

C.I.M.S

Centro de Investigação Marítima Sines



Vanessa Fortunato
Outubro 2016

Centro de Investigação Marítima Sines

Trabalho prático submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Arquitetura.

Candidata:

Vanessa Inês Fonte Fortunato

Orientadores:

Prof. Doutor Pedro Pinto, Professor Auxiliar do ISCTE-IUL

Prof. Doutor Vasco Moreira Rato, Professor Auxiliar do ISCTE-IUL

Índice Geral

Introdução 4 | 7

I - Vertente Projetual

I.a –PROJETO DE GRUPO

Qualificação de Sines 12 | 31

I.b – PROJETO INDIVIDUAL

Centro de Investigação Marítima 32 | 76

II - Vertente Teórica

Integração Arquitetónica de
Sombreamento Solar Otimizado 77 | 258

Introdução

O início do ano letivo 2015/2016 teve como objetivo o “concurso Universidades” integrado na Trienal de Arquitetura de Lisboa 2016, com o tema “Sines - Industria e estrutura portuária” (Pinto,2016).

Projeto Final de Arquitetura (PFA) foi iniciado com um trabalho de grupo que se centrou nos objetivos do programa do concurso da Trienal, “ limite entre a transformação poética e a experiência política e com um primeiro objetivo: conservar e multiplicar a potência produtiva do lugar” focando-se em quatro tópicos importantes: Escala, Produção, Limites e Tempo (Pinto, 2016).

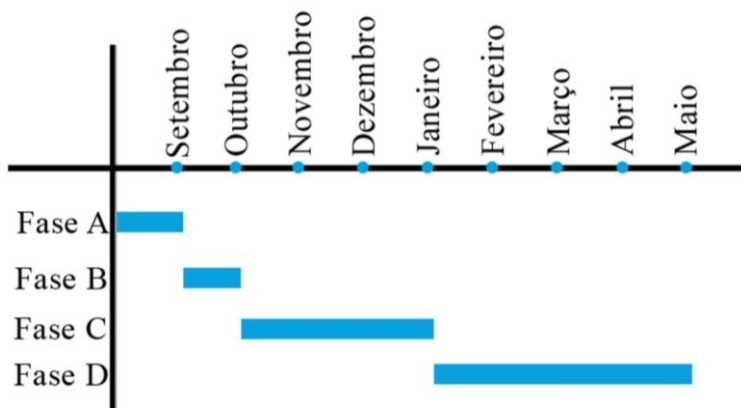
Após o arranque deste tema, foi desenvolvido um trabalho de grupo com objetivo de melhorar os limites entre a cidade, o porto e a indústria, tanto a Norte, a Sul e a frente do mar.

Atualmente Sines dispõe de um eixo viário (A26-1) que circunda toda a cidade. Este pode ser visto como uma oportunidade de melhorar a forma como a cidade é encarada, melhorando a separação do meio urbano com o meio industrial.

Esse eixo tem um valor fundamental para Sines, não só pela separação que este pode proporcionar, mas também pela capacidade que este pode vir a ter para a cidade, tanto a nível rodoviário, pedonal, clicável, envolvente urbana e industrial.

O trabalho proposto tem a duração anual, mas repartido em quatro fases:

a fase A – Análise de programas e estratégias urbanas e arquitetónicas; **a fase B** - Plano de estrutura urbana; **a fase C** - Projeto urbano e espaço público e **a fase D** - Projeto de arquitetura (Pinto,2016).



Durante a fase A e a fase C foi desenvolvido um trabalho de grupo “*Qualificação de Sines*”, tinha como objetivo desenvolver uma ligação entre a parte Norte da cidade com a zona Sul.

Sines é uma cidade industrial e com uma vasta zona portuária.

Para dar resposta à expansão eminente de Sines, foram realizados pela Câmara de Sines planos de urbanização que visam urbanizar as zonas poente, norte e nascente da cidade.

A proposta geral engloba uma crítica aos planos de urbanização propostos pela Câmara de Sines, quer ao seu desenho, quer á distribuição da carga edificatória proposta. Propõe-se a criação de espaços verdes e edifícios chaves que se interligam através de vias que atravessam a cidade.

São criados dois eixos estruturantes com diferentes identidades que pretendem estruturar o crescimento da cidade previsto e proposto.

Introdução

A norte da cidade é prolongado um corredor verde já existente que visa não só a qualificação desta zona e a valorização dos terrenos a ser urbanizados, mas também uma forte permeabilidade da zona histórica. A nascente, revelou-se pertinente repensar o limite da cidade no local da pedreira, pretende-se realizar uma via pedestre que circunda a pedreira e tira proveito do forte factor de paisagem artificial. Propõe-se, também, a alteração do perfil de dois eixos importantes: o eixo viário que separa a zona habitacional da zona industrial e o eixo viário que liga a cota alta da cidade à cota baixa para melhorar a qualidade da circulação pedonal.

Após o desenvolvimento das vias publicas como ligação, foi pertinente o desenvolvimento de quatro pontos de intervenção individual

. Estes tinham como objetivo consolidar áreas que outrora estavam por consolidar, dando assim importância tanto ao local de intervenção bem como reforçar a ligação Norte - Sul.

Na fase D, foi desenvolvido um projeto de arquitetura individual de acordo com todo o estudo do trabalho de grupo.

O projeto de arquitetura individual foi desenvolvido de acordo com as necessidades que o local apresentava.

Atualmente Sines possui um dos portos industriais com maior influência em Portugal, devido às excecionais condições de profundidade marítima que a tornam num local relevante para a atividade portuária.

Nos dias de hoje, coexistem na cidade dois portos industriais, uma refinaria de Petróleo, indústrias da Petroquímica e uma zona industrial logística (ZIL).

Uma vez que Sines se trata de uma cidade dependente da atividade industrial, mas também da pesca, tornou-se pertinente o desenvolvimento de um projeto que tivesse como benefício a melhoria da qualidade de vida da população local.

Ainda que o aumento da indústria, e, conseqüentemente, da população, acabe por prejudicar o setor piscatório, sobretudo devido aos impactos ambientais.

A criação de um Centro de Investigação Marítima é então justificada pela necessidade de fazer face a estes impactos.

Este centro está preparado para receber varias áreas de estudo como a biologia marinha, a geologia, engenharia mecânica e geofísica. Todas estas áreas funcionam em conjunto com o objetivo comum de melhorarem a qualidade da água local.

Nos vários departamentos que o Centro dispõe, trabalham investigadores especializados em cada uma das áreas de estudo, mas favorecendo o desenvolvimento de equipas multidisciplinares com o objetivo comum de melhorar a qualidade da água, o sector piscatório e a qualidade de vida dos habitantes.

Por último, para completar o trabalho prático, Centro de Investigação Marítima, é desenvolvido um projeto teórico, "Integração arquitetónica de sombreamento solar otimizado", tendo como propósito o desenvolvimento de um sistema de sombreamento capaz de responder as necessidades do edifício e que se enquadre arquitetonicamente com o mesmo.

I- Vertente Projetual

a. - Projeto de Grupo

Qualificação de Sines

Orientadores:

Prof. Doutor Pedro Pinto, Professor Auxiliar do ISCTE-IUL

André Farias | André Martins |
José Caetano | Vanessa Fortunato

I. a

Projeto de Grupo

Qualificação de Sines

O primeiro trabalho realizado no âmbito da cadeira de Projeto Final de Arquitetura (PFA) teve como fundamento: o estudo da evolução histórica da cidade de Sines.

Compreender como é que a cidade se desenvolveu ao longo dos anos e qual a sua tendência / orientação.

A cidade está rodeada de indústrias e possui uma vasta área portuária ligada, não só ao transporte de mercadorias, como também à tradição da pesca e recentemente a atividades náuticas e de lazer.

Dado a esses fatores, Sines apresenta uma tendência de se desenvolver para Norte, contudo, a zona Norte é limitada por um eixo viário e por condutas que fazem parte das indústrias.

A evolução histórica apresentada, desde 1300 até aos dias de hoje, mostra a crescente evolução ao longo dos anos na cidade de Sines e qual a influência que a indústria e a zona portuária, tiveram sobre a evolução da cidade.

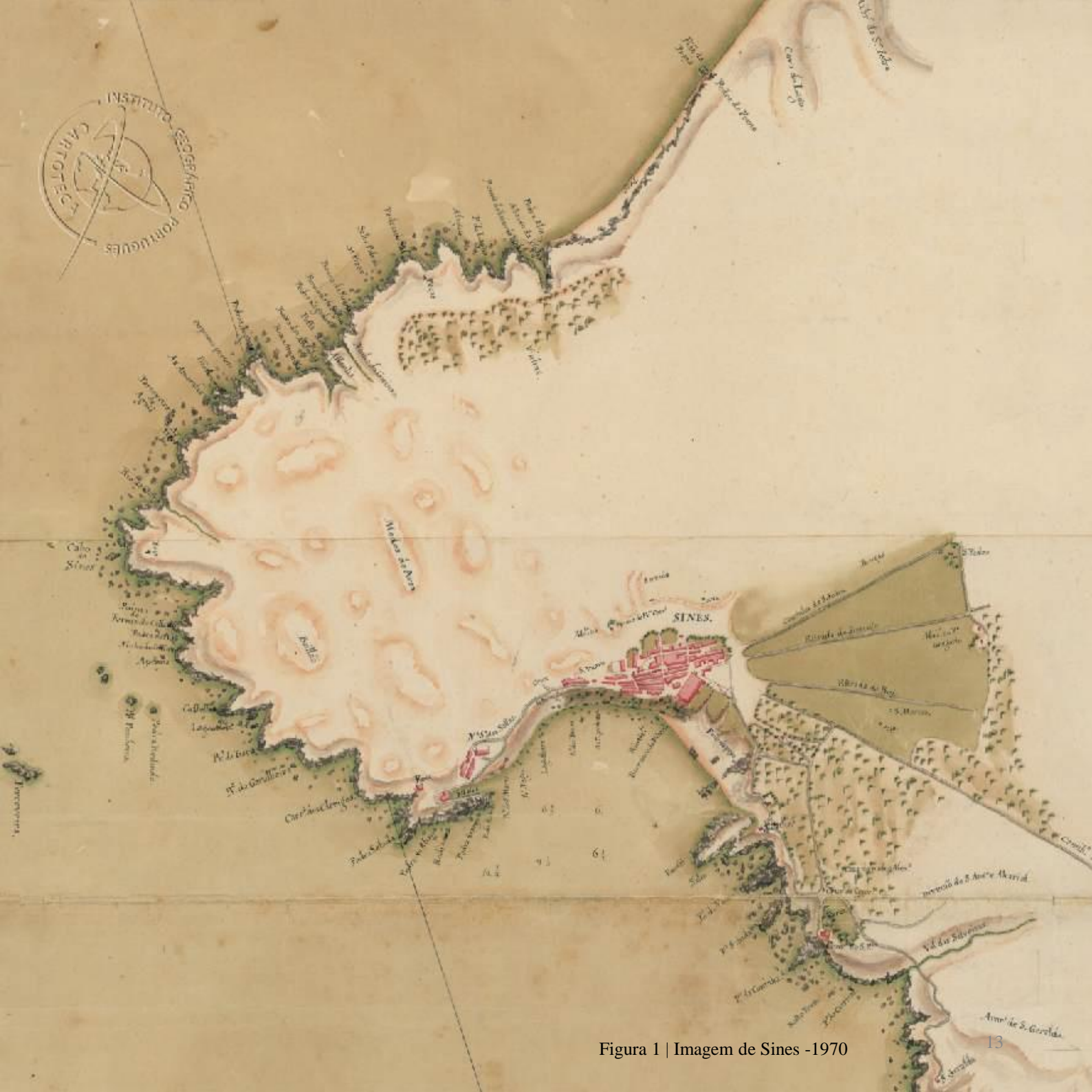
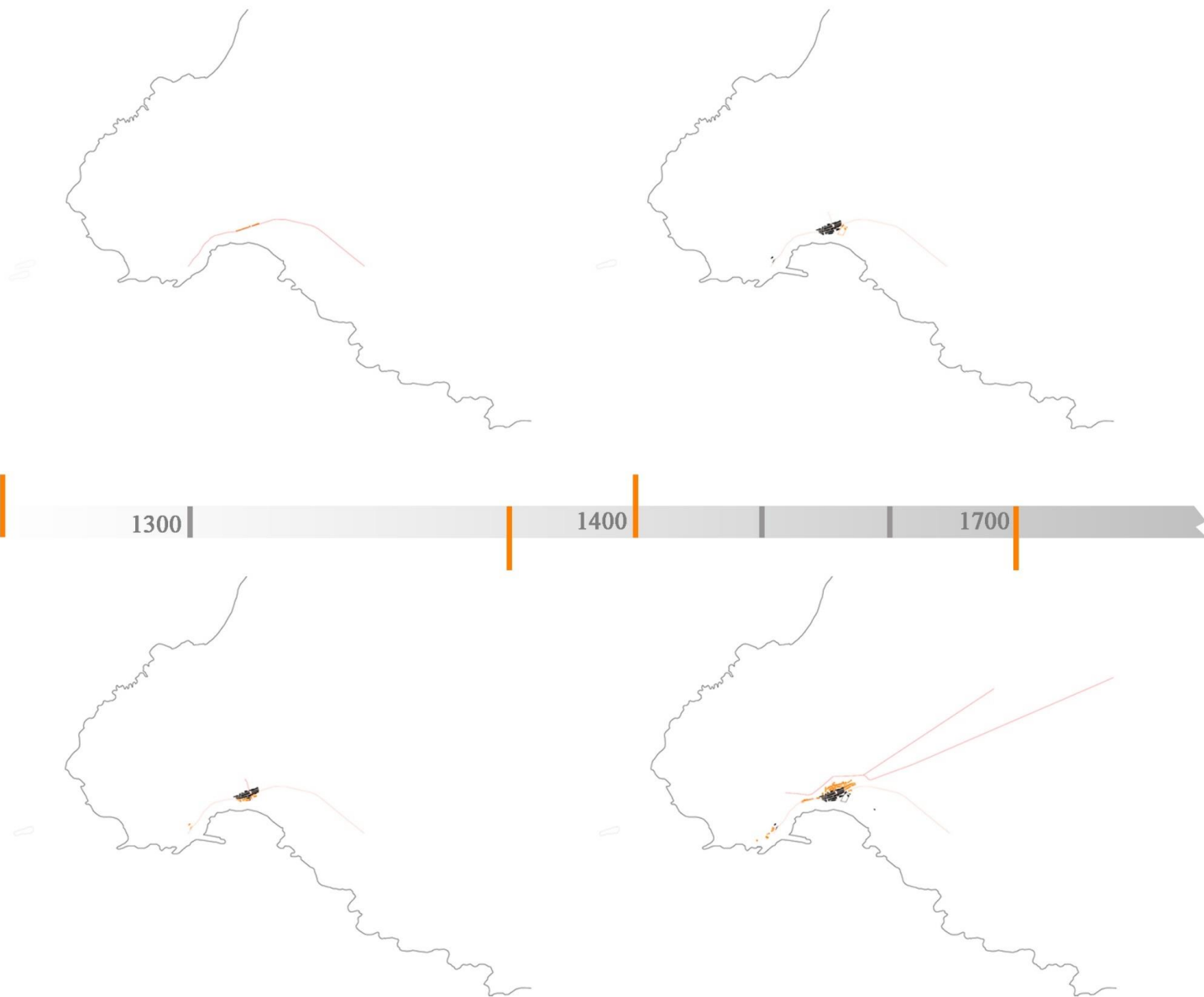


