é possível identificar os seguintes aspetos:

- Melhoramento do modelo de iluminação;
- Criação de um sistema de sombras e sombreamentos;
- Possibilidade de definir mais do que um elemento como map geometry;
- Possibilidade (já em desenvolvimento) de criar uma entidade que permita a existência de objetos sem presença no sistema de física.

Como objetivos a longo prazo mas de importância bastante mais relevante e preponderante do ponto de vista das alterações na experiência são agora sistematizadas as seguintes sugestões (algumas das quais já apresentadas anteriormente):

- Possibilidade de alteração da iluminação de forma a que seja possível, pelo menos numa fase inicial, alternar entre dia e noite e, posteriormente, entre diferentes horas específicas do dia;
- Adição do Kinect enquanto acessório de navegação no AV para que a navegação se torne mais intuitiva e, sobretudo, acessível a uma maior variedade de utilizadores, para que a habituação ao sistema de controlo seja mais rápida e intuitiva;
- Possibilidade de edição em tempo real aquando da navegação no ambiente de RV para que não sejam necessários avanços e recuos consecutivos no processo de transposição entre plataformas sempre que, frequentemente, é feita uma alteração no projeto em estudo;
- Edição de forma mas intuitiva do que os habituais elementos de controlo – rato e teclado- incluindo o Kinect como ferramenta fundamental para esta edição;
- Simulações térmicas associadas às diferentes estações do ano e materiais utilizados;
- Utilização dos AVI criados como plano de fundo a testes de acessibilidade e usabilidade do espaço real.

Por último, espera-se com isto que a investigação nesta área continue por ser, sem qualquer dúvida, uma ferramenta útil e única no campo da arquitetura no panorama nacional. Espera-se por isso que a investigação continue, com base nestes pontos sugeridos ou noutros de igual importância.









## 7.1 Lista de acrónimos

2D	Duas dimensões
3D	Três dimensões
ADETTI-IUL boa	Centro de Investigação em Sistemas e Tecnologias de Informação Avançados - Instituto Universitário de Lisboa
AV	Ambiente Virtual
AVI	Ambiente Virtual Imersivo
CAVE	Cave Automatic Virtual Environment
CaveH	Cave-Hollowspace
FA-UTL	Faculdade de Arquitetura – Universidade Técnica de Lisboa
HMD	Head-Mounted Display
INESC-ID	Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores – Investigação e Desenvolvimento em Lisboa
ISCTE-IUL	Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa – Instituto Universitário de Lisboa
MIA	Mestrado Integrado em Arquitetura
PFA	Projeto Final de Arquitetura
SDK	Software Development Kit
UC	Unidade Curricular
UCS	User Co-ordinate System
VH	Virtual Heritage
VRLab	Virtual Reality Laboratory
VRML	Virtual Reality Modeling Language

## 7.2 Índice de imagens

Figura 1- Esquema de projetores e respetivas telas de projeção; Disponível em <[http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/3D/Realidad%20Virtual/web/imagenes/dispositivos/CAVE\\_esquema.jpg](http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/3D/Realidad%20Virtual/web/imagenes/dispositivos/CAVE_esquema.jpg)>, Acedido em Fevereiro 2013

Figura 2 - Óculos polarizados; Disponível em <[http://www.3duniversity.net/3dathomeconsumersite/images/Passive\\_glasses.jpg](http://www.3duniversity.net/3dathomeconsumersite/images/Passive_glasses.jpg)>, Acedido em Fevereiro 2013

Figura 3 - Navegação através de utilização do Kinect – deslocação, Captura de ecrã do vídeo disponível em <<http://www.youtube.com/watch?v=fxnMMVy9tFU>>, Acedido em Março 2013

Figura 4 - Navegação através de utilização do Kinect - rotação, Captura de ecrã do vídeo disponível em <<http://www.youtube.com/watch?v=fxnMMVy9tFU>>, Acedido em Março 2013

Figura 5 - Navegação através do Navisworks; Captura de ecrã do vídeo disponível em <<http://www.youtube.com/watch?v=ihxwVTptbxg>>, Acedido em Março 2013

Figura 6 - Óculos Rift, Captura de ecrã do vídeo disponível em <<http://www.theverge.com/2013/1/7/3848914/oculus-rift-deep-inside-the-immersive-disorienting-virtual-reality>>, Acedido em Julho 2013

Figura 7 - Navegação no modelo virtual do Largo da Sé; Disponível em <<http://www.diretorio.ufrj.br/aurelionogueira/estudos/index.htm>>, Acedido em Fevereiro 2013

Figura 8 - CAVE existente no HRLS; Disponível em <http://www.hlr.de/organization/av/vis/research/vr/velab/>, Acedido em Julho 2013

Figura 9 - Navegação num ambiente urbano virtual na CAVE existente no HRLS; Disponível em <http://www.hlr.de/organization/av/vis/covise/applications-and-users/>, Acedido em Julho 2013

Figura 10 - Ambiente de navegação; Disponível em <[bit.ly/forumconimbriga](http://bit.ly/forumconimbriga)>, Acedido em Fevereiro 2013

Figura 11 - Desenho e extrusão de formas aleatórias (ARAÚJO,2012)

Figura 12 - Manipulação e criação de objetos utilizando ambas as mãos (ARAÚJO, 2012)

Figura 13 - Centro de Ciência Viva do Lousal, vista exterior (Agosto 2013)

Figura 14 - Instalações das antigas minas do Lousal (Agosto 2013)

Figura 15 - CAVE Hollowspace (Agosto 2013)

Figura 16 - Conjunto de dois projetores e respetivo espelho localizados atrás das superfícies laterais de projeção (Agosto 2013)

Figura 17 - Dois conjuntos de dois projetores que asseguram a imagem das projeções frontais em ambos os planos (Agosto 2013)

Figura 18 - Demonstração da PocketCAVE nas instalações da ADETTI-IUL (Abril 2013)

Figura 19 - Projetor DepthQ HDs3D-1 (Agosto 2013)

Figura 20 - Tela de projeção (Agosto 2013)

Figura 21 - Óculos polarizados (Agosto 2013)

Figura 22 - Vista de um cubo em modo wireframe – captura de ecrã no CaveH Spawner

Figura 23 - Organização de layers conforme grupos de elementos do mesmo material ou conjunto de elementos – captura de ecrã no Rhinoceros

Figura 24 - navegação na CAVE (pormenor de uma parede onde a imagem não é continua devido à sobreposição de geometrias) – captura de ecrã no CaveH Spawner

Figura 25 - Visualização em Rhino do mesmo local da figura anterior - captura de ecrã

Figura 26 - Seleção de todos os elementos aos quais serão atribuídos o mesmo material, comando Join – captura de ecrã no Blender

Figura 27 - Exemplo de geometria pouco clara – captura de ecrã no Blender  
Figura 28 - Exemplo de geometria simplificada – captura de ecrã no Blender  
Figura 29 - Activar Edit Mode para verificar geometrias – captura de ecrã no Blender  
Figura 30 - Activar Edit Mode para verificar a direção das normais - captura de ecrã no Blender  
Figura 31 - Exemplo de aplicação de um material a um objeto da cena – captura de ecrã no Blender  
Figura 32 - Atribuição de entidades – captura de ecrã no Blender  
Figura 33 - Atribuição de triggers e ativação do modo wireframe – captura de ecrã no Blender  
Figura 34 - Janela inicial do CaveH Spawner – captura de ecrã no Cave Spawner  
Figura 35 - Exemplo de definições para navegação no CaveH Spawner  
Figura 36 - experimentação do espaço durante o processo de projeto (navegação na CAVE - vista aérea da Vila Raul e respetiva envolvente)  
Figura 37 - experimentação do espaço durante o processo de projeto (navegação na CAVE - rua adjacente à Vila Raul)  
Figura 38 - experimentação do espaço durante o processo de projeto (navegação na CAVE - vista do interior da Vila Raul)  
Figura 39 - CLOSE to cities and CLOSE R to people, Fotografia de Hugo Alexandre Cruz  
Figura 40 - CLOSE to cities and CLOSER to people, Demonstração, na PocketCAVE, dos conteúdos desenvolvidos  
Figura 41 - CLOSE to cities and CLOSER to people, Paineis explicativos dos conteúdos apresentados na PocketCAVE

### **7.3 Índice de tabelas**

Tabela 1- Comparação entre vários software de modelação

Tabela 2 - Formatos de exportação dos vários software utilizados e formatos de importação em Blender

Tabela 3 - Formatos convertidos para OBJ, pelo FBX Converter



## REFERÊNCIAS

---

ARAÚJO, B., CASIEZ, G. & JORGE, J., 2012. **Mockup Builder: Direct 3D Modeling On and Above the Surface in a Continuous Interaction Space**. Toronto, Canada, Proceedings of Graphics Interface (GI'2012).