Figura 1 | Imagem de Sines -1970

Evolução Histórica



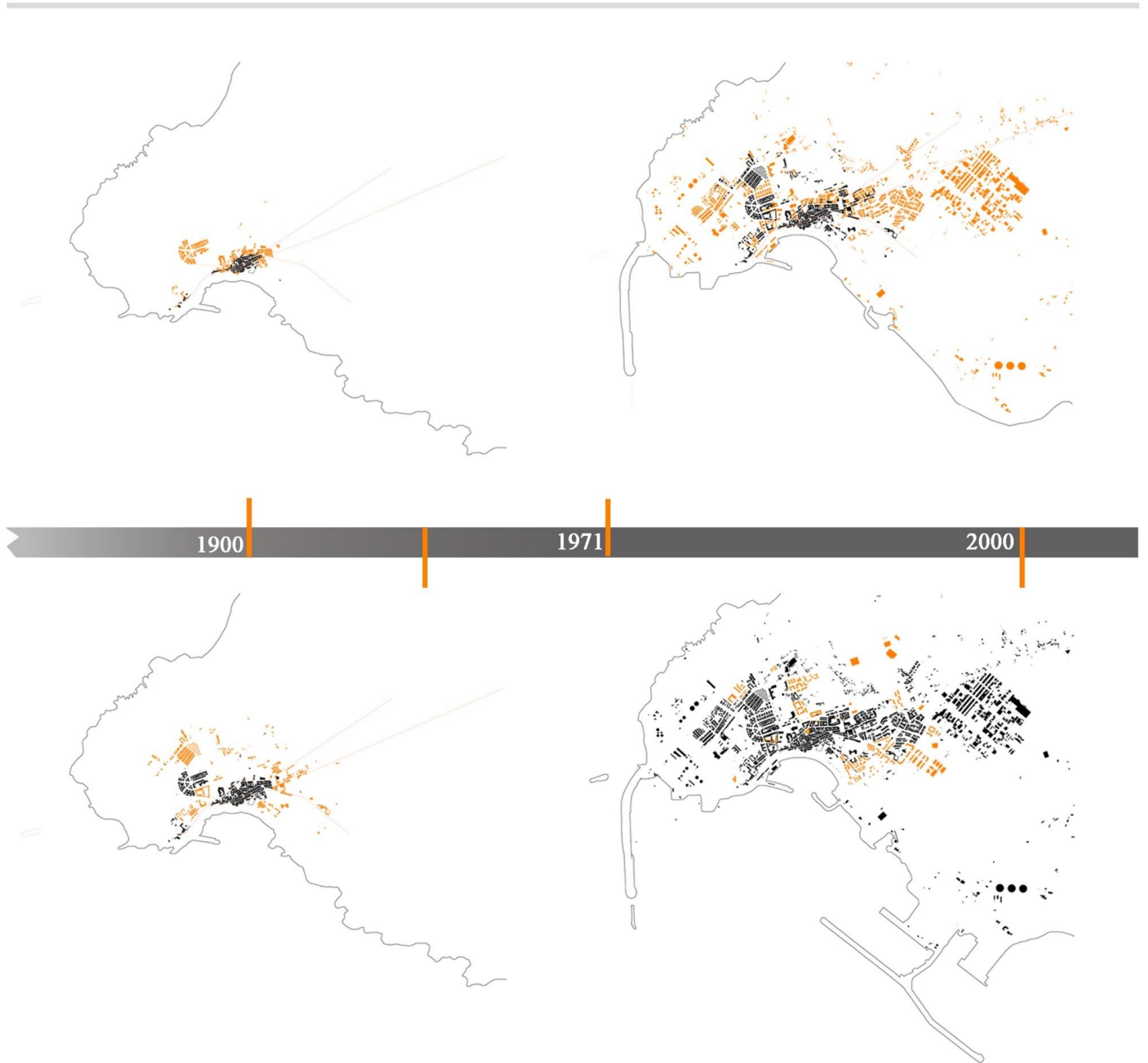


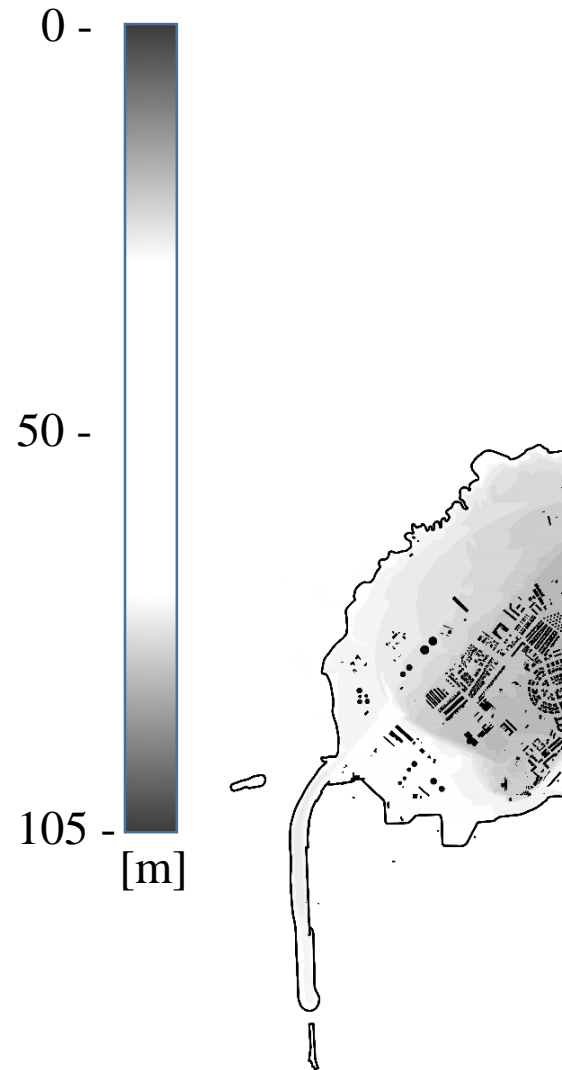
Figura 2 | Evolução Histórica de Sines

Topografia

Após o estudo da evolução histórica da cidade, foi necessário perceber como era a topografia do local e a sua morfologia.

Na figura 3 é perceptível de se perceber as zonas mais altas da cidade e a zona onde se localiza a pedreira.

A pedreira, neste local, tem um forte carisma e transmite uma pegada forte no local, tornando assim um local com um caracter único.



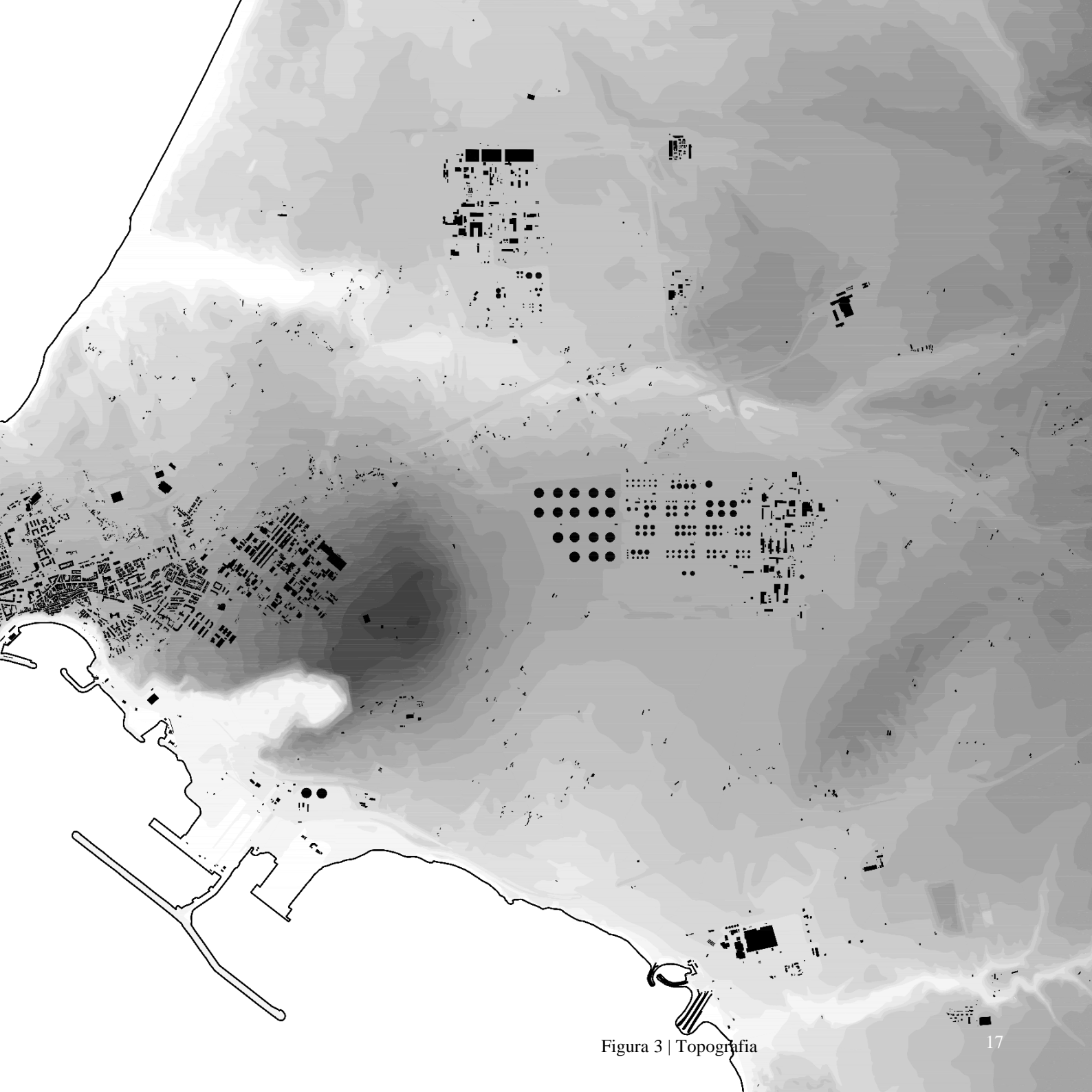


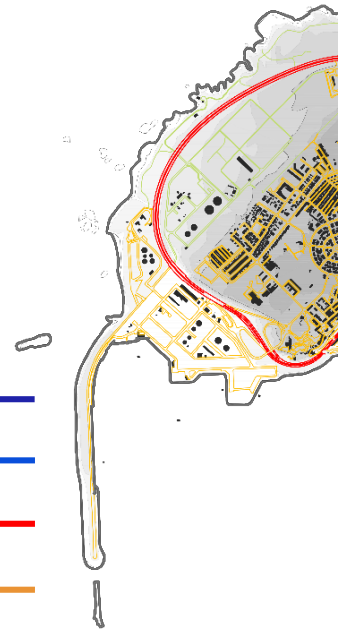
Figura 3 | Topografia

Sistema Viário

O sistema viário, é importante para se perceber qual a evolução das vias que acompanharam a evolução da cidade e também para se perceber a hierarquia das mesma.

Com a figura 4 é perceptível qual a estrada com maior caracter para a cidade a que liga vários pontos da cidade.

Auto Estrada	—
Estrada Nacional	—
Estrada Regional	—
Estrada Municipal	—
Caminhos Rurais	—
Caminhos de Ferro	—
Caminho de Ferro Antigo	⋯



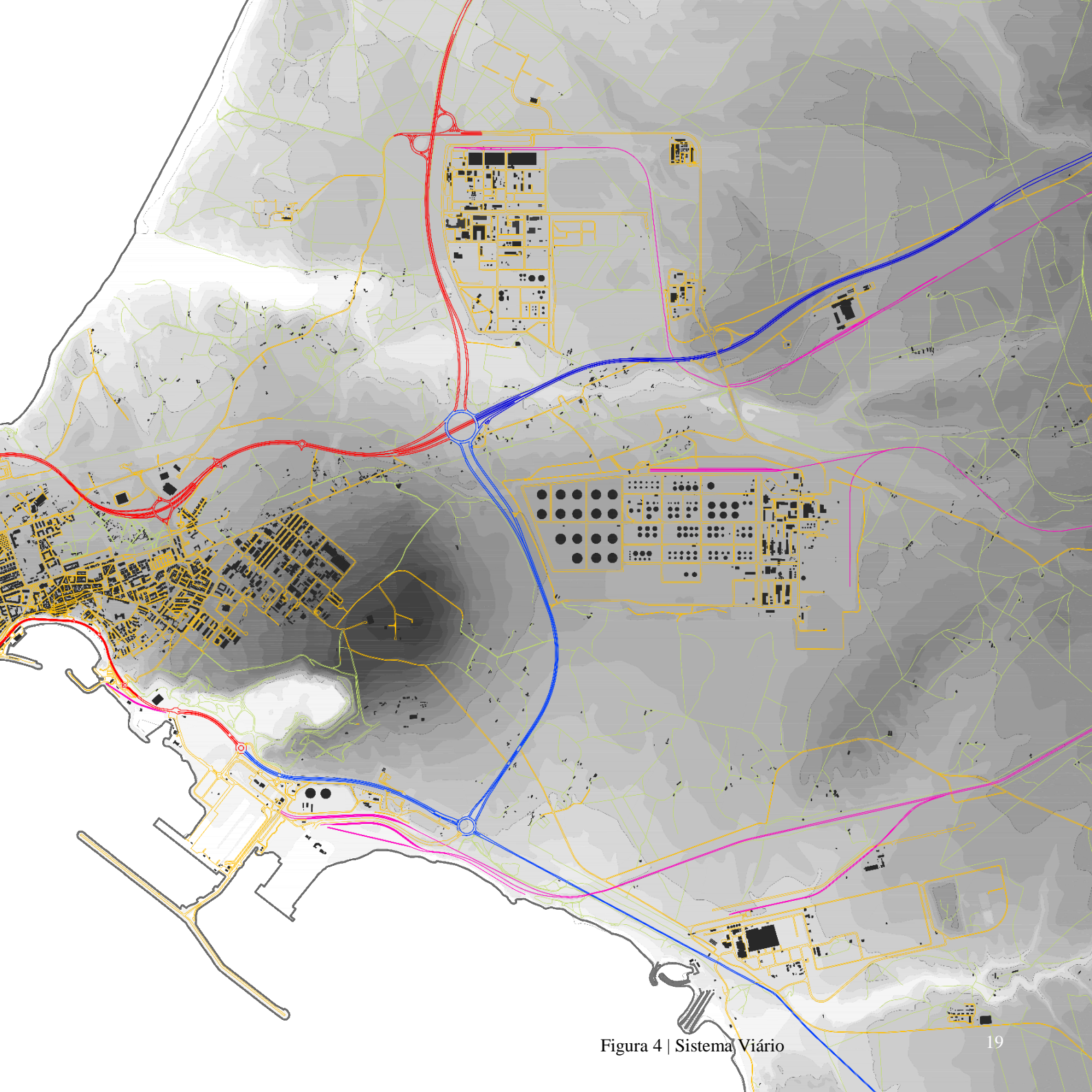



Figura 4 | Sistema Viário

PP's Propostos

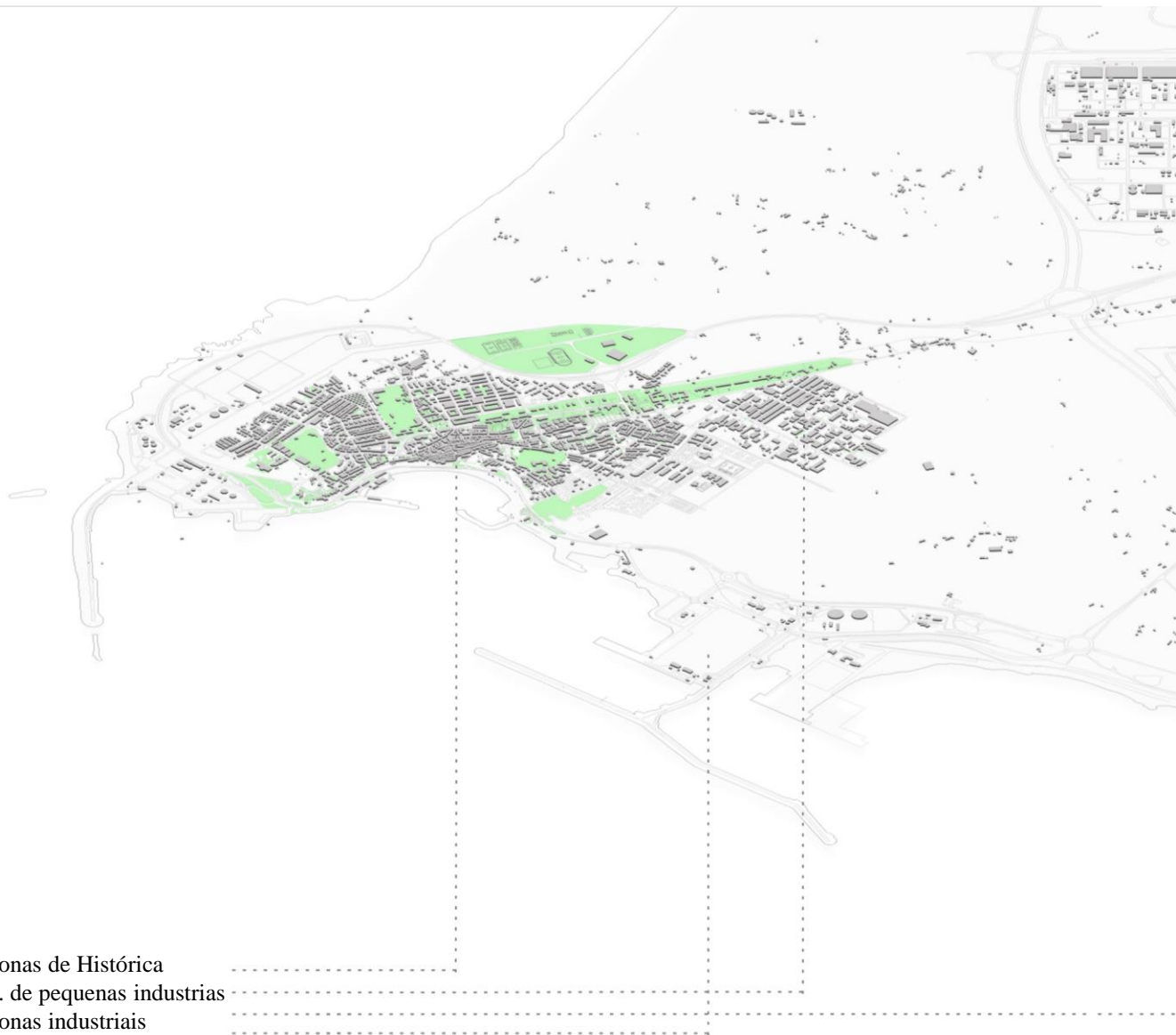




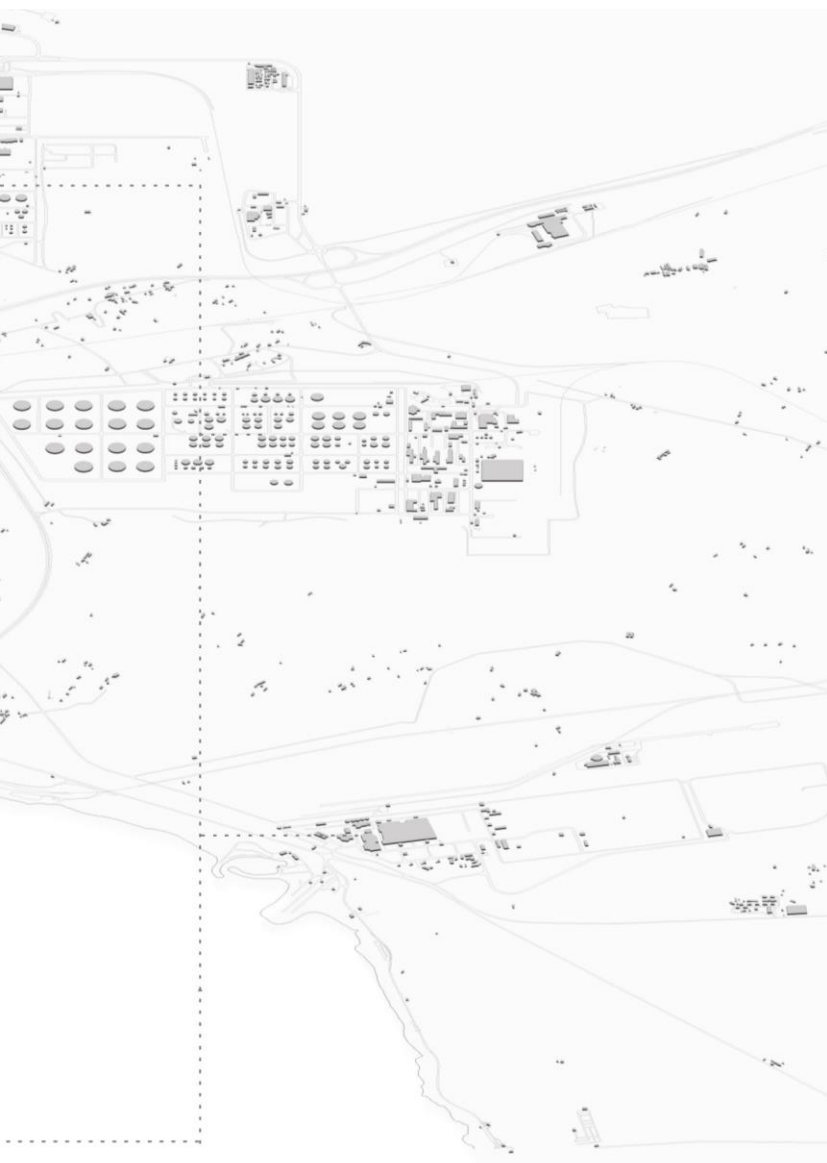
A proposta geral engloba uma crítica aos planos de urbanização propostos pela Câmara de Sines, quer ao seu desenho, quer á distribuição da carga edificatória proposta.