ARAÚJO, B., JORGE, J. & DUARTE, J., 2012. **Combining Virtual Environments and Direct Manipulation for Architectural Modeling**. Prague, Czech Republic, Proceedings of eCAADe.

AZEVEDO, A. S., 2013. **3-D Sound Enhanced Presence in Virtual Environments**. Lisboa: Tese de mestrado, Instituto Superior Técnico.

BASTOS, P. & DIAS, M. S., 2008. **Experiência de realidade virtual imersiva no ambiente CaveHollowspace do Lousal**. Évora, Portugal, Proceedings of Interação 2008 - 3ª Conferência Interação Pessoa-Máquina.

CARREIRO, M. & PINTO, P., 2013. **The evolution of representation in architecture**. Porto, Portugal, Proceedings of Future Traditions Conference.

CARROLL, Lewis. **Alice no País da Maravilhas**, p. 19

CONROY, R., 2001. **Spatial navigation in immersive virtual environments**. Doctoral thesis. London, United Kingdom: s.n.

COSTA, V., PEREIRA, J. M. & DIAS, J. M., 2007. **Tecnologias CAVE-HOLLOWSPACE para a Mina do Lousal**. Lisboa, Portugal, 15º Encontro Português de Computação Gráfica.

DROSDOL, J., KIEFERLE, J., WIERSE, A., WÖSSNER, U., 2003. **Interdisciplinary Cooperation in the Development of Customer-Oriented Brand Architecture**. Proceedings of Trends in Landscape Modelling, Dessau. p. 264-269.

GONÇALVES, A. & MENDES, A., 2003. **Realidade virtual na reconstrução de ambientes históricos: o Fórum Flaviano de Conímbriga**. Braga, Portugal, Disponível em <<https://iconline.ipleiria.pt/handle/10400.8/140>>.

GONÇALVES, A., SILVA, F. & MENDES, A., 2006. **Reconstructions of the past: how virtual can they be?**. s.l., s.n.

HUXLEY, Aldous. **Admirável Mundo Novo**. Editores Associados, Lisboa.

INGRAHAM, N., 2013. **Oculus Rift: deep inside the immersive, disorienting virtual reality gaming experience**. The Verge, 7 Janeiro.

KANG, J., GANAPATHI, A. & NSEIR, H., 2012. **Computer aided immersive virtual environment for BIM**. Moscow, Russia, Proceedings of the 14th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering.

KIEFERLE, J. B., 2000. **Virtual Space - New Tasks for Architects, Promise and Reality: State of the Art versus State of Practice in Computing for the Design and Planning Process**. Weimer, Germany, Proceedings of 18th eCAADe.

KIEFERLE, J. & WÖSSNER, U., 2001. **Showing the invisible: Seven rules for a new approach of using immersive virtual reality in architecture.** Helsinki, Finland, 19th eCAADe Conference Proceedings.

LANG, U., WÖSSNER, U., KIEFERLE, J., s.d. **3D Visualization and Animation – An Introduction.** [Online] Available at: <http://www.ifp.uni-stuttgart.de/publications/phowo03/lang.pdf>. [Acedido em Março 2013].

NOGUEIRA, A., s.d.. **Estudos de Realidade Virtual (RV) e Virtual Heritage (VH).** [Online] Available at: <http://www.diretorio.ufrj.br/aurelionogueira/estudos/index.htm> [Acedido em Fevereiro 2013].

NOGUEIRA, A., s.d.. **Projeto de visualização tridimensional do Complexo do Turano - Tijuca - Rio de Janeiro.** [Online] Available at: <http://www.diretorio.ufrj.br/aurelionogueira/estudos/index.htm> [Acedido em Março 2013].

WICKEROTH, D. B. P. L. U., 2009. **Markerless Gesture Based Interaction for Design Review Scenarios.** Londres, Applications of Digital Information and Web Technologies.





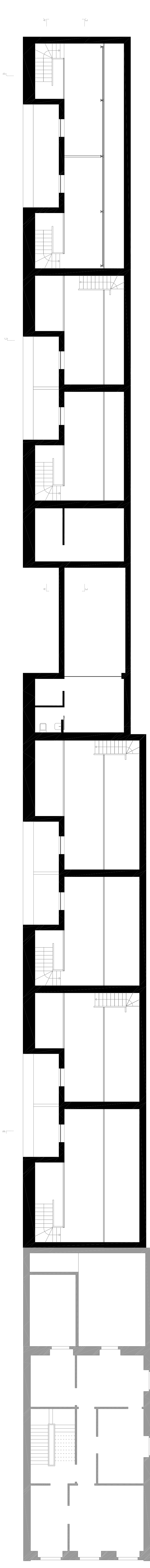




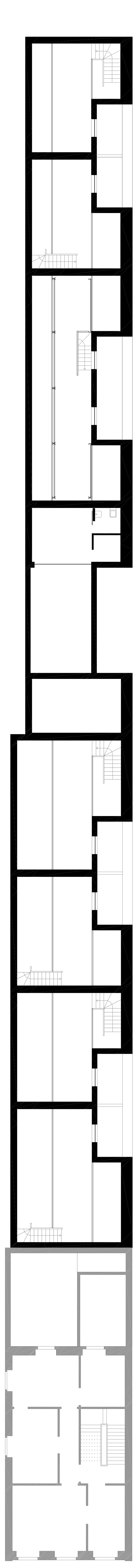




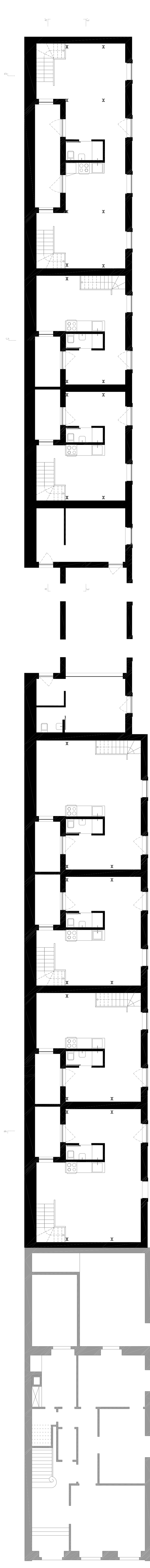
áreas de todo o edifício  
pavimento de cor branca - calçada portuguesa  
pavimento de cor cinza - calçada portuguesa  
verde



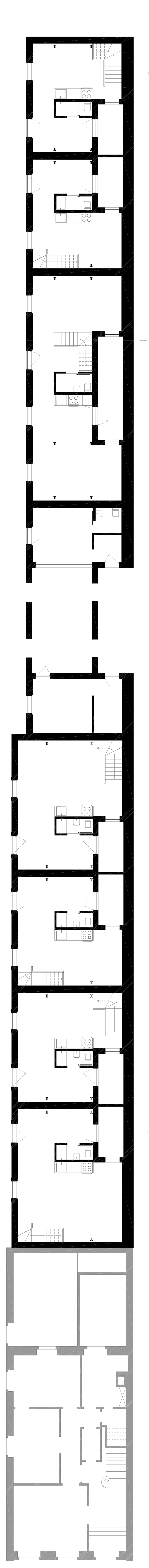
PLANTA GERAL PISO 0  
ESC. 1:100



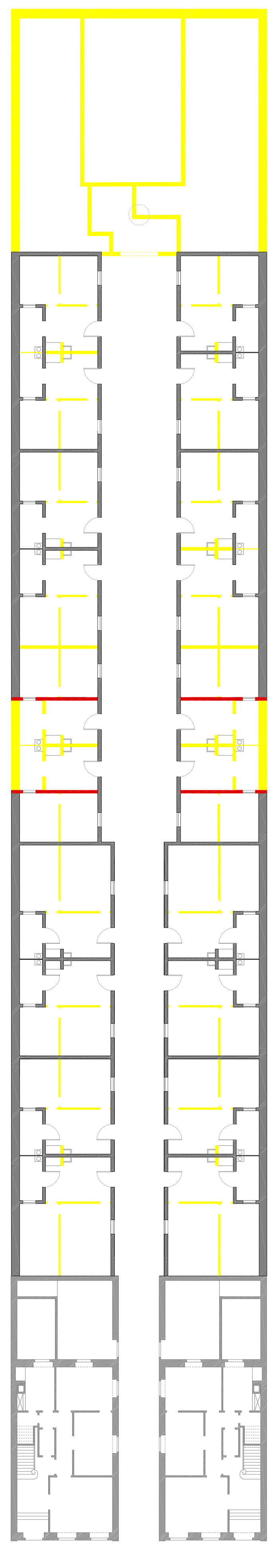
PLANTA GERAL PISO 1  
ESC. 1:100



PLANTA GERAL PISO 2  
ESC. 1:100



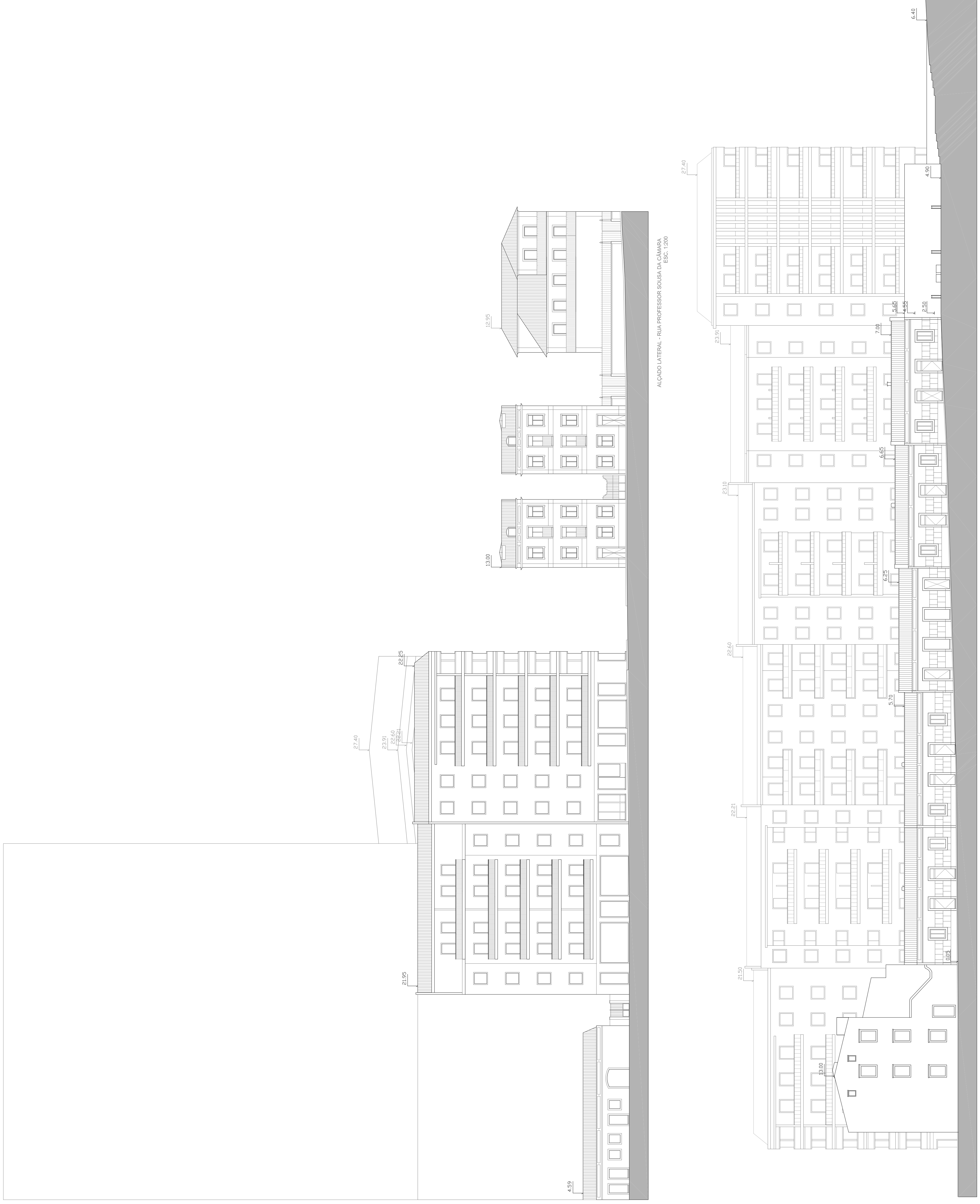
PLANTA GERAL PISO 3  
ESC. 1:100

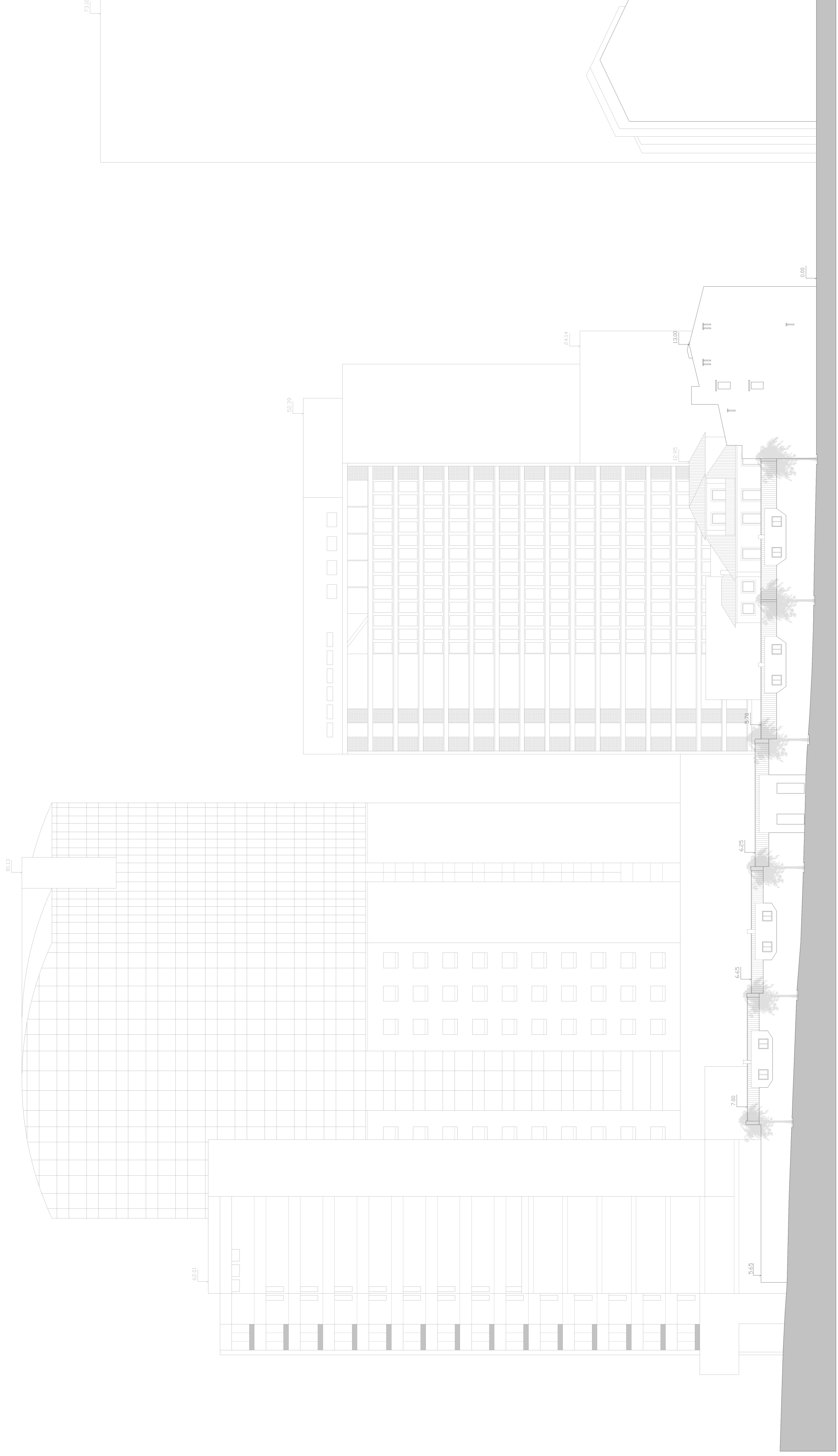


PLANTA VERMELHOS E AMARELOS  
ESC. 1:200

CENÁRIO '32 | PROPOSTA DE INTERVENÇÃO PARA A VILA RAUL E RESPECTIVA ENVOLVENTE  
habitações na Vila Raul