Propõe-se a criação de espaços verdes e edifícios chaves que se interligam através de vias que atravessam a cidade. São criados dois eixos estruturantes com diferentes identidades que pretendem estruturar o crescimento da cidade previsto.

SINES – Cidade Industrial



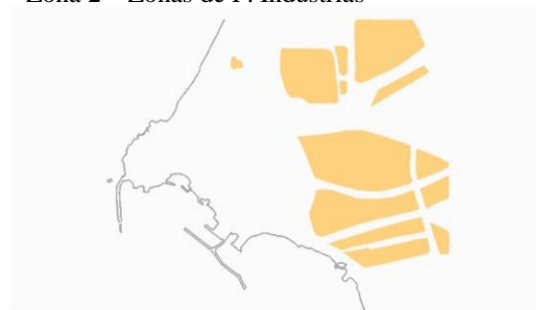
- Zona 1 – Zonas de Histórica
- Zona 2 – Z. de pequenas industrias
- Zona 3 – Zonas industriais
- Zona 4 – Zona portuária



Zona 1 – Zona Histórica



Zona 2 – Zonas de P. Industrias



Zona 3 – Zonas Industriais



Zona 4 – Zona Portuária

Intervenção – Proposta Geral



Fase 1 – Corredores de proteção ecológica



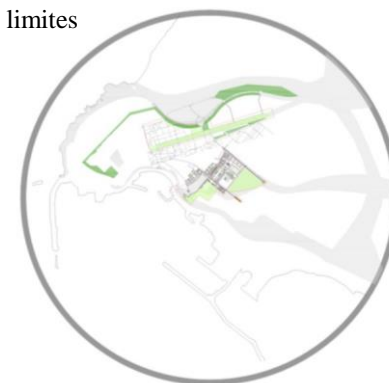
Fase 2 – Introdução dos corredores verdes na cidade



Fase 3 – Vias e programas para requalificação da cidade e limites

A norte da cidade é prolongado um corredor verde já existente que visa não só a qualificação desta zona e a valorização dos terrenos a ser urbanizados, mas também uma forte permeabilidade da zona histórica.

A nascente, revelou-se pertinente repensar o limite da cidade onde as diferenças de cotas são mais significativas. Pretende-se implantar edificado que reutilize o espaço expectante através da hotelaria, da ciência e da cultura e tirar proveito do forte fator de paisagem.



Fase 4 – Reinterpretação dos planos previstos



Fase 5 – Reflorestação de proteção ao impacte ambiental.

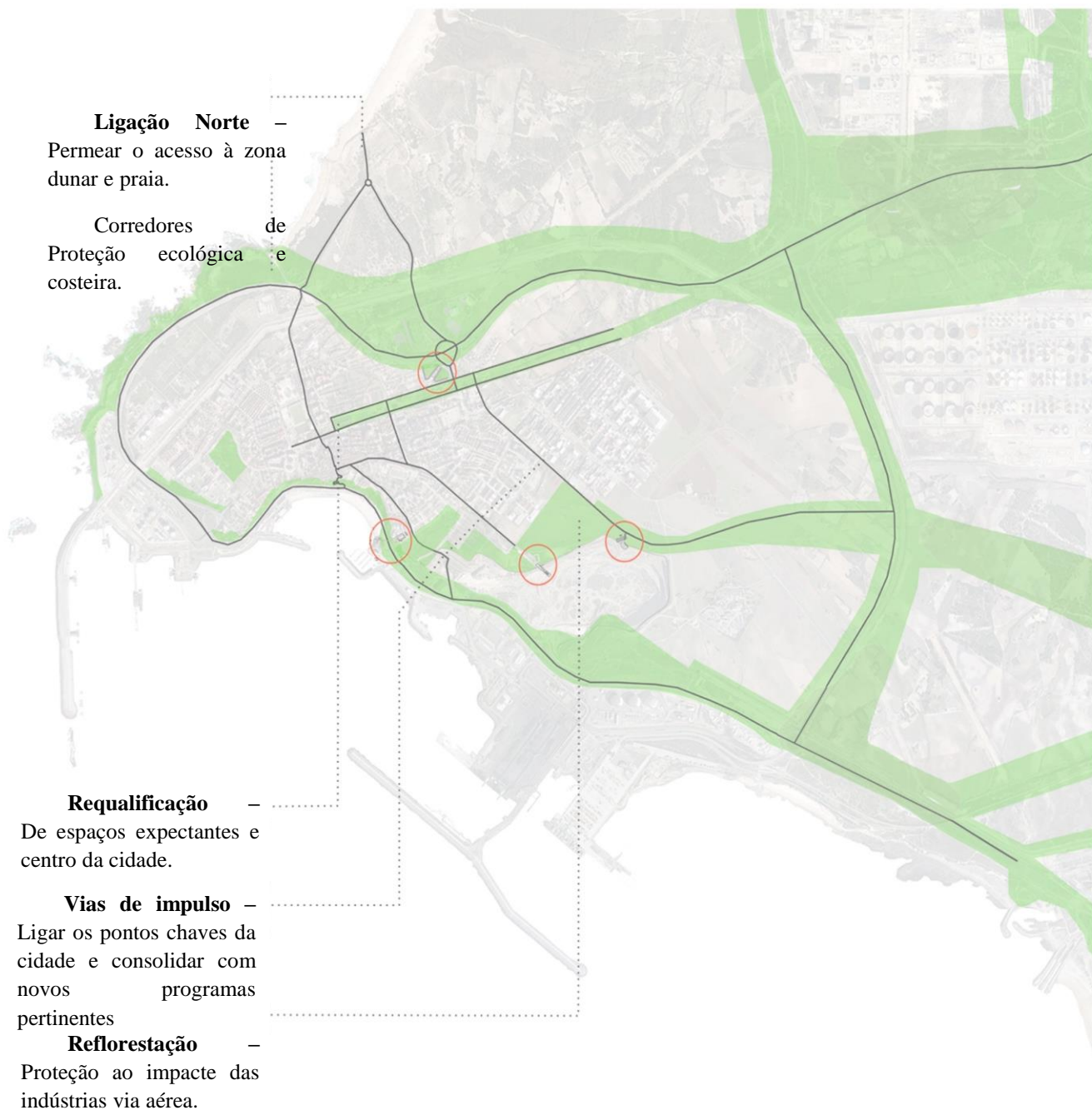


Figura 9 | Proposta Síntese

Intervenção – Proposta Geral



Figura 10 | Corte esquemático da via com proposta



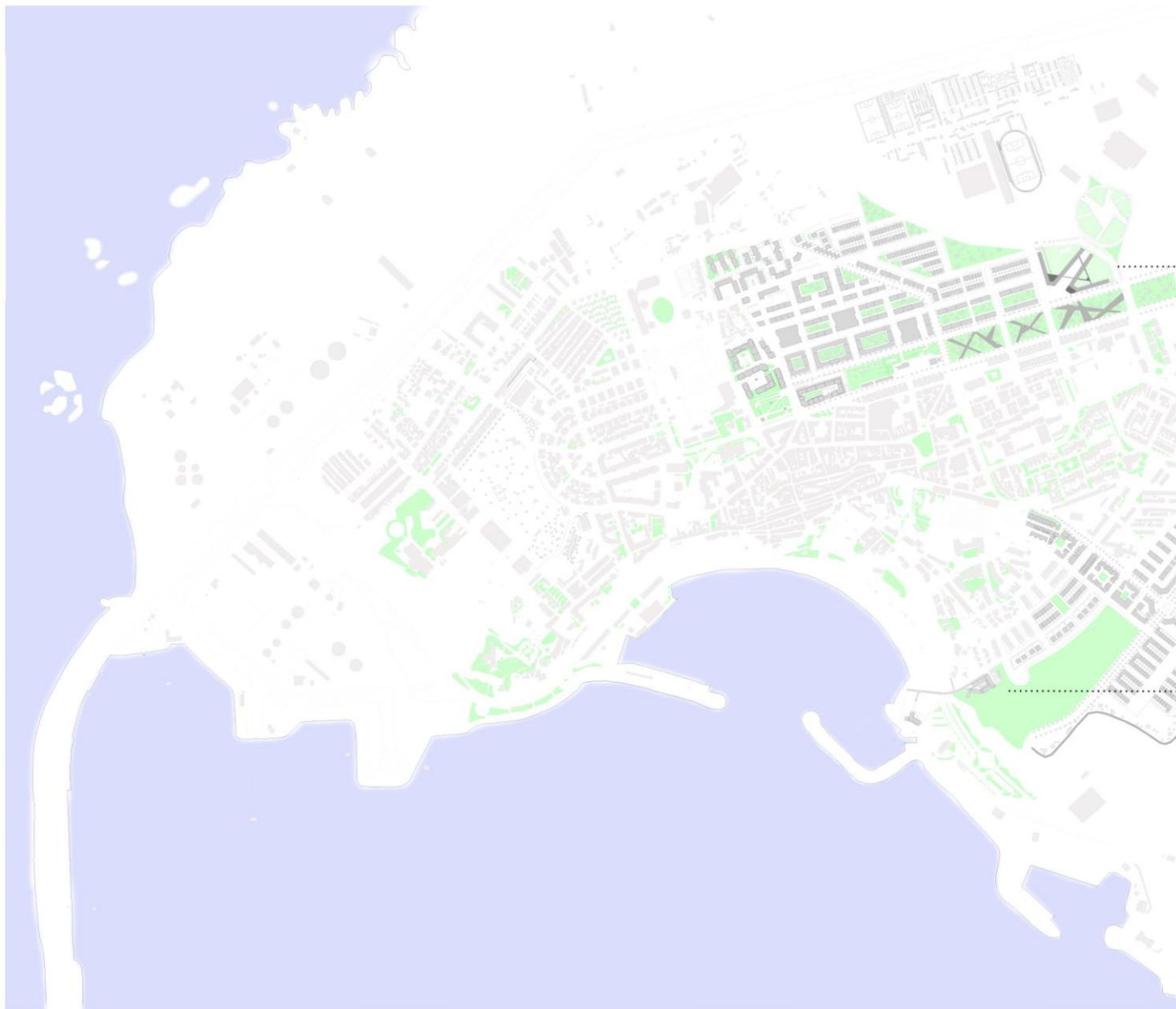
Figura 11 | Corte esquemático da via com proposta



Figura 12 | Planta com PP's propositos



Intervenção – Proposta Geral



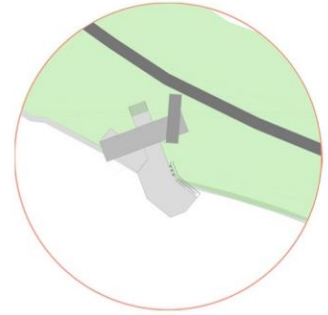


Figura 14 | Intervenções estratégicas

Intervenção – Proposta Geral





Vertente Projetual

b. - Projeto Individual

Centro de Investigação Marítima Sines

Orientadores:

Prof. Doutor Pedro Pinto, Professor Auxiliar do
ISCTE-IUL

I. a

Projeto Individual

C.I.M.S

Centro de Investigação Marítima



Orto foto mapa actual







Figura 17 | Orto Foto Mapa com proposta

Enquadramento - Proposta

Proposta de desenvolvimento de um Centro de Investigação Marítima.

Atualmente o local é um terreno baldio, rodeado de moradios com dois pisos. Está localizado numa zona da cidade ainda por urbanizar, mas com a vantagem de fácil acesso e com uma vista sobre a cidade completamente aberta, sendo por isso um local propício para intervenção.

Estratégia:

Dado a sua localização, as vistas que este dispõe e os acessos que este permite, foi pertinente o desenvolvimento do centro de investigação neste local.

Este centro tem como objetivo requalificar a área e usufruir das vistas e a proximidade ao mar.

Para além de desenvolver um carácter ao local, tem também a vantagem de se diluir com a paisagem de forma subtil, mas ao mesmo tempo tem a capacidade de remeter para o passado histórico do local. A ligação da ponte tem esse mesmo carisma de ligar a colina com o morro de forma a desenvolver memórias antigas e para além disso poder dar fácil acesso ao mar.

O terreno em questão dispõe de cerca de 5000 metros quadrados.



Figura 18 | Enquadramento de proposta com vias de acesso

Fotografias do Local









Fotografias do Local





Figura 22 | Fotografia com vista para a cidade |
Imagem do Autor

Fotografias do Local





Figura 24 | Fotografia com vista para a colina através do morro| Imagem do Autor

Proposta

Proposta

Esta intervenção surge através do alinhamento com a rua e com a vontade de realizar a ligação entre os dois edifícios propostos.

O edifício dos laboratórios (edifício na colina) ganhou esta forma de maneira a poder receber os indivíduos que se aproximem. Desenvolve um caminho continuo capaz de percorrer todo o edifício, de forma a contar uma história.

Juntamente com esse edifício pode ter-se a liberdade de percorrer a ponte pedonal que permite o acesso ao morro e a capacidade de permitir aos indivíduos de usufruir de toda a vista sobre a cidade enquanto a percorrem.

Por último, o edifício das oficinas foi pensado e desenhado de forma a permitir uma linha continua entre este, a ponte e o edifício dos laboratórios.

Este edifício serve de apoio ao mar e está desenvolvido com oficinas e serviços de apoio para as embarcações que façam análises e estudos marítimos.

Todos este conjunto funciona em harmonia de tem a capacidade de manter uma linha continua de ligação entres todos eles.