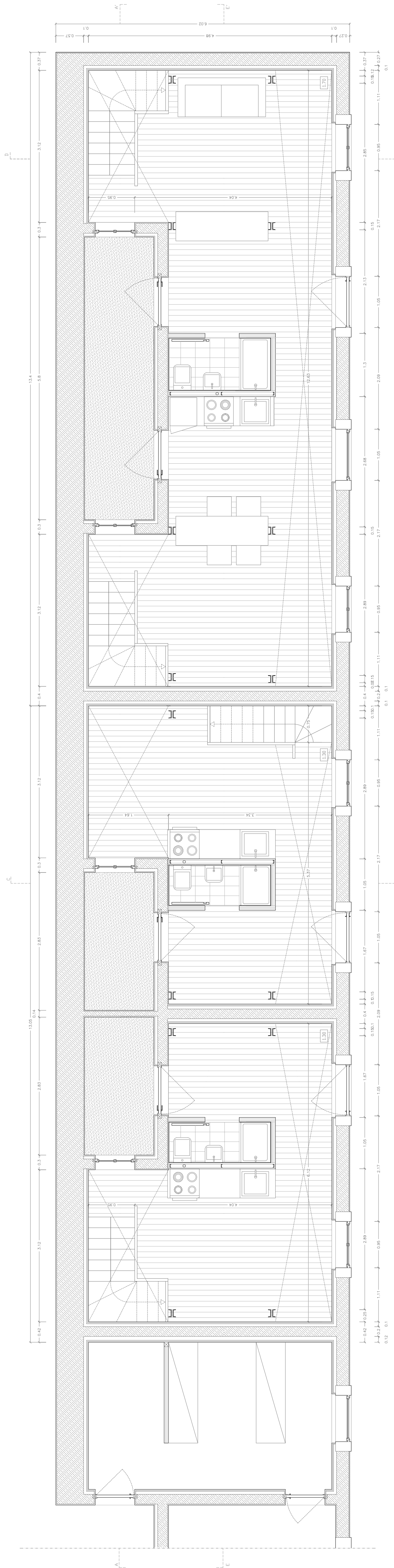
PLANTAS GEMAS - PISO 0 E PISO 1 | PLANTA VERMELHOS E AMARELOS  
ana margárida moural | 20169  
mestrado integrado em arquitetura | projeto final de arquitetura | 2012 - 2013



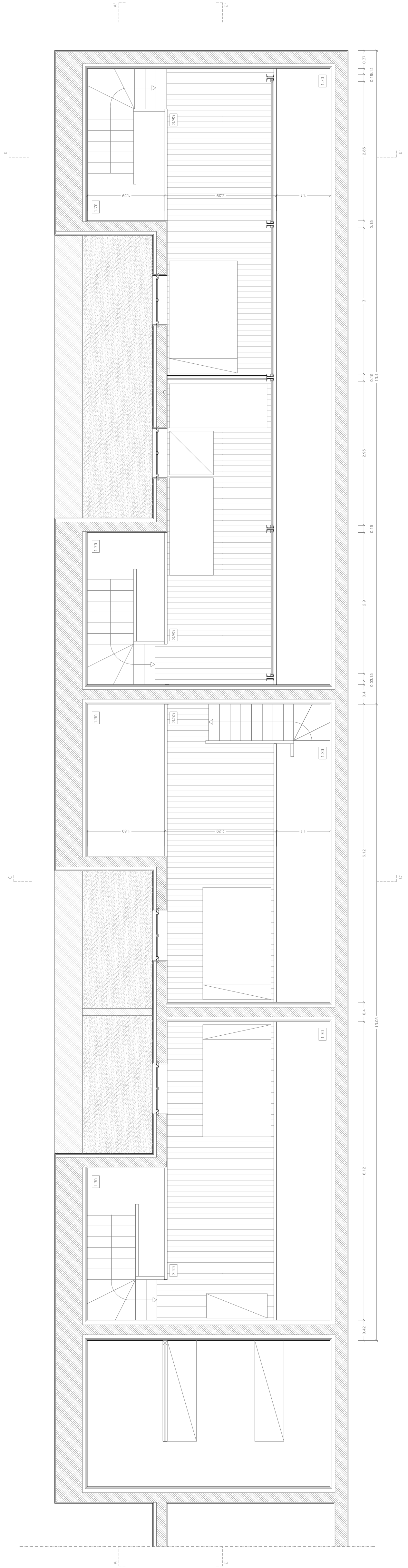


ALÇADO TARDOZ - RUA AVADOR PLÁCIO DE ABEU,  
ESQ. 1.200

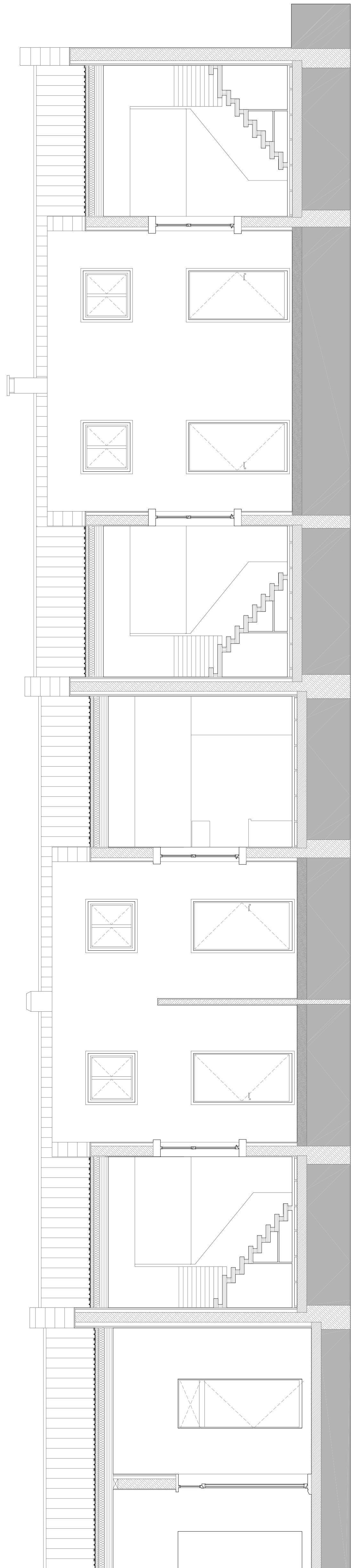




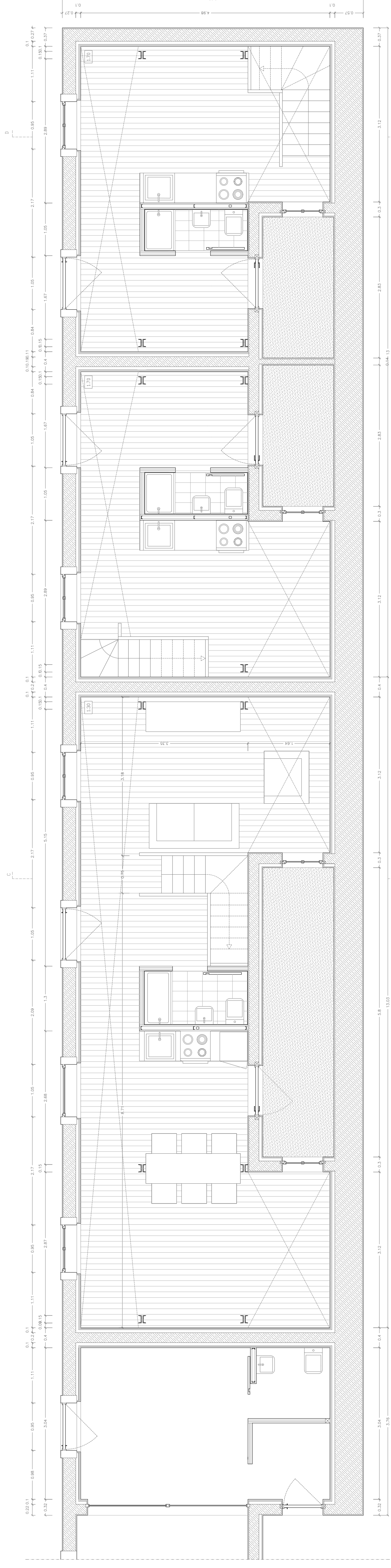
PLANTA ZONA DE SERVIÇO/POI | PLANTA TIPOLOGIA 1, 2 E 3 - PISO 0  
ESC. 1:50