Figura 25 | Diagrama do local existente

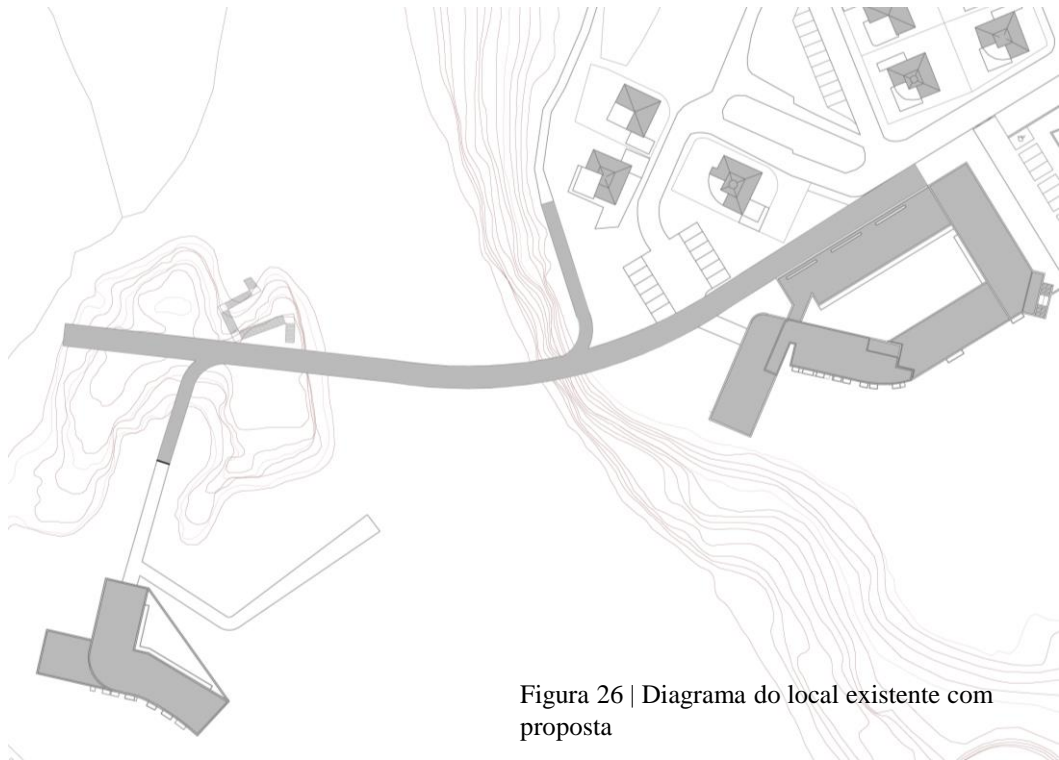
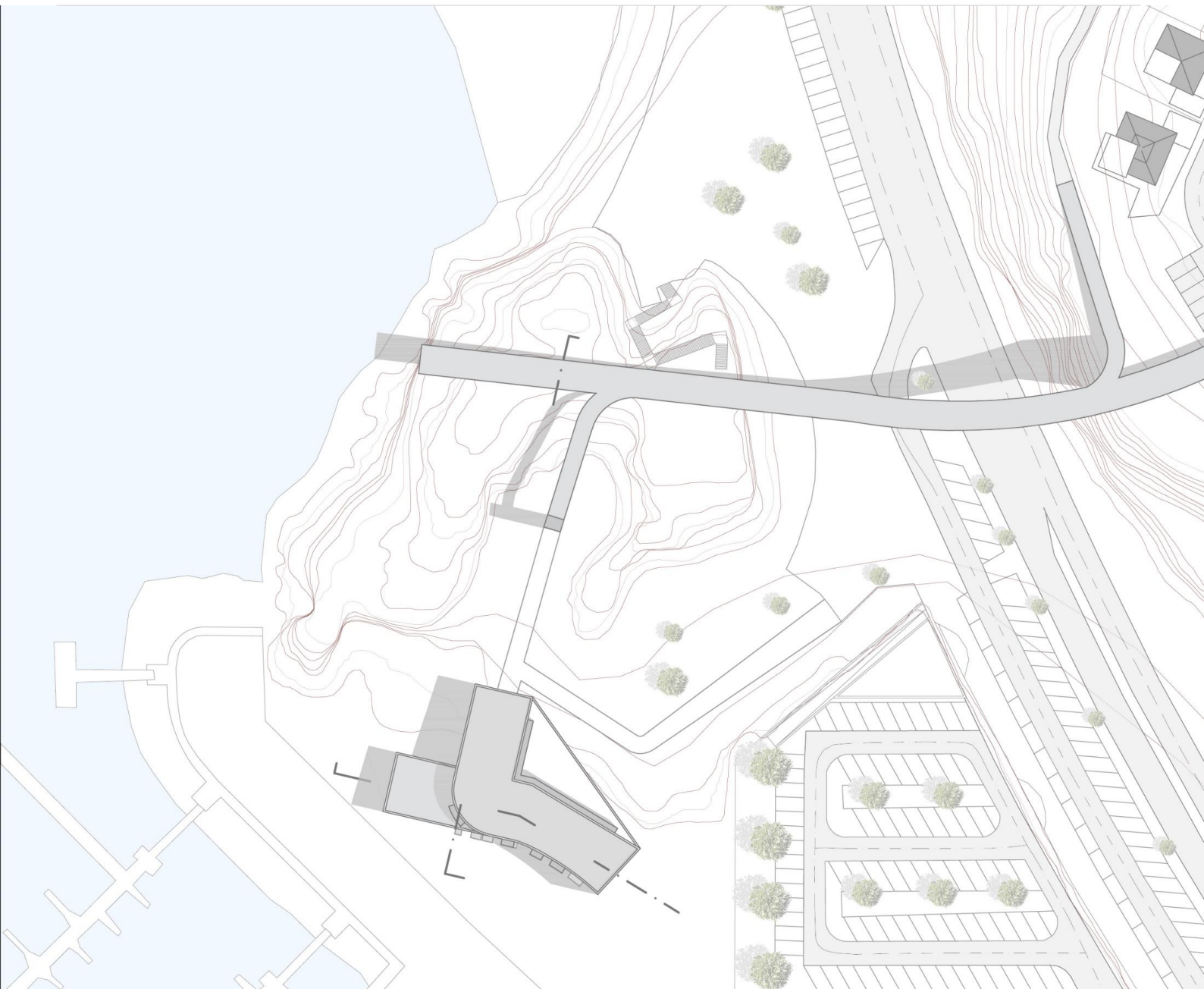
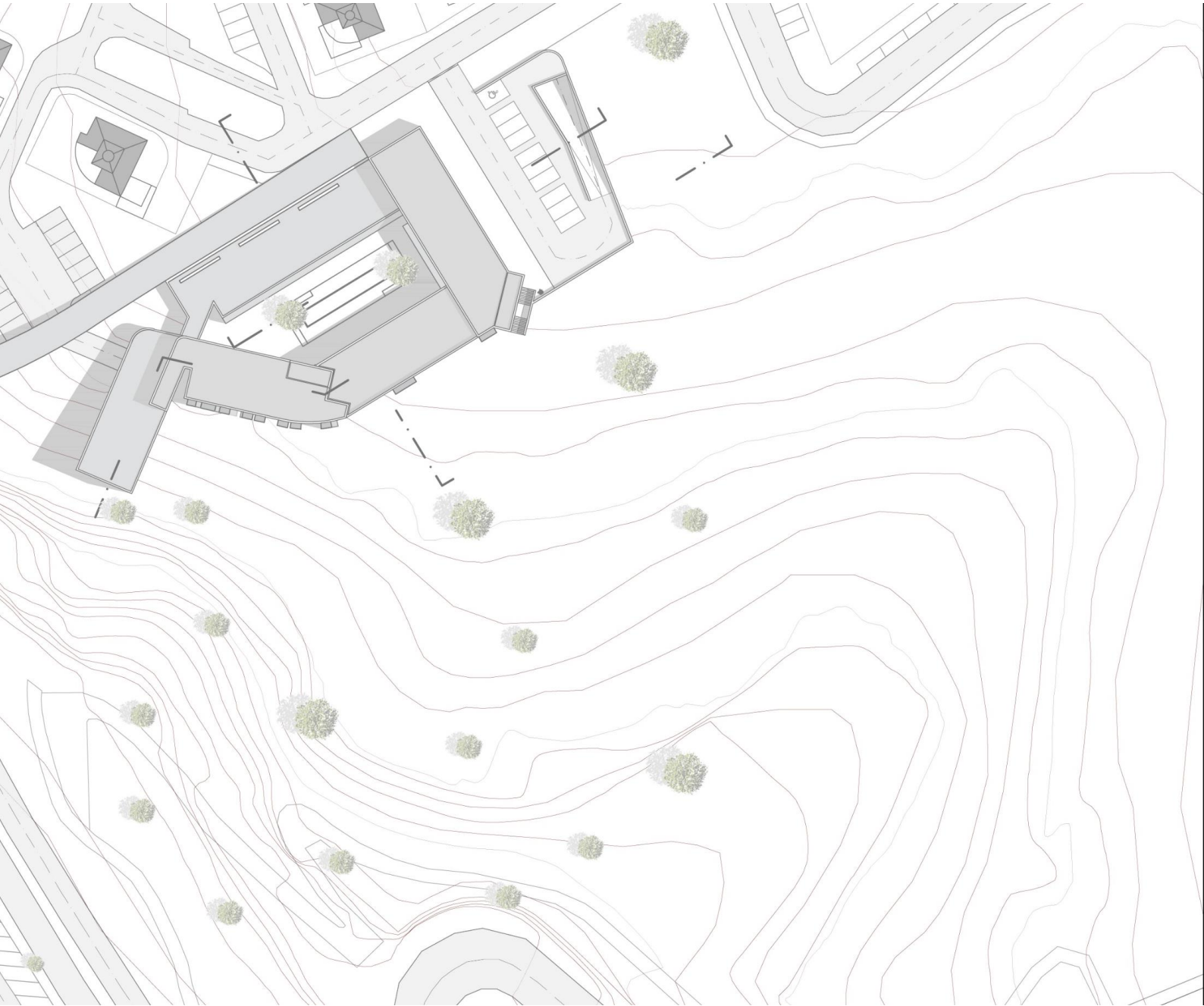


Figura 26 | Diagrama do local existente com proposta

Proposta

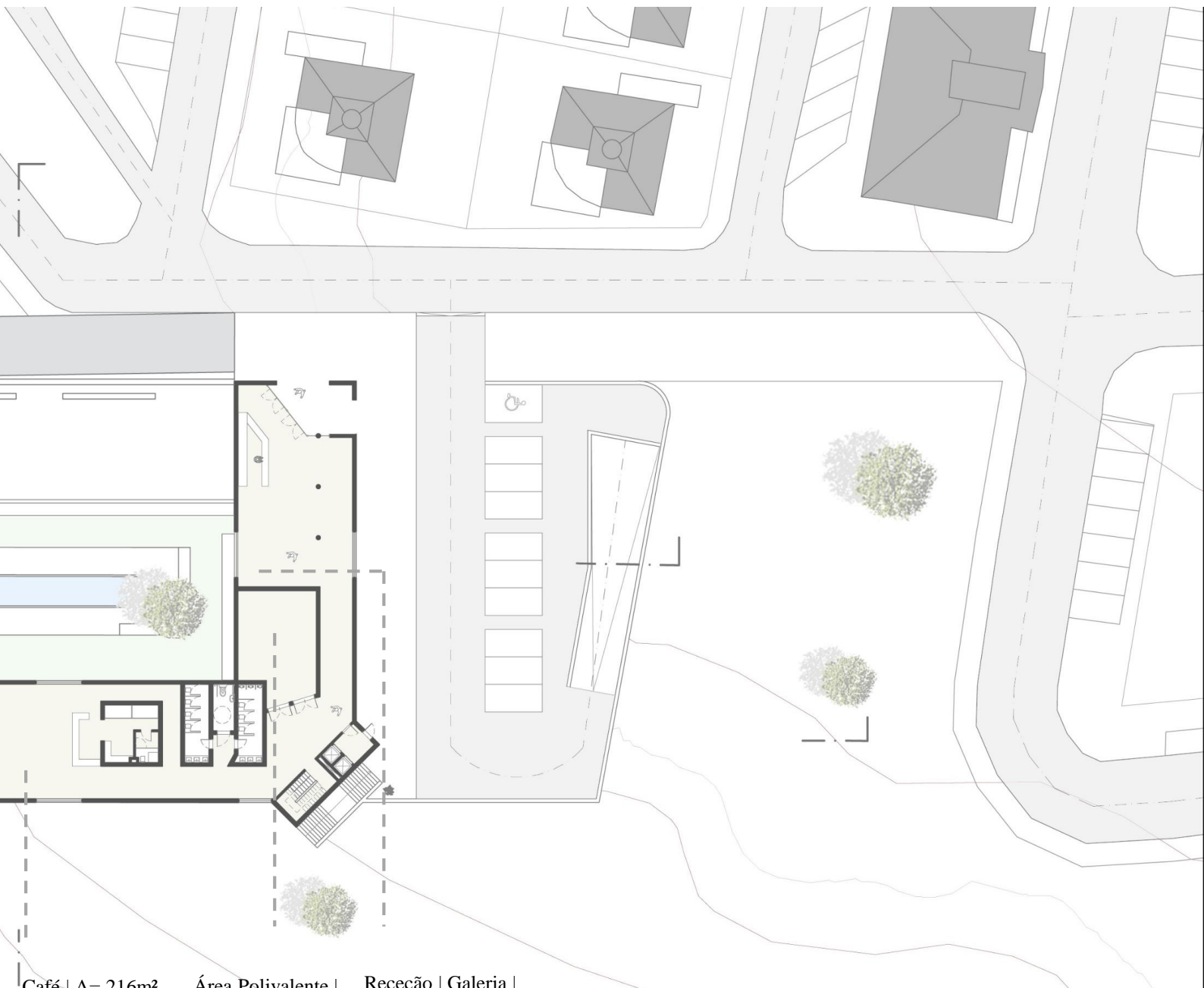




Proposta



Gabinetes |
A= 14m²



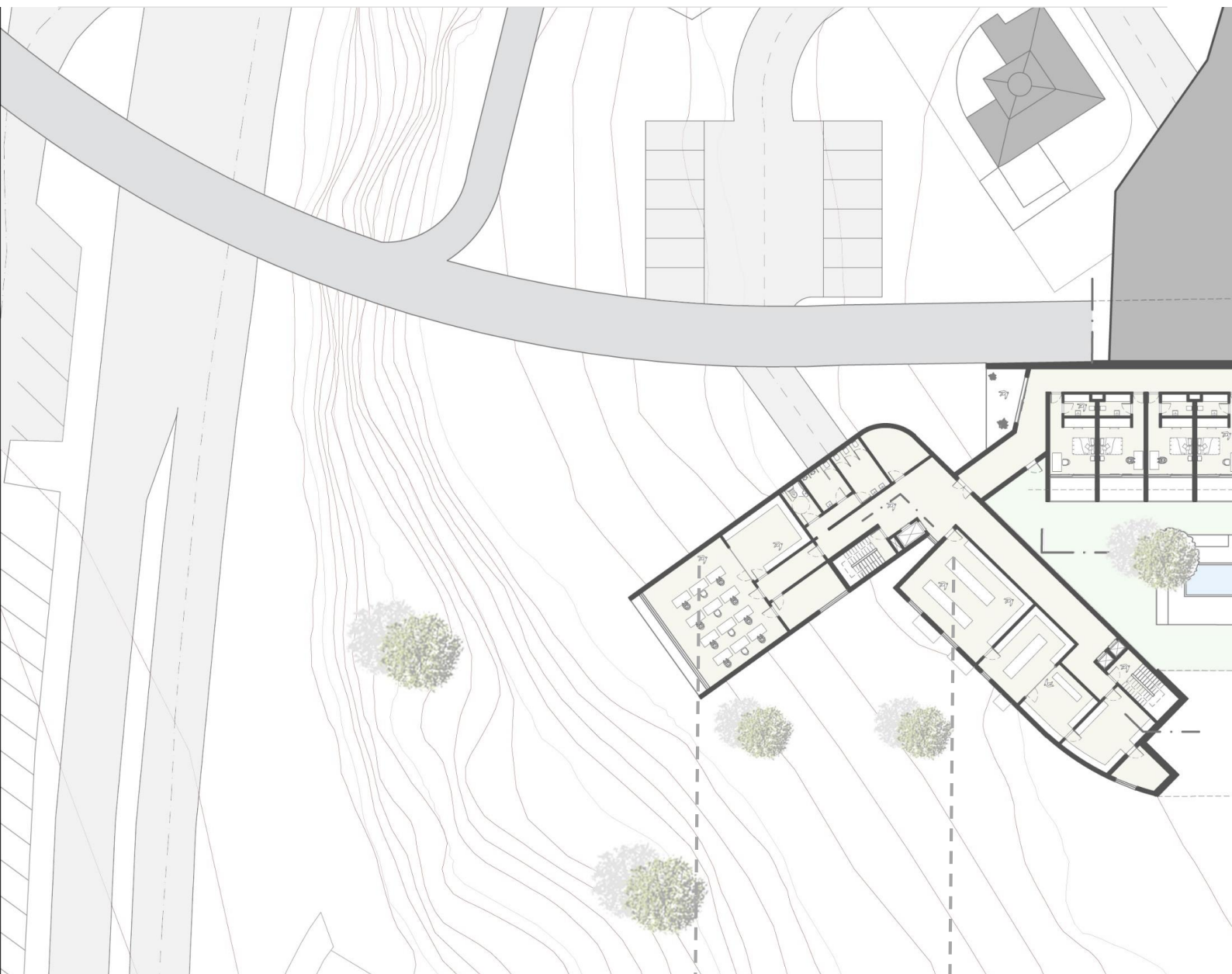
Café | A= 216m²

Área Polivalente |
A= 61,4m²

Recepção | Galeria |
A= 180m²

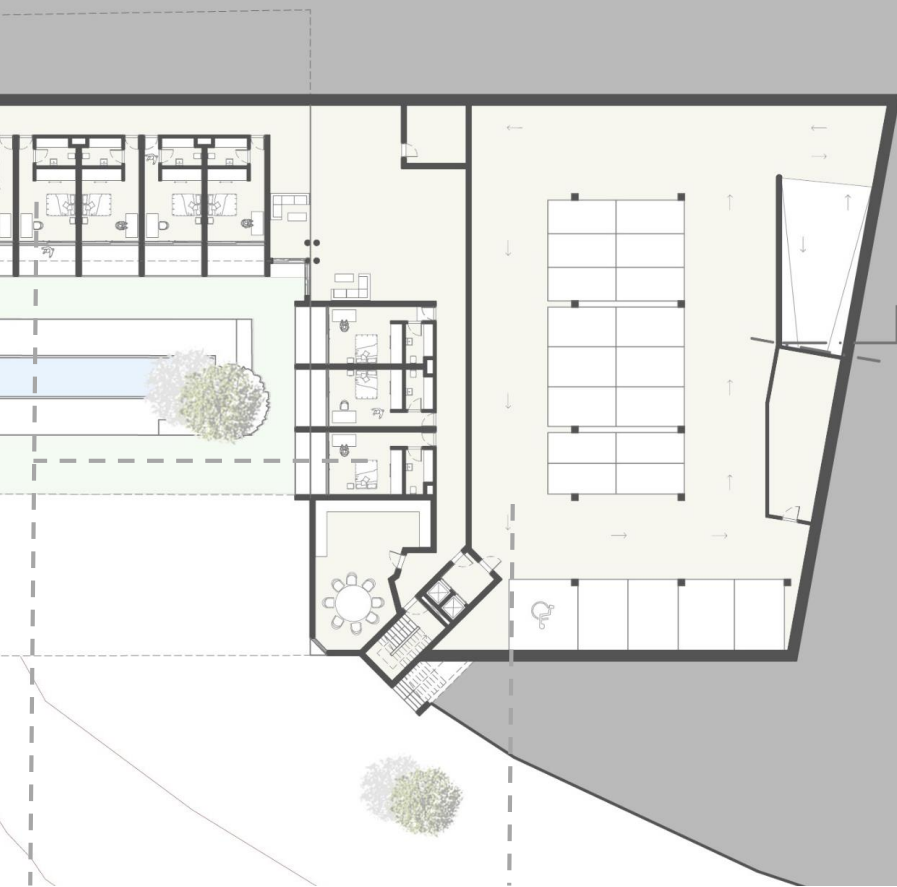


Proposta



Sala de Aula |
A= 82,0m²

Laboratório de
Biologia e salas de
apoio |
A= 65,3m²

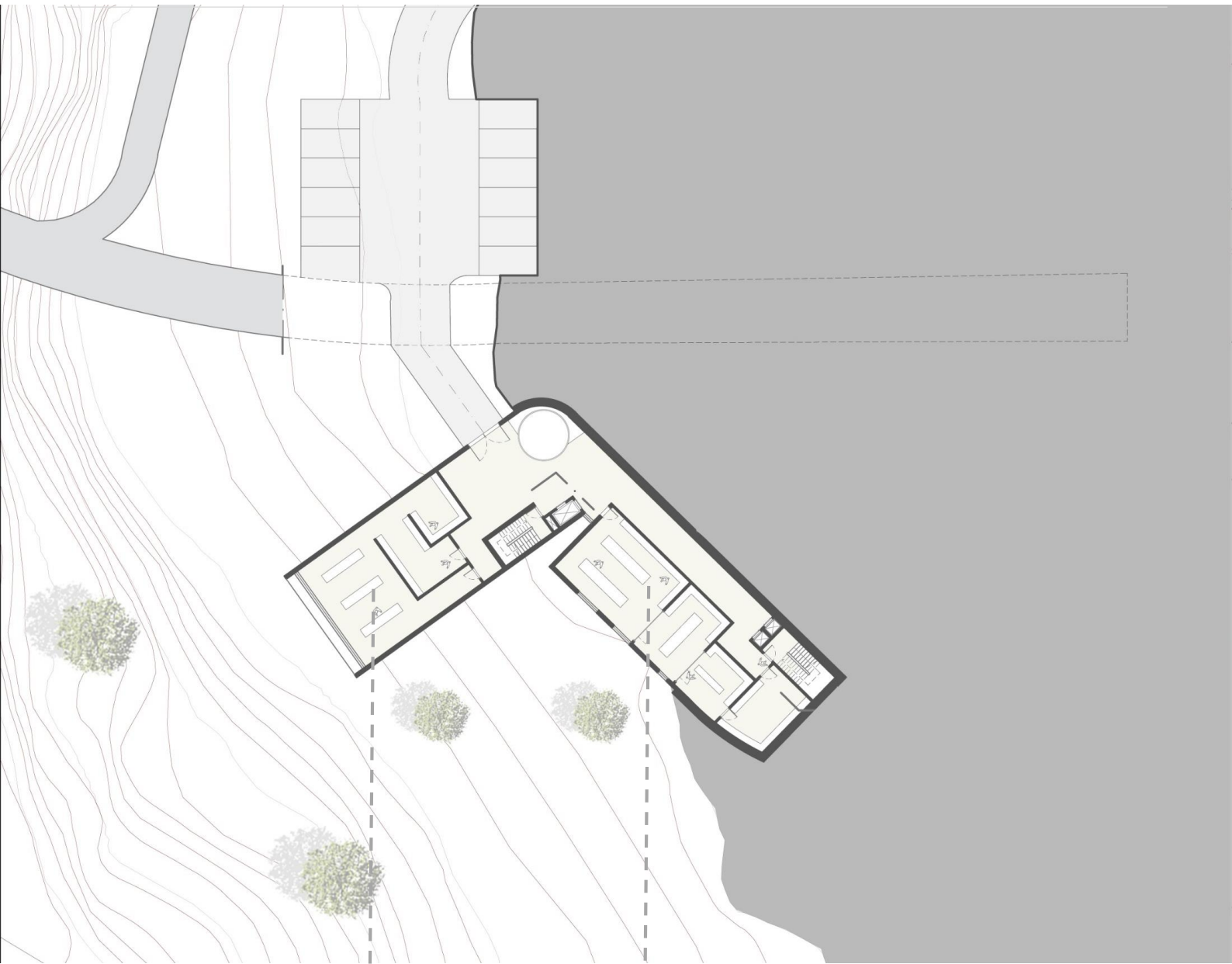


Quartos |
A= 19,7m²

Estacionamento |
A= 777m²



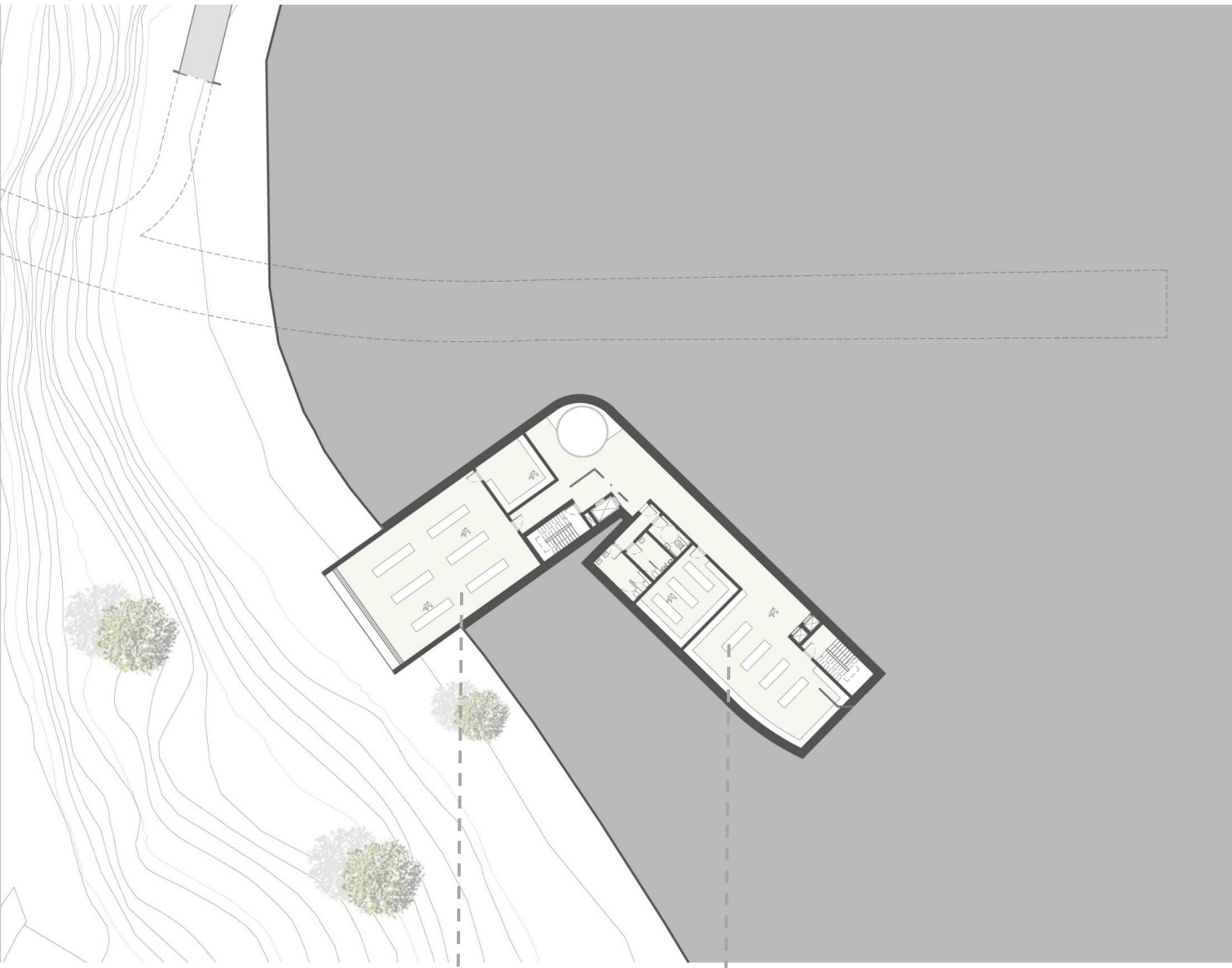
Proposta



Laboratório de Geologia |
A= 79,0m²

Laboratório de Biologia |
A= 62,3m²