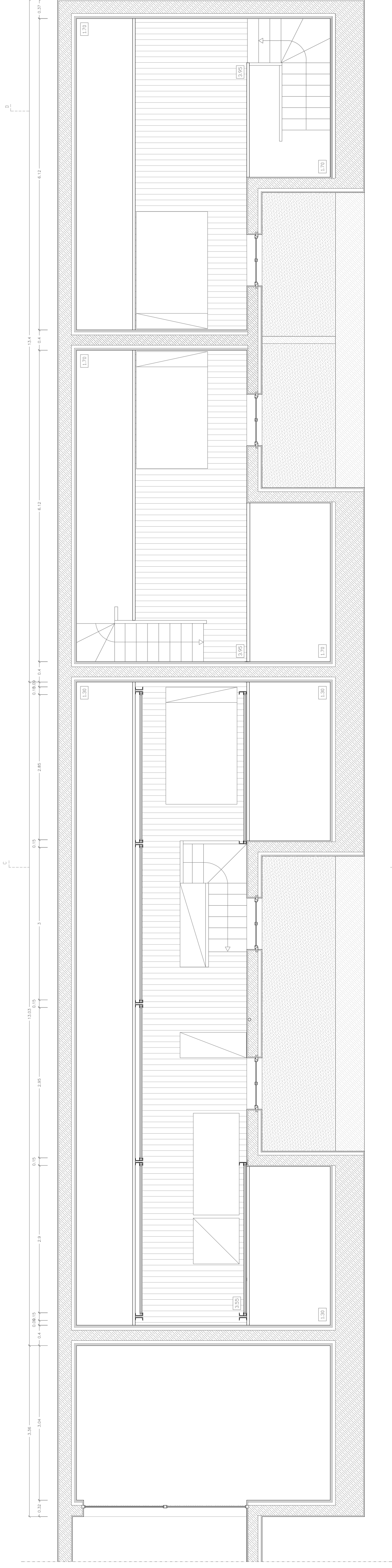
PLANTA ZONA DE SERVIÇO/POI | PLANTA TIPOLOGIA 1, 2 E 3 - PISO 1  
ESC. 1:50



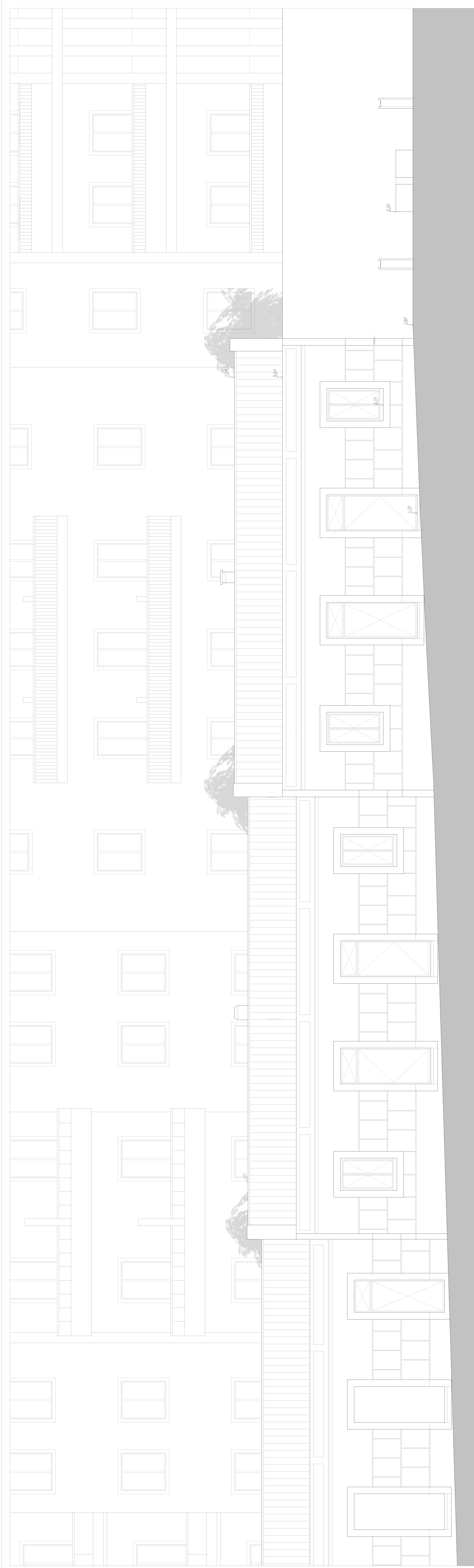
CORTE AA'  
ESC. 1:50



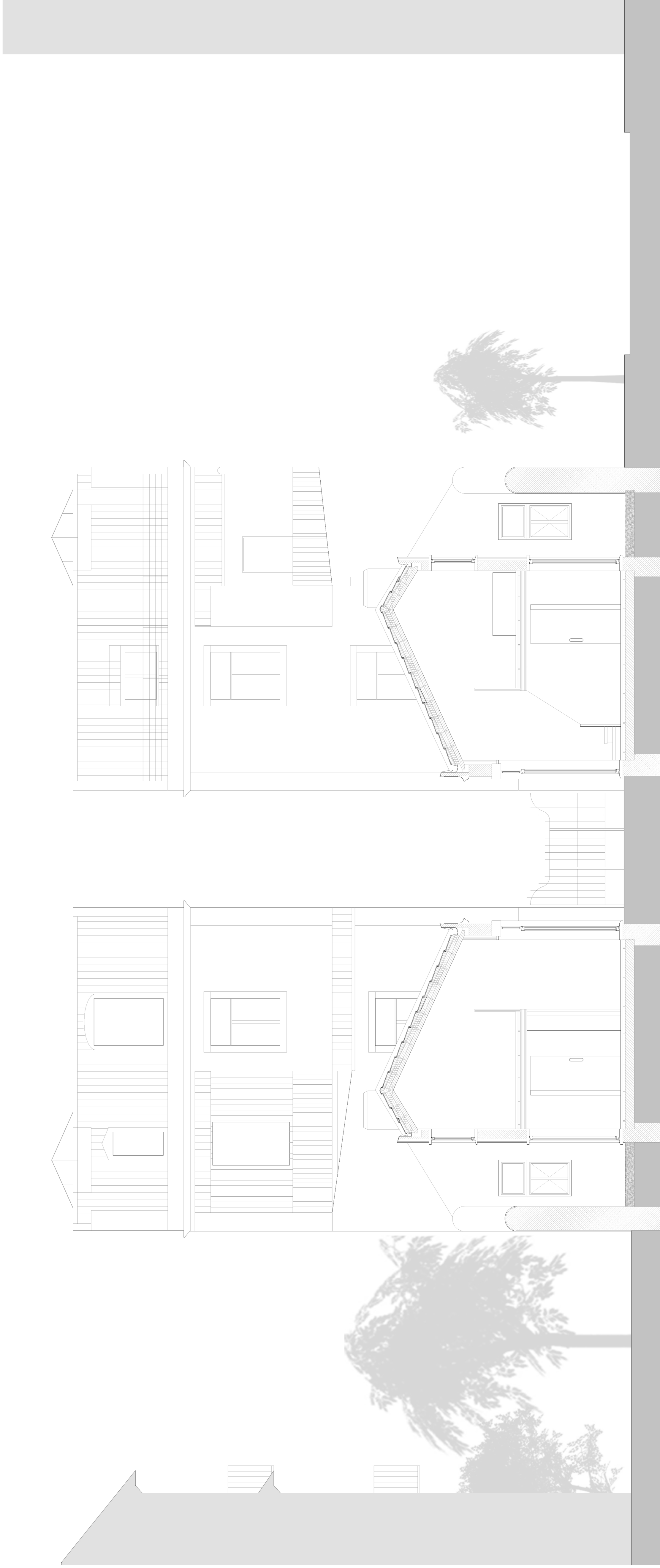
PLANTA ESPAÇO PARA PEDUEIRO COMERCIO LOCAL | PLANTA TIPOLOGIA 4, 2 E 3 - PISO 0  
ESC. 1:50