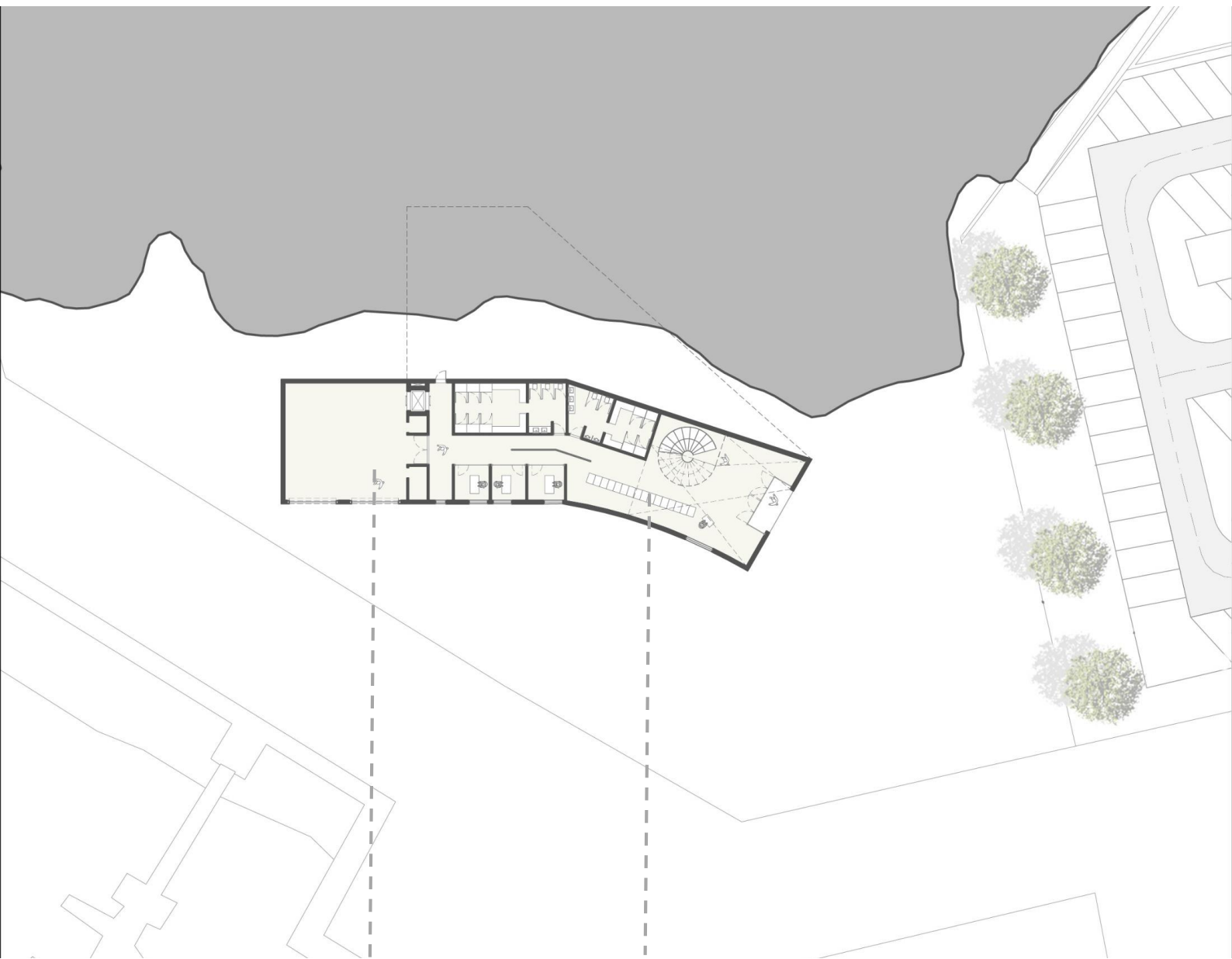


Laboratório de Física |
A= 144m²

Armazém |
A= 120m²

Figura 31 | Piso -2 | Laboratórios | Cota 30,0m

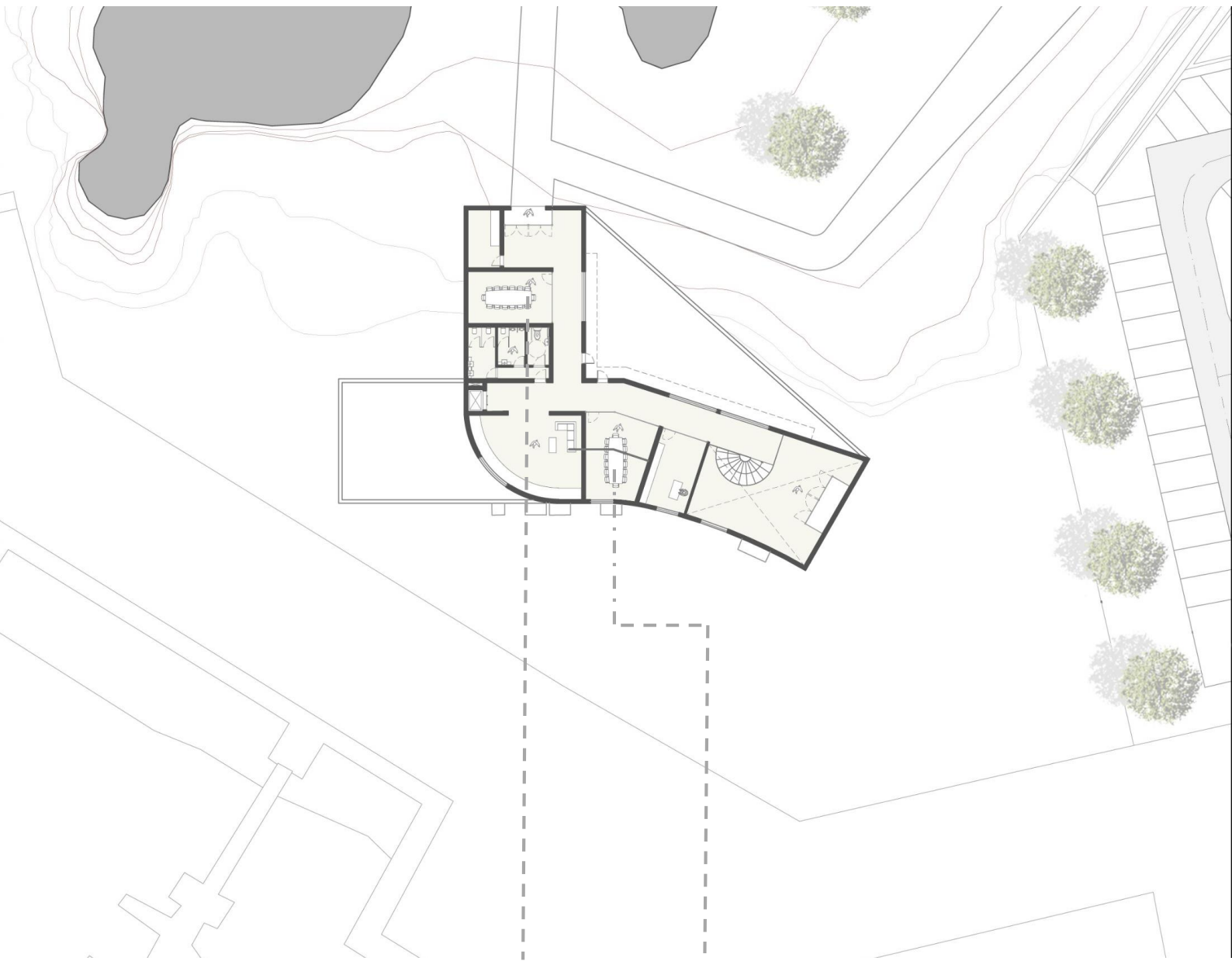
Proposta



Armazém |
A= 103,0m²

Recepção |
A= 113,0 m²



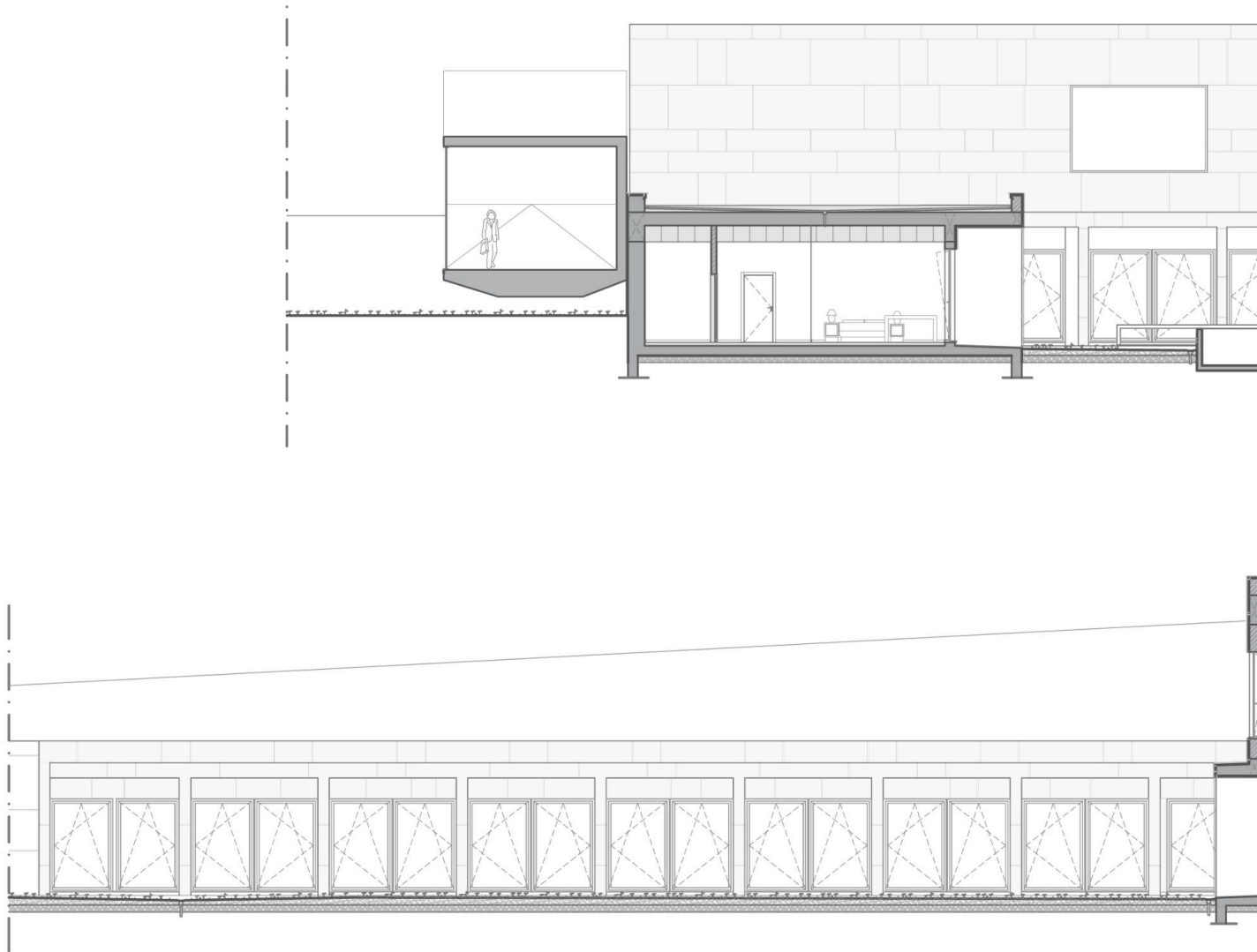


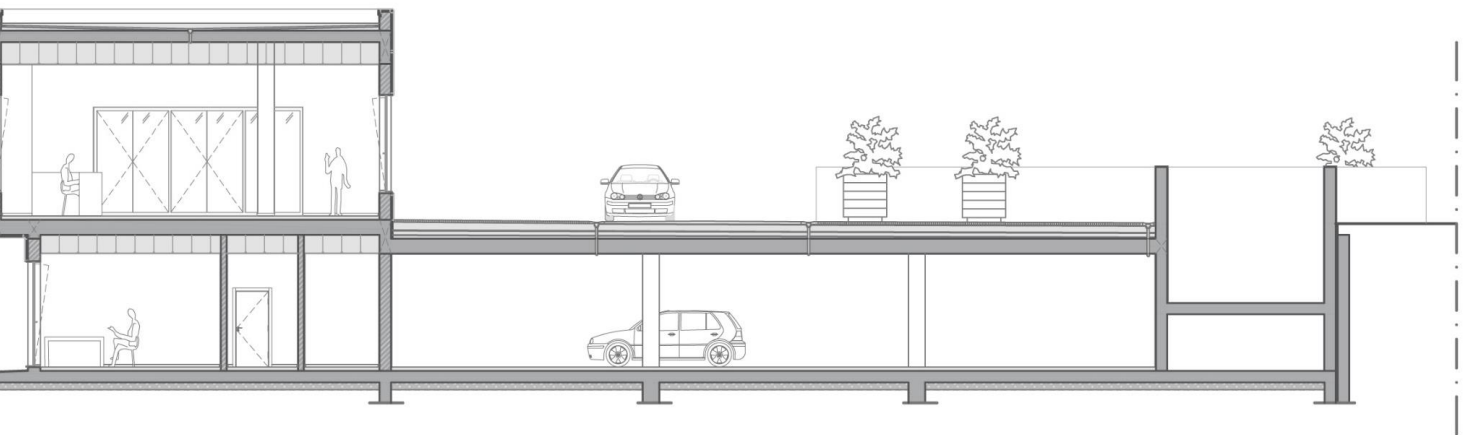
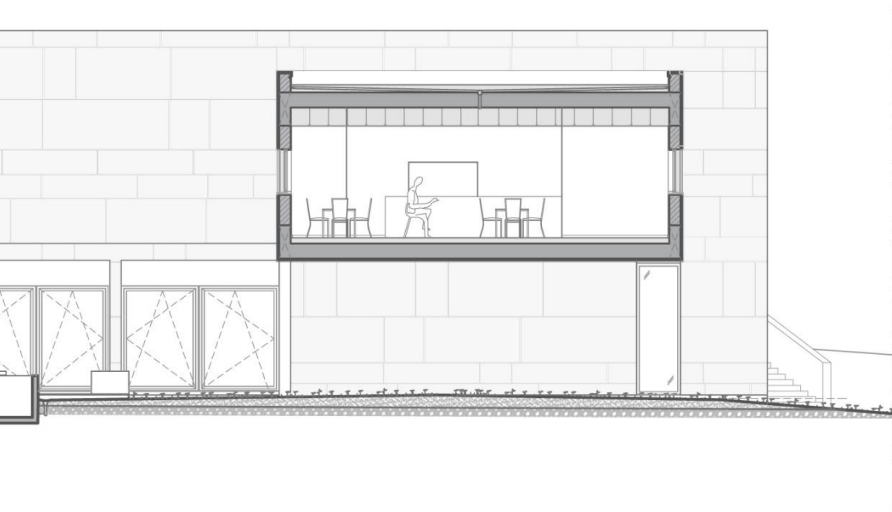
Sala de reuniões |
A= 31,3 m²

Sala de Reuniões |
A= 37,9 m²

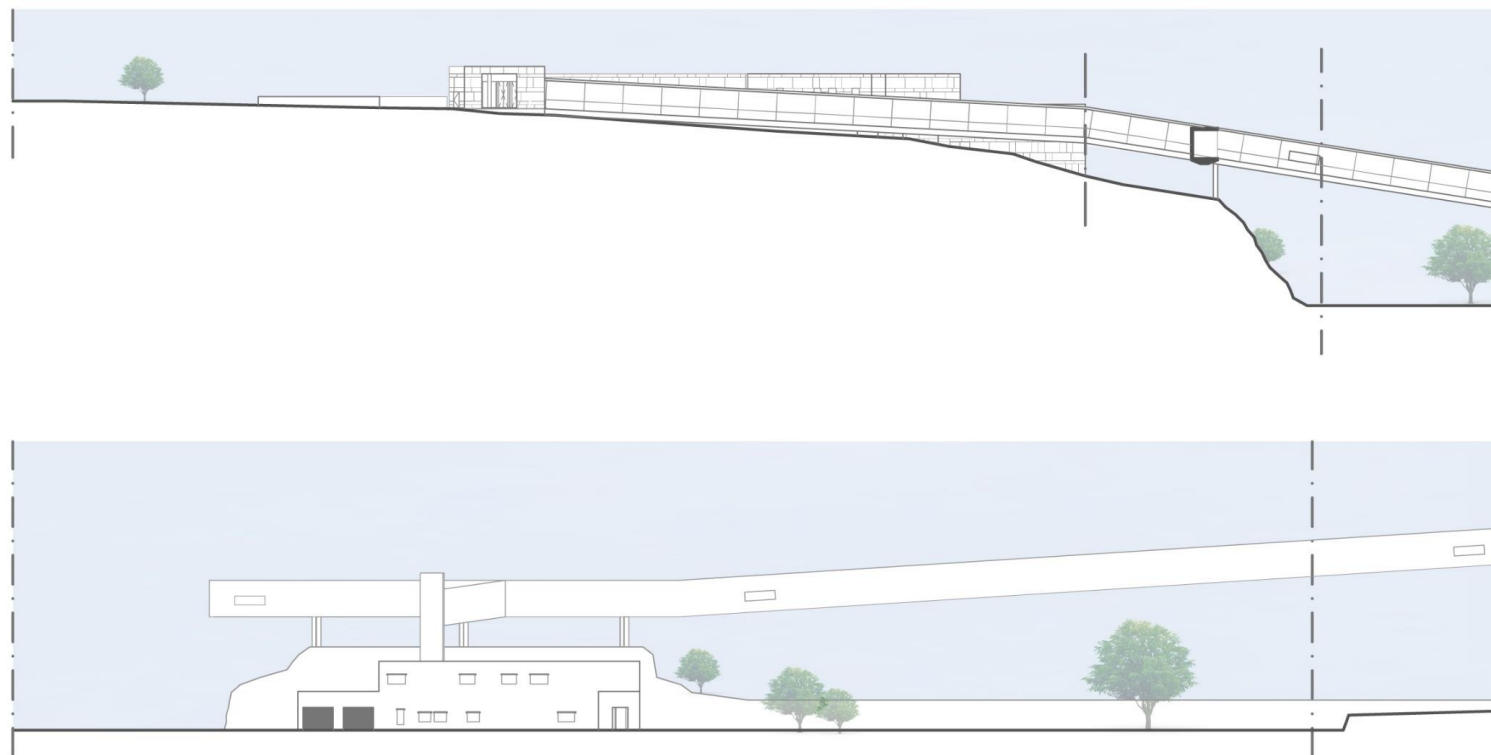
Figura 33 | Piso 1 | Oficinas | Cota 7,0m

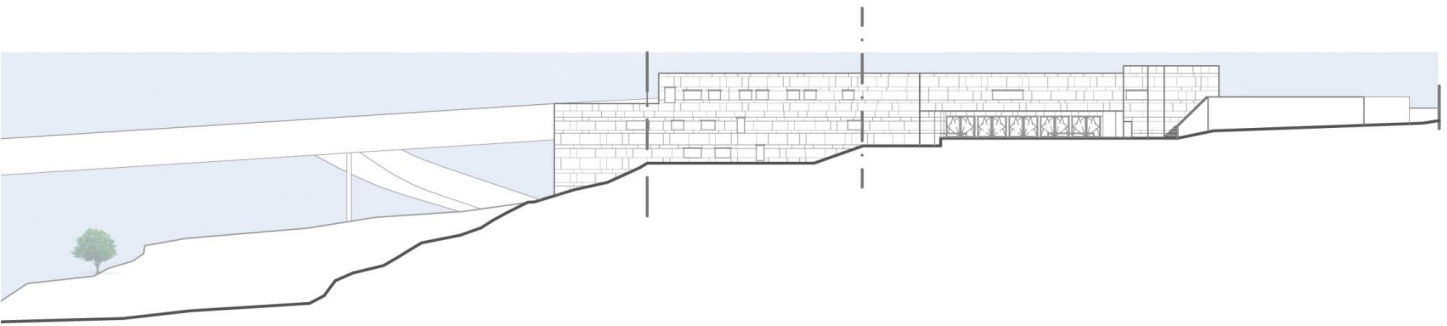
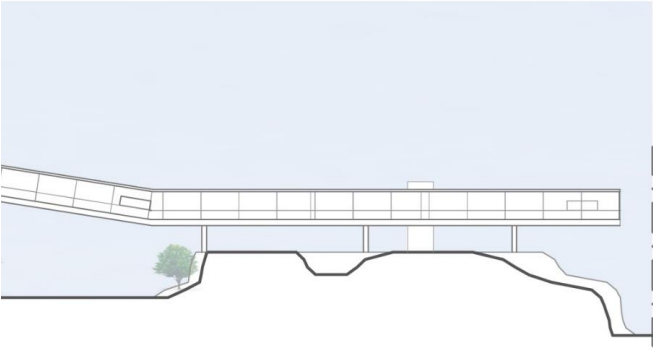
Proposta



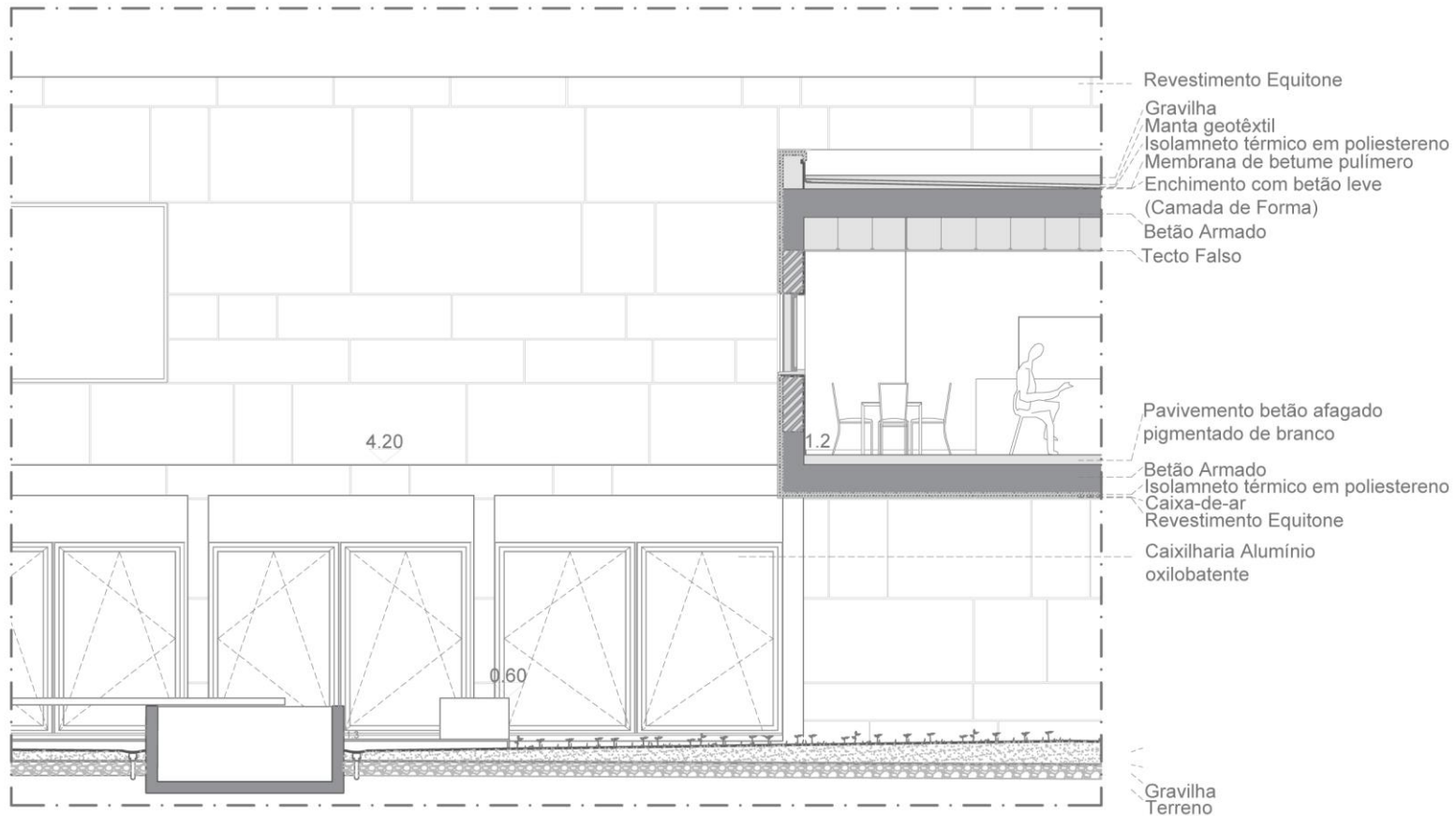


Proposta





Pormenor Construtivo



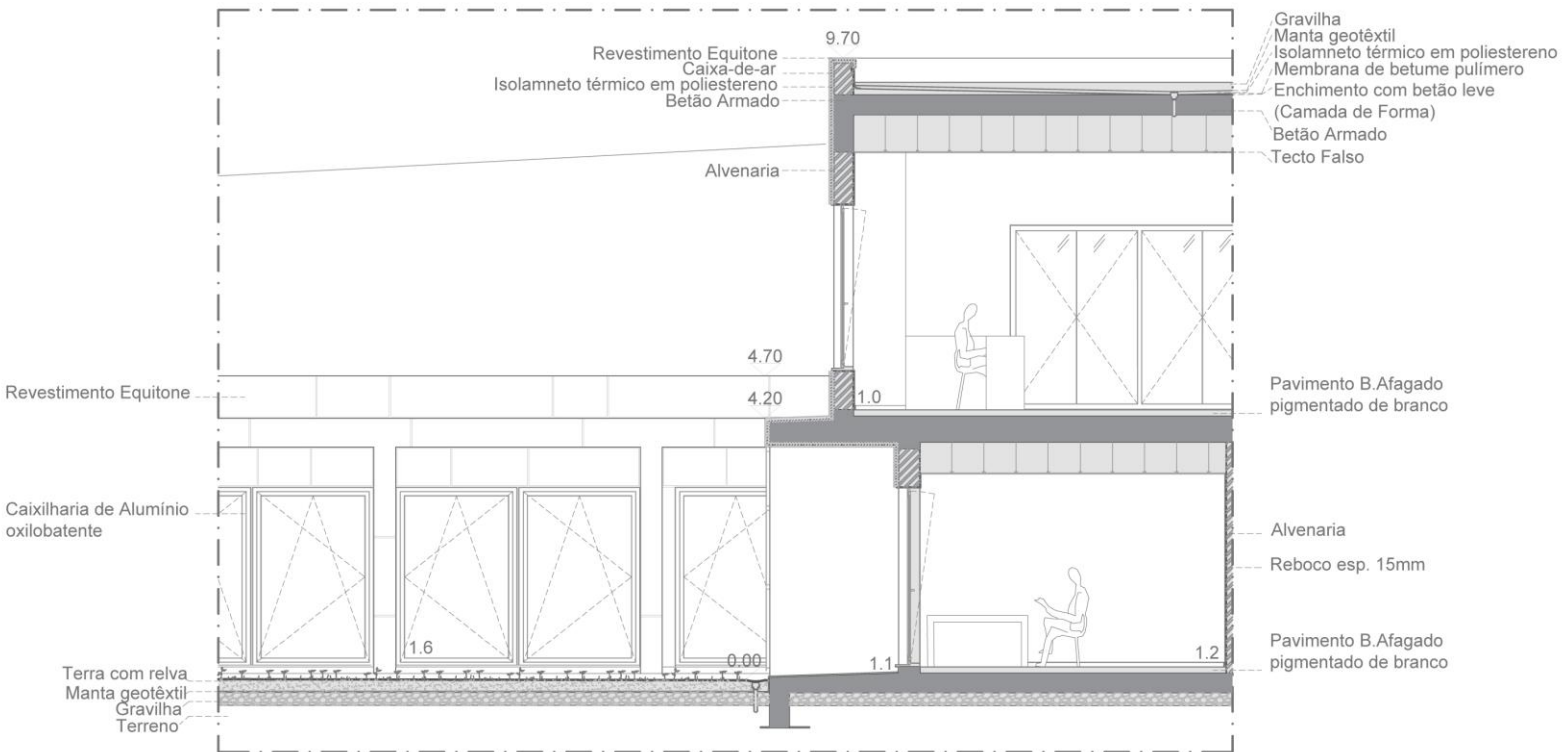


Figura 37 | Detalhe construtivo | Escala: 1/100

Maquetes

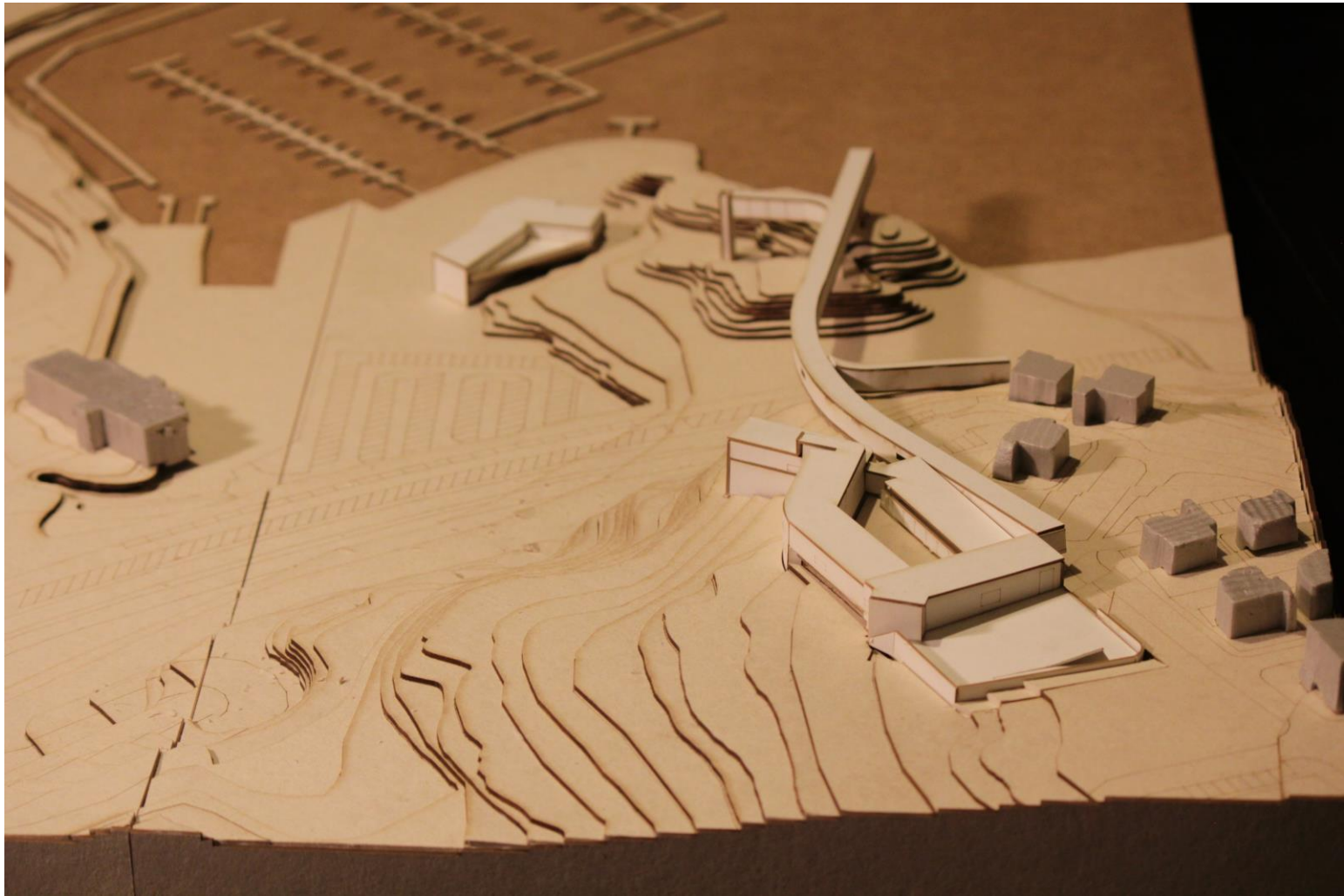
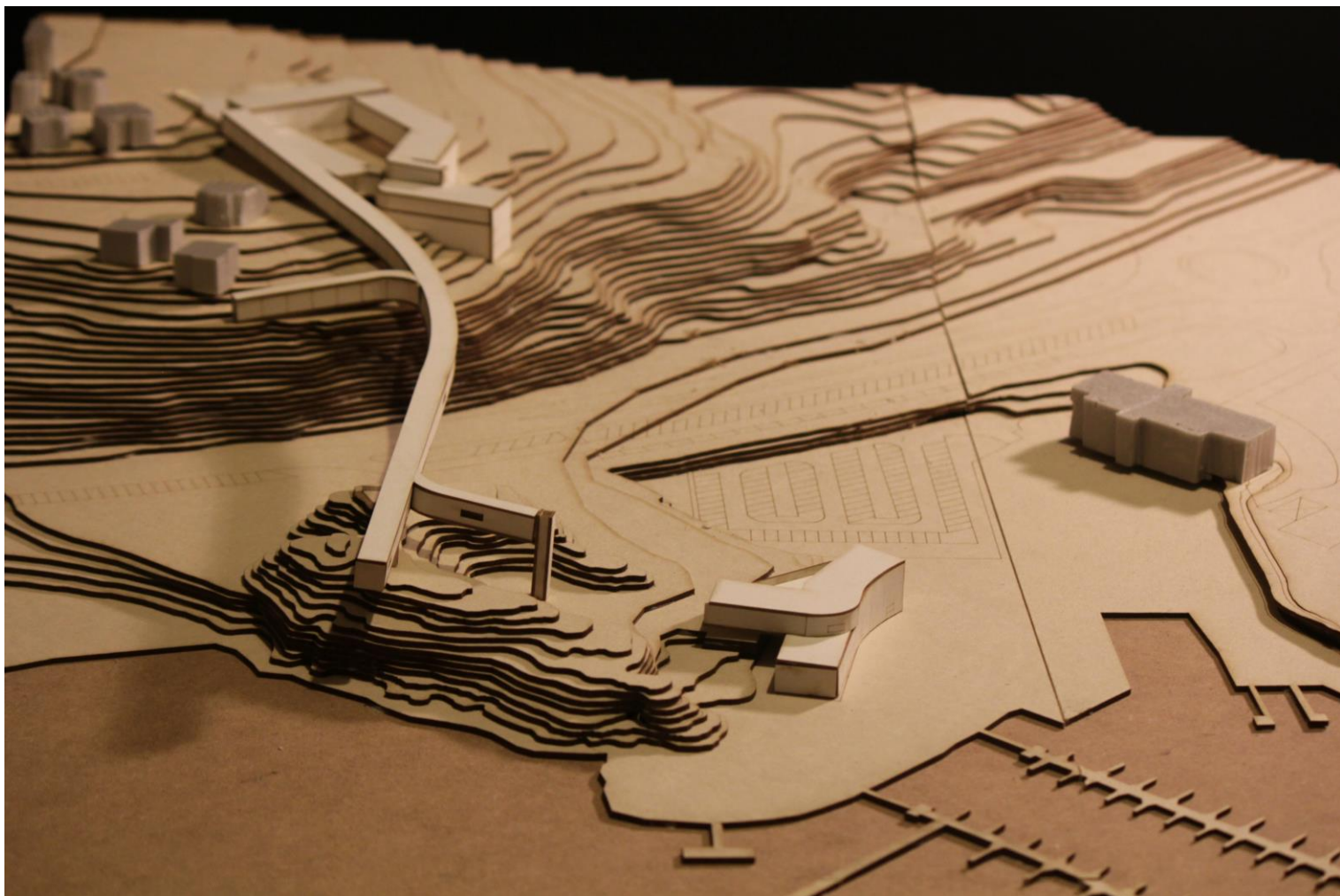




Figura 39 | Maquete conjunto | Escala: 1/500



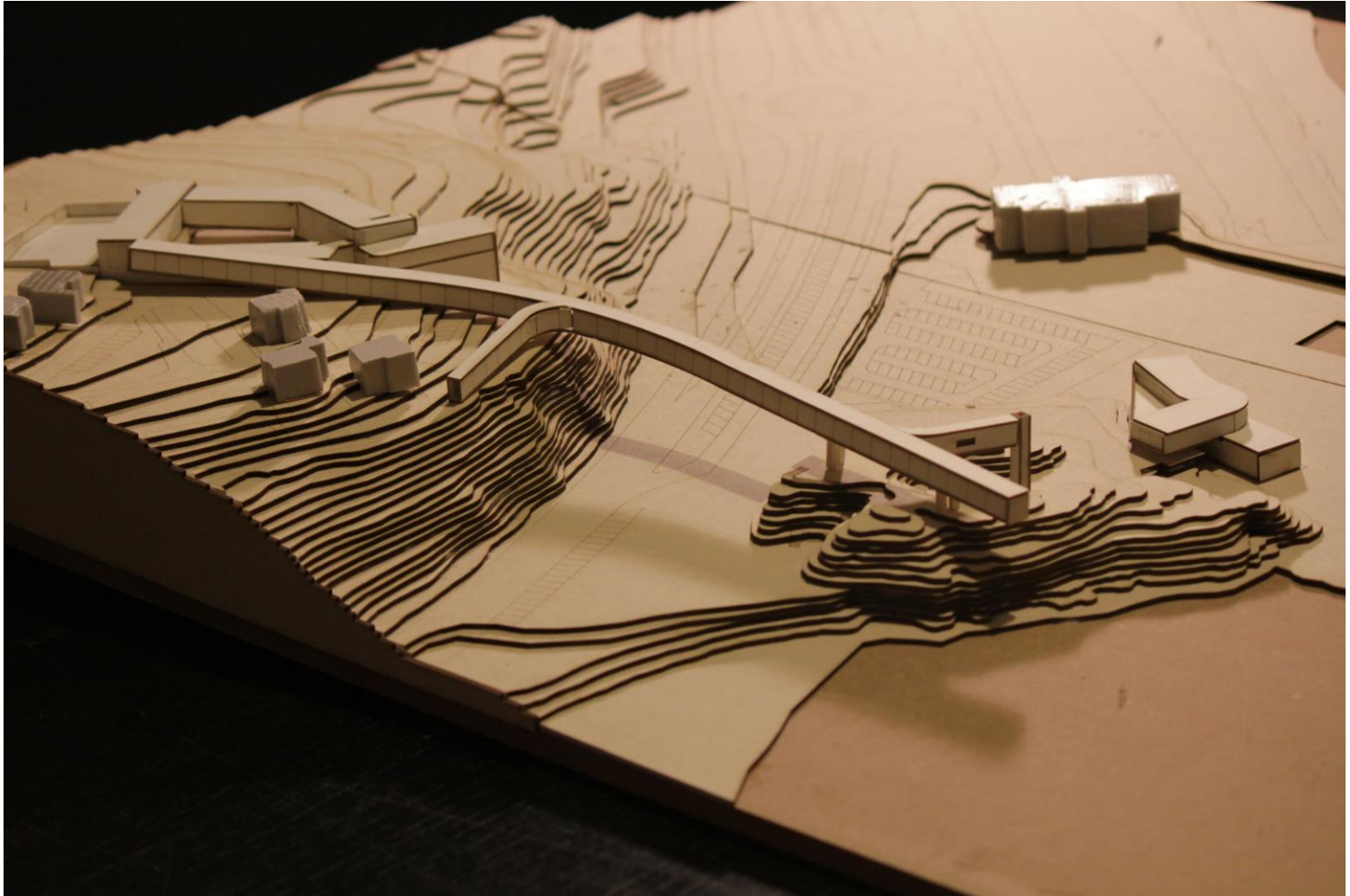
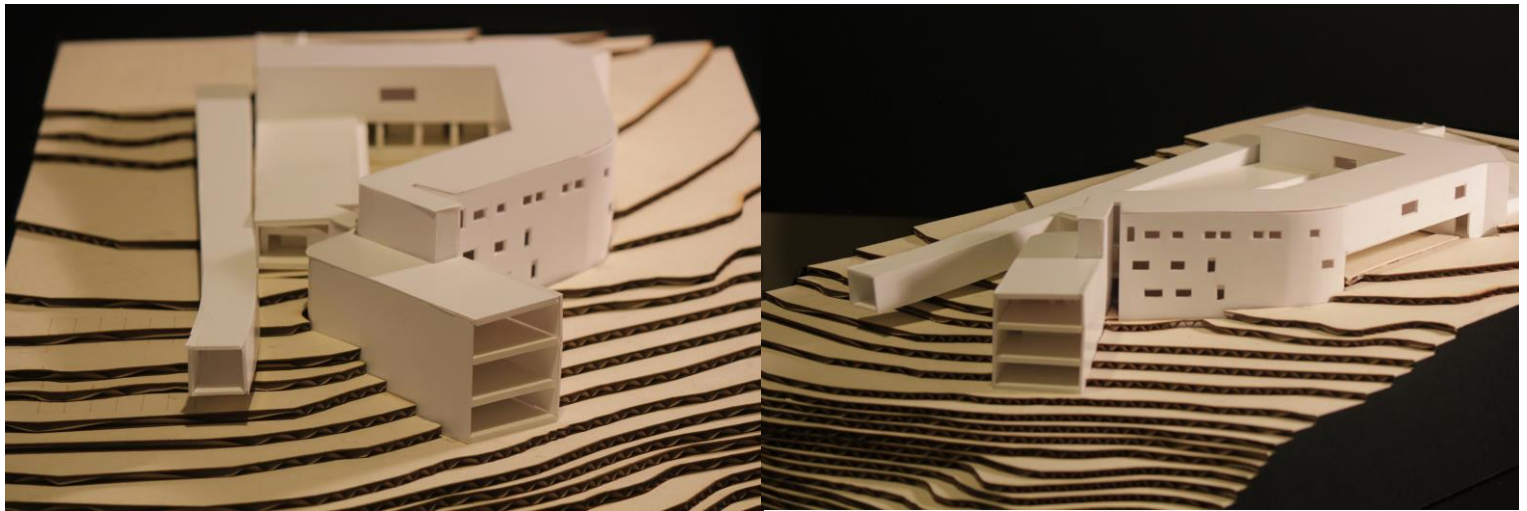


Figura 41 | Maquete conjunto | Escala: 1/500

Maquetes



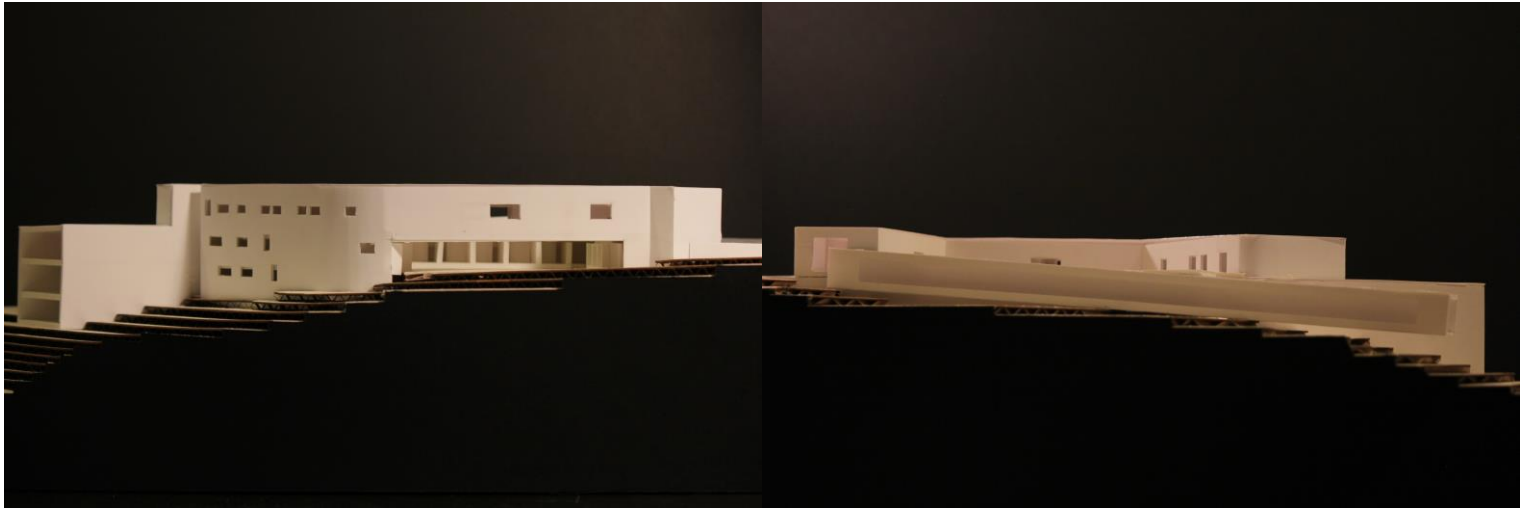
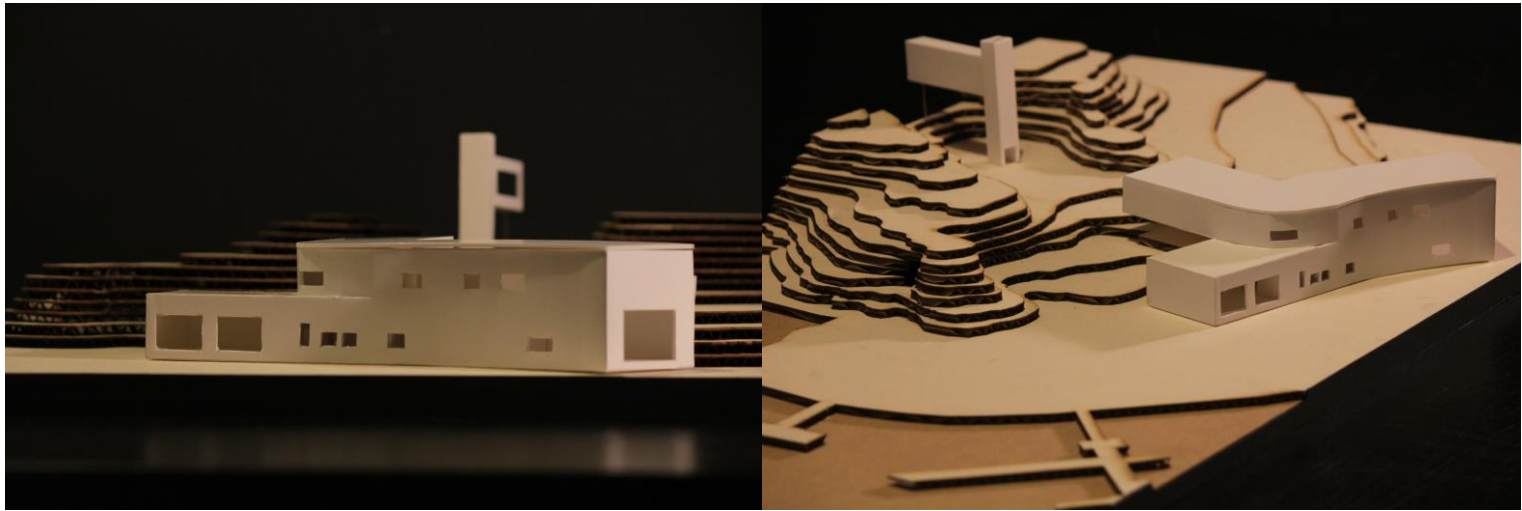