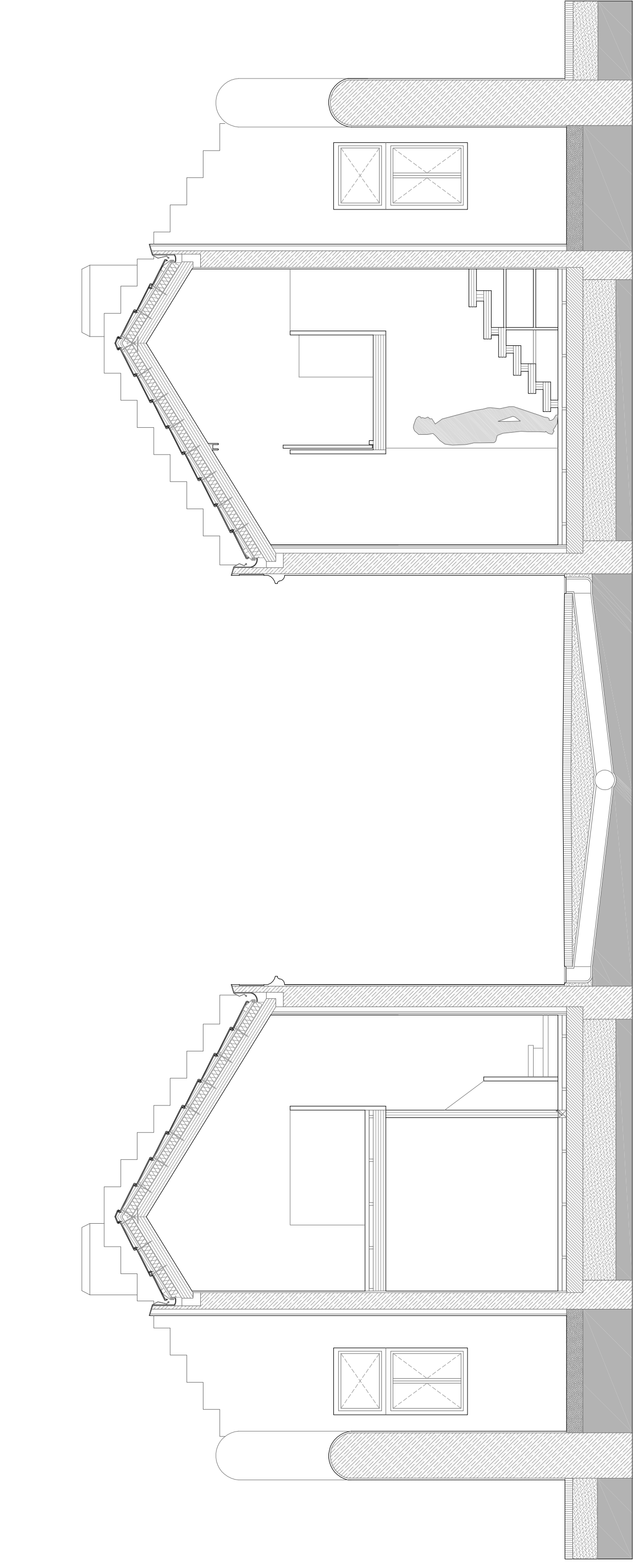
PLANTA ESPAÇO PARA PEDUEIRO COMERCIO LOCAL | PLANTA TIPOLOGIA 4, 2 E 3 - PISO 1  
ESC. 1:50



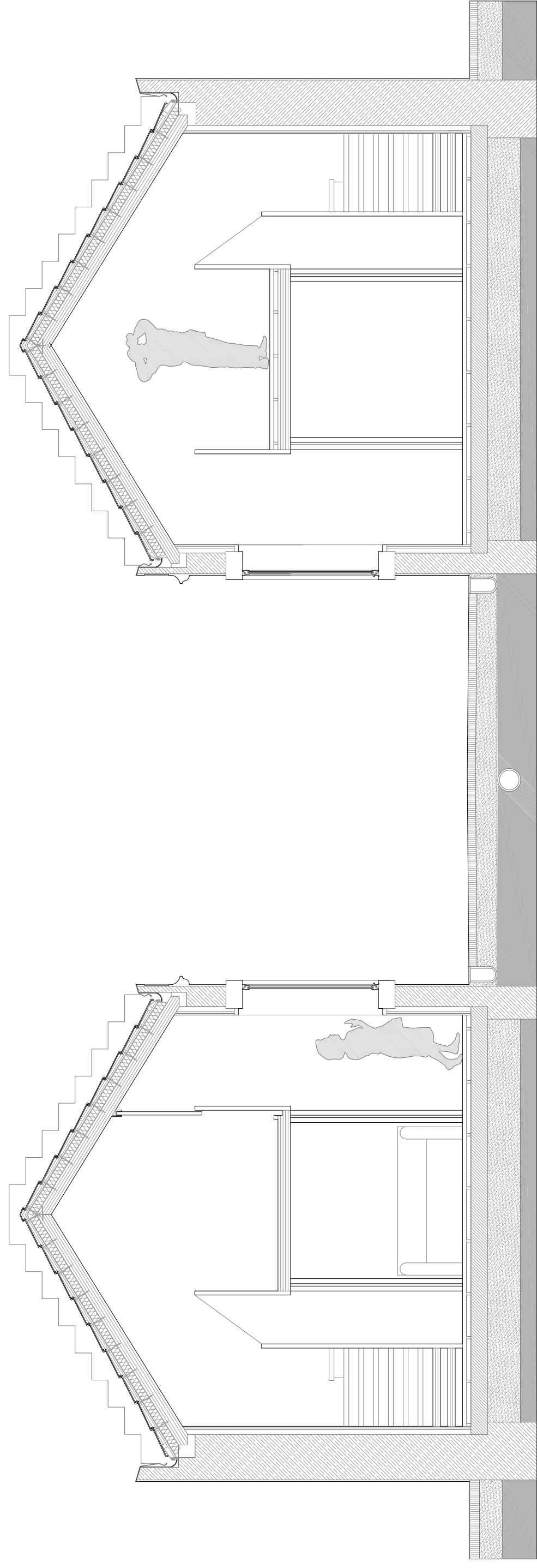
ALÇADO FRONTAL - PARCIAL  
ESC. 1:50



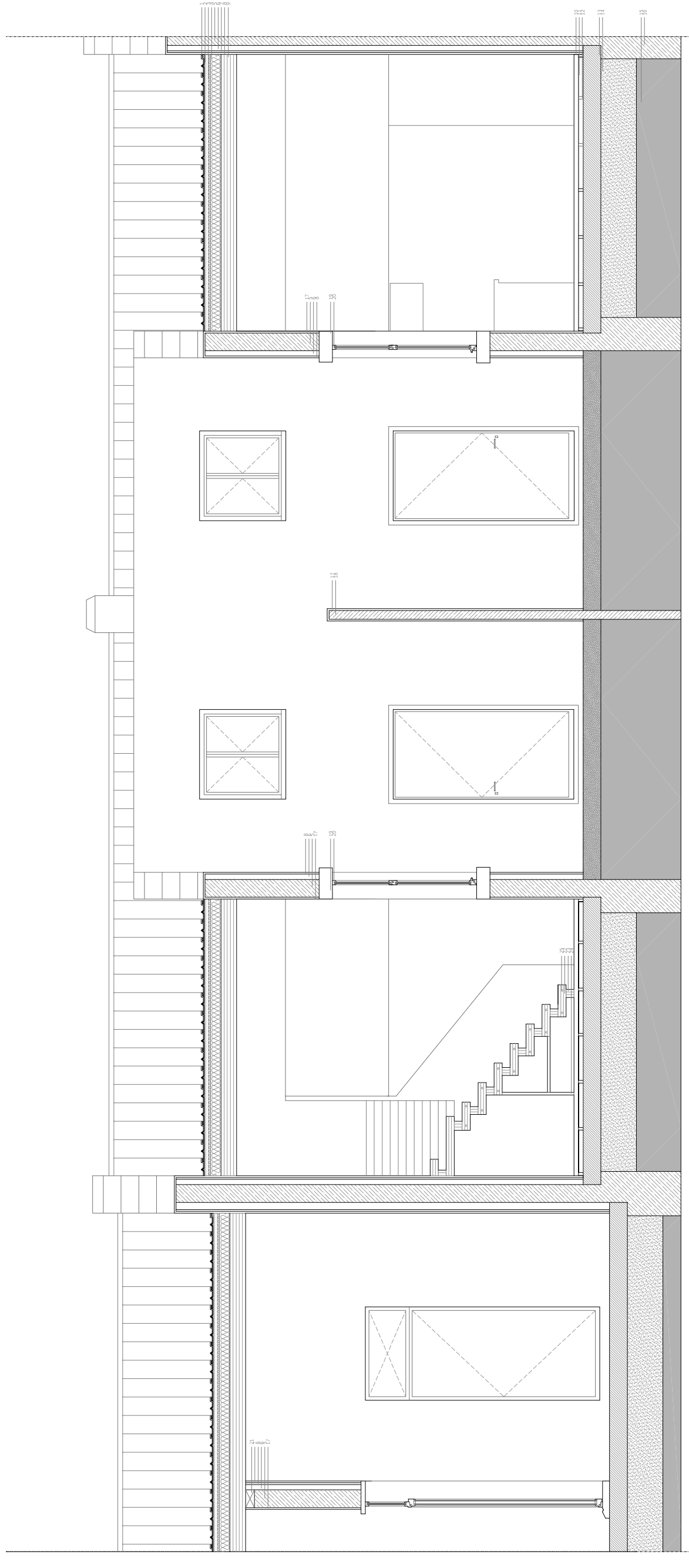
CORTE BB  
ESC. 1:50



CORTE CC  
ESC. 1/50

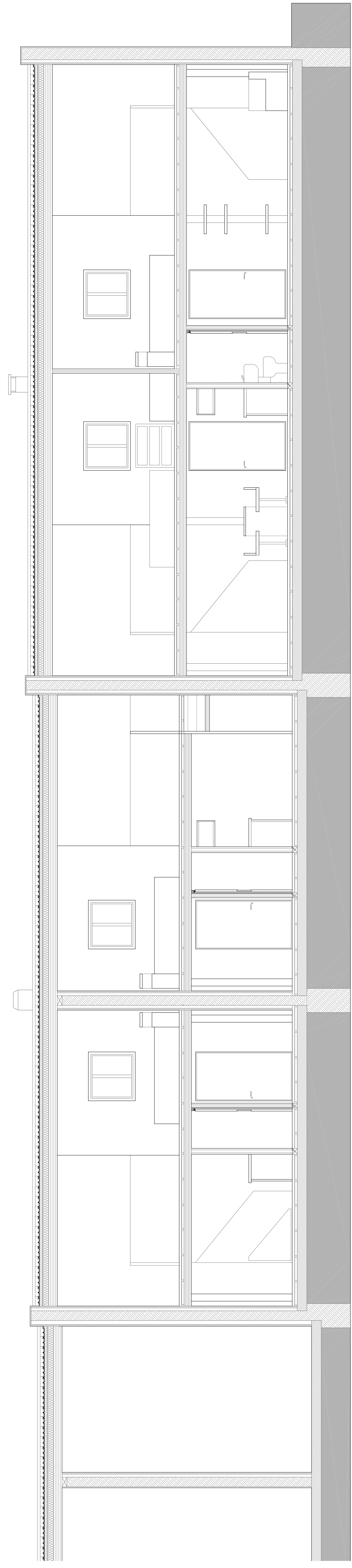


CORTE DD  
ESC. 1/50

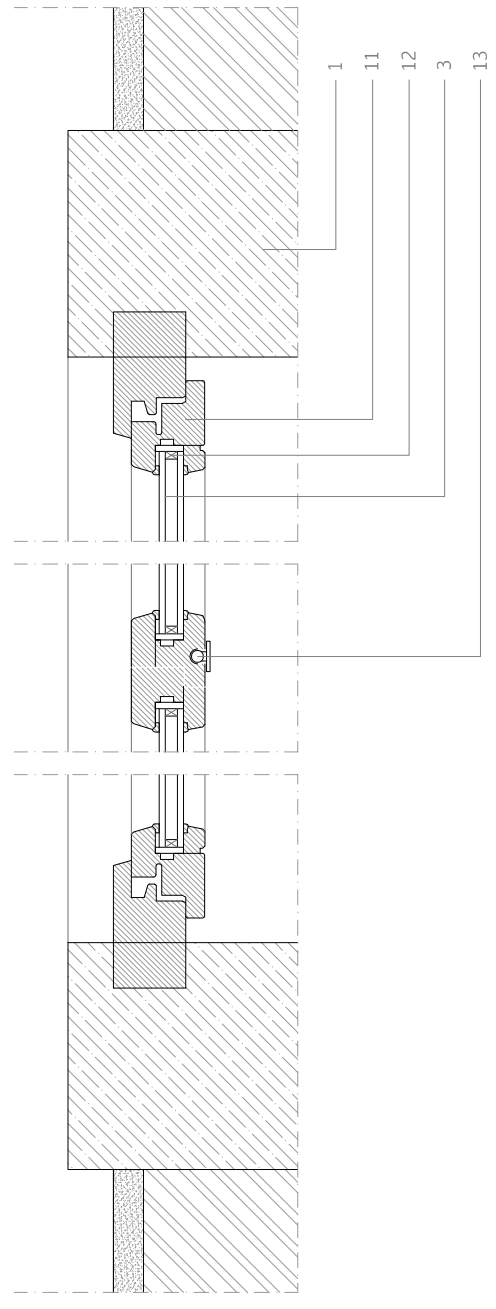


CORTE CONSTRUCTIVO AA - PARCIAL  
ESC. 1/50

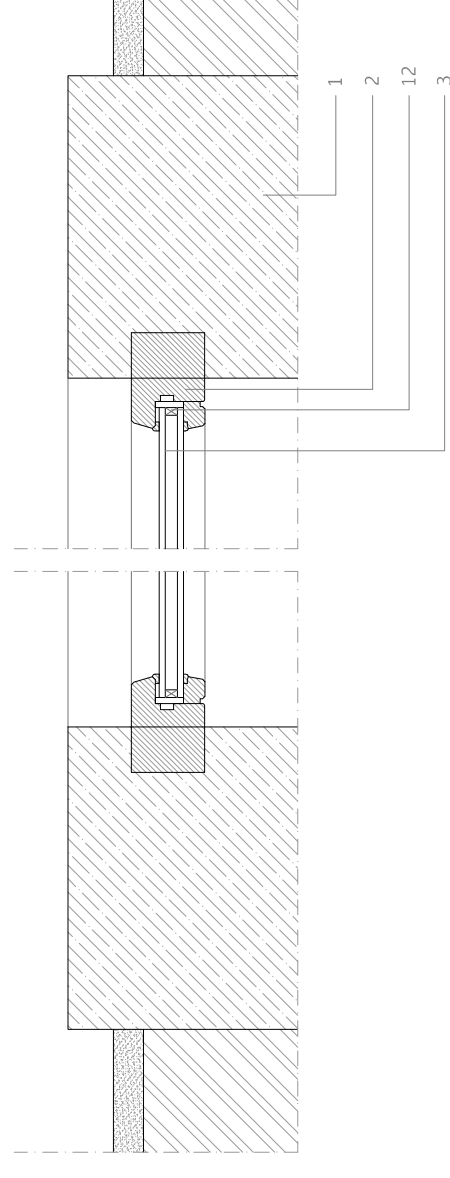
1. Vela original
2. Vela original com 100 cm
3. Vela original com 100 cm
4. Vela original com 100 cm
5. Vela original com 100 cm
6. Vela original com 100 cm
7. Vela original com 100 cm
8. Vela original com 100 cm
9. Vela original com 100 cm
10. Vela original com 100 cm
11. Vela original com 100 cm
12. Vela original com 100 cm
13. Vela original com 100 cm
14. Vela original com 100 cm
15. Vela original com 100 cm
16. Vela original com 100 cm
17. Vela original com 100 cm
18. Vela original com 100 cm
19. Vela original com 100 cm
20. Vela original com 100 cm
21. Vela original com 100 cm
22. Vela original com 100 cm
23. Vela original com 100 cm
24. Vela original com 100 cm
25. Vela original com 100 cm



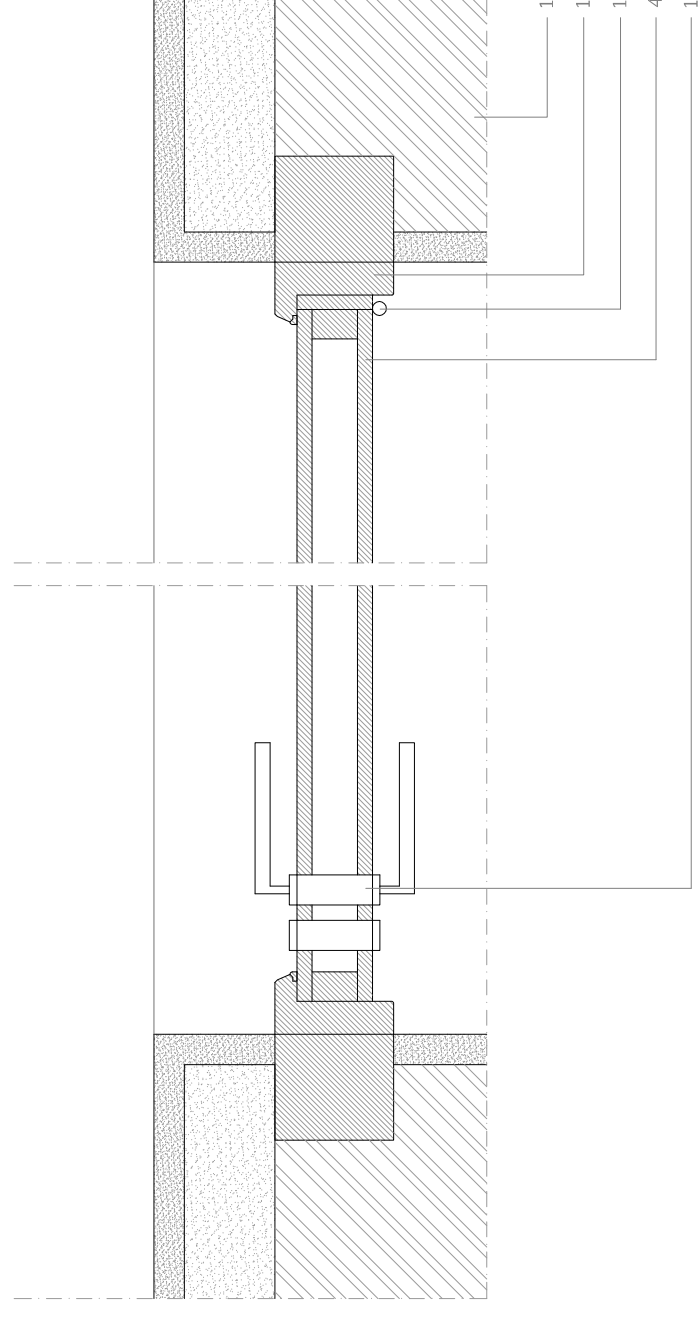
CORTE EE  
ESC. 1/50



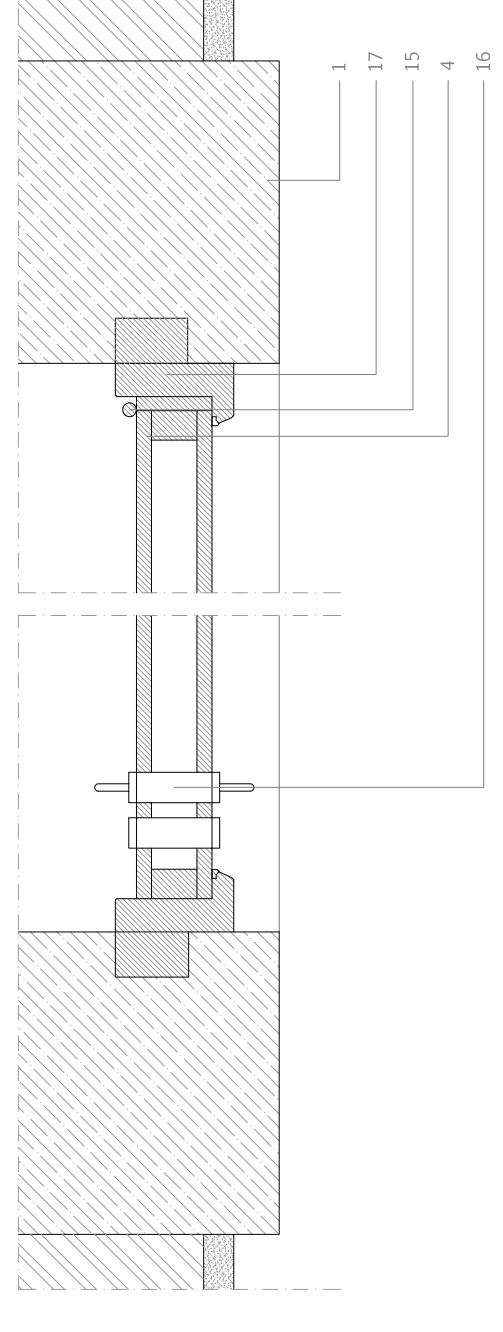
SECÇÃO HORIZONTAL - JANELA BATENTE  
ESC. 1:5



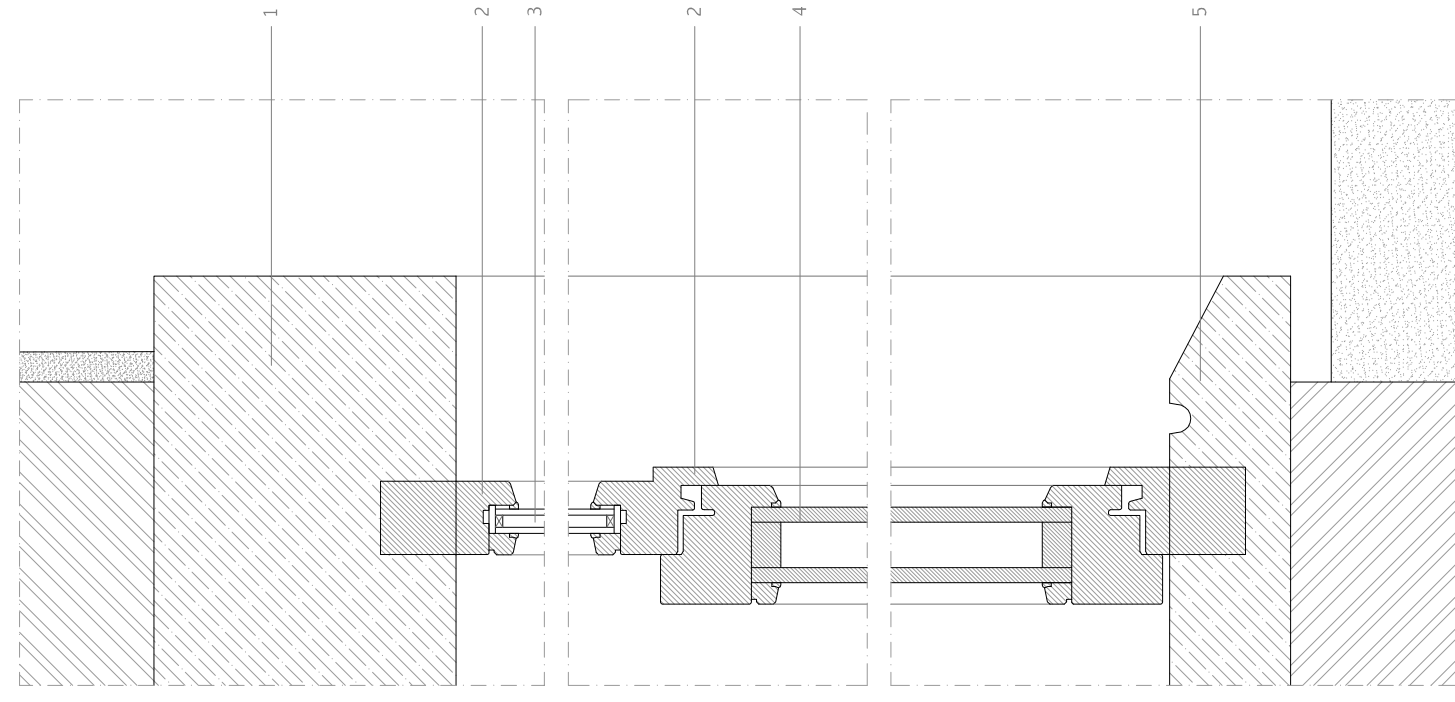
SECÇÃO HORIZONTAL - CAMILHÃO FIXO  
ESC. 1:5



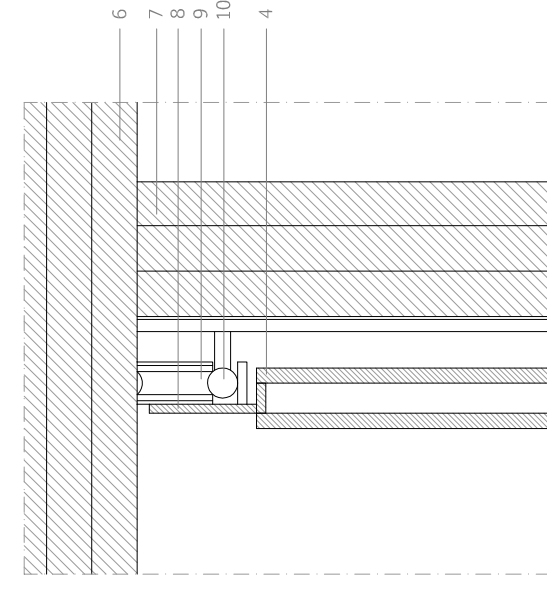
SECÇÃO HORIZONTAL - PORTA PÁTIO  
ESC. 1:5



SECÇÃO HORIZONTAL - PORTA ALÇADO PRINCIPAL  
ESC. 1:5



SECÇÃO VERTICAL - PORTA ALÇADO PRINCIPAL  
ESC. 1:5



SECÇÃO VERTICAL - PORTA DE CORRER L.S.  
ESC. 1:5

- 1 - cravado de pedra existente
- 2 - casilho de madeira fino
- 3 - vito curto (6, 8, 4 mm)
- 4 - porta de folha dupla de madeira
- 5 - pedra de soleira existente
- 6 - canal suportante X16m (15 cm)
- 7 - perfil suportante X16m (15 cm)
- 8 - guarni de madeira do sistema de correr
- 9 - rodízio metálico
- 10 - caixão metálico
- 11 - casilho batente madeira pinho
- 12 - rebate
- 13 - vazo de fluição
- 14 - aliviar existente
- 15 - aboboaça
- 16 - ferragem
- 17 - batente madeira pinho