Figura 43 | Maquete Laboratórios | Escala: 1/500

Maquetes



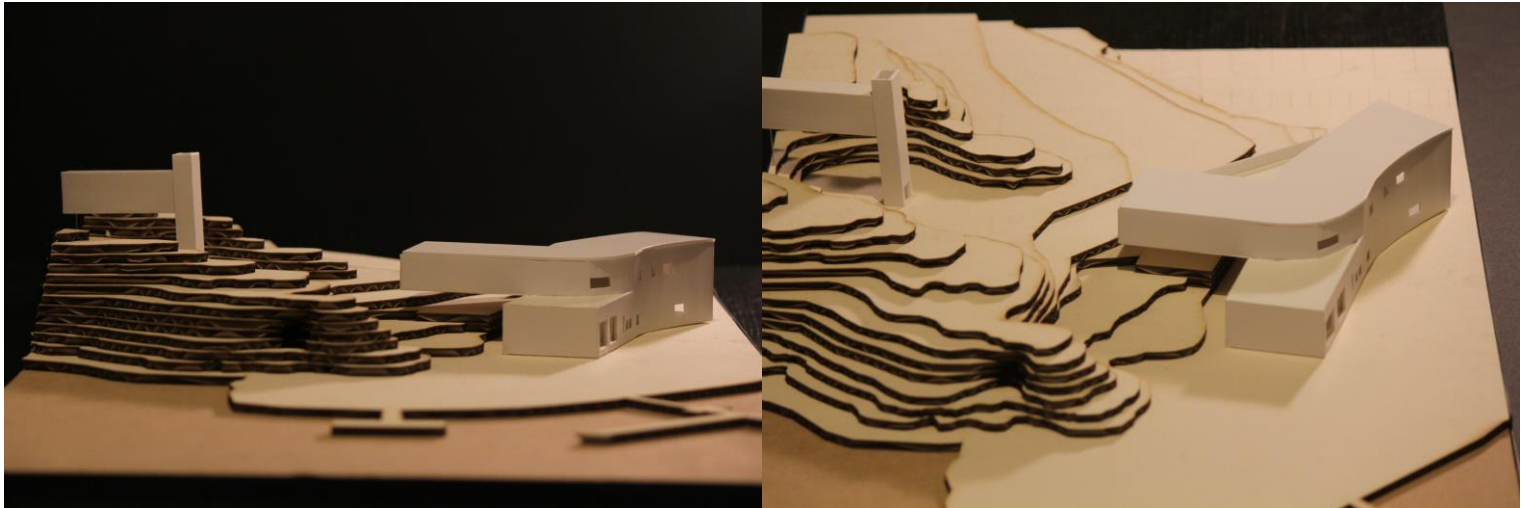


Figura 45 | Maquete Oficinas | Escala: 1/500

II -Vertente Teórica

Integração Arquitetónica de Sombreamento Solar Otimizado

Trabalho Teórico submetido como
requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Arquitetura.

Orientadores:

Prof. Doutor Vasco Moreira Rato, Professor Auxiliar do
ISCTE-IUL

Resumo

A arquitetura sustentável procura dar uma melhor resposta no que toca a problemáticas atuais relacionadas com temas como a crise energética e o aquecimento global, cujos efeitos e consequências se têm vindo a notar com crescente intensidade ao longo dos tempos.

O objetivo da sustentabilidade passa por otimizar os recursos naturais do local e diminuir os impactos ambientais que as construções acarretam para o ambiente. Para que isso aconteça é necessário considerar diversas noções quando se concebe um projeto de arquitetura, desde o clima do local (obter máximo desempenho com pouco impacto ambiental), utilização de materiais locais e de baixo consumo de energia.

Assim sendo, torna-se pertinente o desenvolvimento de um sistema que proteja o edifício de ganhos solares excessivos e que, conseqüentemente, diminua o consumo de energia proveniente de fontes não renováveis resultante, por exemplo, de ar condicionados ou sistemas elétricos de climatização.

Os sistemas de sombreamento não só ajudam no equilíbrio energético do edifício como também desenvolvem um papel fundamental na fachada do edifício. Constituem, portanto, um elemento indispensável na arquitetura sustentável e devem ser pensados e concebidos ao mesmo tempo que se desenvolve um projeto arquitetónico.

O seguinte estudo apresenta os diversos conceitos associados a sistemas de sombreamento, analisa o modo como estes são fundamentais num edifício na procura por uma arquitetura sustentável e esclarece o seu desempenho. O estudo apresenta também uma lista de

sistemas de sombreamento atualmente disponíveis no mercado, analisando comparativamente as suas particularidades e informações relativamente a fabricante / vendedor.

No último capítulo do presente trabalho é proposto um sistema de sombreamento para um edifício em Sines, Centro de Investigação Marítima, onde se pretende encontrar um equilíbrio entre luz / sombra e pensar a estética que este pode dar ao edifício, tendo em consideração a sua localização e o clima local.

Palavras-Chave:

Arquitetura sustentável

Radiação Solar

Sistemas de sombreamento

Otimização Solar

Abstract

Sustainable architecture seeks to contribute to the resolution of recent issues such as the energy crisis and global warming, which consequences have been increasing in intensity over the years.

The sustainability's main focus is to optimize the locally available natural resources and diminish the impact constructions have on the environment. In order for that to happen it is necessary to take into account several aspects when setting up a construction project such as, the local climate (attain maximum performance and little impact on the environment) and the use of local resources and low energy consumption.

Therefore, the development of a system that protects the building from an excess of solar heating and also reduces the consumption of energy from non-renewable sources (from air conditioning or other HVAC equipment) is important.

Solar shading systems not only help energy balance in the building but also have an important role in it's facade. Because of that, solar shading systems are an essential part of sustainable architecture and must be well thought and designed while the architectural project is being developed.

The following study shows the various concepts associated with solar shading systems, analyses how they are essential for a building while keeping sustainable architecture in mind and explains it's performance. The study also shows a list of solar shading systems currently available in the market and compares each of their characteristics and knowledge about manufacturer and dealer.

In the last part of this study, a solar shading system is presented for the Marine Research Centre building in Sines. A balance between light and shadow is intended when designing the system, integrating it's overall appearance, considering location and local climate.

Keywords:

Sustainable architecture

Solar radiation

Solar shading systems

Solar optimization

Agradecimentos

À minha saudosa prima.

Após concluir este estudo, desejo expressar o meu sincero agradecimento a todos aqueles que contribuíram, de alguma forma, para que fosse possível a realização deste estudo, deste modo agradeço:

Ao Orientador e Professor Vasco Moreira Rato, por todo o interesse relativamente a este trabalho, por toda a sua amável atenção e disponibilidade dispensada, que só assim permitiu que este trabalho fosse possível de realizar.

Ao Professor Pedro Pinto, por todo o apoio, toda a dedicação e pela partilha de várias ideias e referências para que o projeto final fosse possível de concretizar.

Aos meus pais, que sem eles nada disto teria sido possível, por todo o apoio, todo o carinho e todo o amor que sempre retribuíram em momentos de fraqueza ao longo de todo o meu percurso académico. A eles o mais sincero obrigado.

Aos meus irmãos e respetivos cunhados, Lénia, Márcia e Ivan, que embora distantes devido às suas vidas profissionais, agradeço todo o apoio e todas as ajudas que forneceram para a conclusão deste curso. Pelo prazer de usufruir da presença deles nos momentos mais importantes da minha vida.

Ao meu amável afilhado Gonçalo por toda a alegria que me tem dado desde que nasceu até aos dias de hoje.

Quero agradecer à restante família por todo o apoio e felicitações ao longo deste percurso, nomeadamente a minha prima Kátia e a minha tia Lurditas.

Aos meus amigos, José Caetano, Daniel Valente, Marta Saloio, Jéssica Ferreira, Fábio Ferreira, Mariana Pedro, Joana Pereira e Sofia Santos por toda a paciência, todo o apoio e todas as palavras de ânimo que foram divulgando ao longo da realização deste trabalho. E por fazerem

parte importante da minha vida. O meu especial obrigado ao Daniel e ao Fábio por terem a paciência de lerem e relerem todo este trabalho vezes sem conta.

Ao meu fiel amigo Hugo Silva, que sempre se manteve ao meu lado ao longo de mais de 10 anos de amizade.

Aos meus amigos Filipe Azevedo Carvalho e Micaela Caetano por estarem sempre presentes nos momentos mais importantes da minha vida mesmo que isso implique terem que atravessar o oceano Atlântico.

Por último e não menos importante, quero agradecer à minha maior companhia, Mitzy, que ao longo destes três anos de curso, encarou todas as maquetas como se fossem autênticos parques de diversões, pelo carinho, quando se deita no colo e a toda a atenção amorosa que me consegue oferecer.

O meu sincero obrigado.

Índice

RESUMO	I
ABSTRACT	III
AGRADECIMENTOS	V
ÍNDICE	VIII
ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES	XII
ÍNDICE DE TABELAS	XV
INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos	3
1.3 Metodologia	4
1.4 Estrutura da tese	6
2 ESTADO DA ARTE	9
2.1 Conceito de Sustentabilidade	9
2.2 Radiação Solar	12
2.2.1 Radiação Solar Difusa e Direta	13

2.2.2	Reflexão, Absorção, Transmissão	14
2.2.3	Ganhos Solares	16
2.2.3.1	Ganhos solares diretos	16
2.2.3.2	Ganhos solares indiretos	17
2.2.3.3	Efeito de estufa	19
2.3	Energia Solar e Arquitetura	21
2.3.1	Eficiência Energética	21
2.3.2	Conforto Térmico	24
2.3.3	Iluminação natural	28
2.4	Geometria Solar e Sombreamento	30
2.4.1	Coordenadas solares	30
2.4.2	Solstícios e Equinócios	32
2.4.3	Sombreamento	34
2.4.4	Sombra	36
2.5	Levantamento de sistemas de controlo solar	37
2.5.1	Evolução Histórica	38
2.5.2	Sistemas Solares passivos	43
2.5.3	Sistemas Solares ativos	44
2.5.4	Classificação de Sistemas de Sombreamento	45
2.5.4.1	Exteriores ou Interiores	46
2.5.4.2	Fixos e Móveis	46
2.5.4.3	Sistemas avançados de controlo solar	48
2.5.5	Sistemas de Sombreamento disponíveis no mercado	49
2.5.5.1	Palas horizontais e verticais	50
2.5.5.2	Lamelas ou Brise-Soleils	53
2.5.5.3	Malhas Metálicas	55
2.5.5.4	Portadas	57
2.5.5.5	Venezianas	58
2.5.5.6	Estores de bandas horizontais	59
2.5.5.7	Telas de rolo ou Estores verticais	60
2.5.5.8	Cortinas	63
2.5.5.9	Toldos	64
2.5.5.10	Vidros avançados de controlo solar	65

3	PROJETO INDIVIDUAL	68
3.1	Apresentação do Projeto	68
3.1.1	Conceito do Projeto	70
3.1.2	Objetivos do Projeto	71
3.1.3	Estratégia do Projeto	72
3.1.4	Explicação sobre o Tema (Radiação solar e Clima em Sines)	74
3.1.4.1	Caracterização do local	74
3.1.4.2	Desenho e dimensionamento dos elementos horizontais nos equinócios e nos solstícios	78
3.1.4.2.1	Palas distanciadas do vão, nos dias 20 de junho e 21 de setembro	81
3.1.4.2.2	Palas distanciadas do vão, nos dias 20 de março e 21 de setembro	85
3.1.4.2.3	Palas junto ao vão, nos dias 20 de junho e 21 de setembro	86
3.1.4.2.4	Palas junto ao vão, nos dias 20 de março e 21 de setembro	87
3.1.4.2.5	Palas duplas, nos dias 20 de junho e 21 de setembro	89
3.1.4.2.6	Palas duplas, nos dias 20 de março e 21 de setembro	91
3.1.4.3	Desenho e dimensionamento dos elementos horizontais distanciados do vão	92
3.1.4.4	Desenho e dimensionamento dos elementos junto ao vão	96
3.1.4.5	Desenho e dimensionamento dos elementos com palas duplas	100
4	AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLO SOLAR NO PROJETO INDIVIDUAL	105
5	CONCLUSÃO	114
6	BIBLIOGRAFIA	117
7	ANEXOS	120
7.1	Sistemas de Mercado	120
7.1.1	Empresas de Comercialização – Sites das Empresas:	120
7.2	Imagens exemplos de sistemas comercializados	127
7.2.1	Palas Horizontais	127

7.2.2	Palas Verticias	128
7.2.3	Lamelas ou Brise-Soleils	128
7.2.4	Malhas metalicas	130
7.2.5	Portadas	131
7.2.6	Venezianas	132
7.2.7	Estores de Bandas Horizontais	133
7.2.8	Telas de rolo	134
7.2.9	Cortinas	136
7.2.10	Toldos	137
7.2.11	Vidros Avançados de controlo Solar	138
7.3	Estudos prévios de otimização do Sombreamento	140
7.3.1	Estudos realizados para vãos com 1.20 metros e 2.00 metros de altura com pala horizontal nos solstícios e equinócios	141
7.3.1.1	Palas distanciadas do vão (dia 20 de março e 21 de setembro)	141
7.3.1.2	Palas junto ao vão (dia 20 de junho e 21 de setembro)	143
7.3.1.3	Palas junto ao vão (dia 20 de março e 21 de setembro)	145
7.3.1.4	Palas duplas (dia 20 de junho e 21 de setembro)	147
7.3.1.5	Palas duplas (dia 20 de março e 21 de setembro)	149
7.3.2	Estudos realizados para vãos com 1.20 metros e 2.00 metros de altura com pala horizontal	151
7.3.2.1	Palas distanciadas do vão (dia 20 de abril e 21 de agosto)	151
7.3.2.2	Palas distanciadas do vão (dia 25 de março e 16 de setembro)	153
7.3.2.3	Palas junto ao vão (dia 20 de abril e 21 de agosto)	155
7.3.2.4	Palas junto ao vão (dia 25 de março e 16 de setembro)	157
7.3.2.5	Palas duplas (dia 20 de abril e 21 de agosto)	159
7.3.2.6	Palas duplas (dia 25 de março e 16 de setembro)	161

Índice de Ilustrações

Ilustração 1 - solstícios e equinócios (centro de astrofísica da universidade do porto)	13
Ilustração 2 - trocas térmicas: reflexão, absorção e transmissão (realizado pelo autor)	14
Ilustração 3 - representação esquemática de p - reflexão, a – absorção e t - transmissão (mendonça, 2005,pág.220)	15
Ilustração 4 - representação de sistema de ganho direto (moita, 2010, pág.74)	17
Ilustração 5 - representação de sistema de ganho direto (moita, 2010, pág.80)	18
Ilustração 6 - tipos possíveis de acumulação térmica: a) parede irradiante; b) parede com ventilação; c) acumulação com contentores de água; d) combinação de contentores de água e alvenaria; e) enrocamento e contentores; f) enrocamento e sistema de ventilação dupla independente. (moita, 2010,pág.81)	19
Ilustração 7 - representação esquemática de uma estufa (moita, 2010, pág.85)	20
Ilustração 8 - exemplos de isolamento da estufa, a) isolamento amovível sazonalmente; b) isolamento é recolhível diariamente. (moita, 2010, pág.89)	21
Ilustração 9 - fatores com influência no conforto humano ((brophy, lewis, mcnally, walsh, & finn, 2011), pág.26 e 27)	27
Ilustração 10 - coordenadas latitude e longitude (frota, 2004, pág.31)	31
Ilustração 11 - ângulo da altura solar (h); azimute solar (a) e ângulo de incidência (θ) (goulding, lewis, & steemers, 1992,pág.90)	32
Ilustração 12 - estações do ano: solstício de verão e de inverno (professor vasco rato, aulas de física das construções 2013/2014) com base em http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/97/the_earth_seen_from_apollo_17.jpg	34
Ilustração 13 - organização e distribuição das cidades clássicas – estruturadas segundo eixo norte-sul. (castro, laura, castro elisa,1999)	39
Ilustração 14 - procuratie vecchie, veneza – 1514 (quill sarah, 1995)	40
Ilustração 15 - hardwick hall, inglaterra – 1597 (hurley marcus, 2016)	40
Ilustração 16 - idade de habitação em marselha. (helm joanna, 2012)	42

Ilustração 17 - mill owners' association em ahmadabad. (motaleb architekten,2014)	42
Ilustração 18 - incidência sobre a pala horizontal, (viqueira, castrejón, & velázquez, 2001), pág.73	51
Ilustração 19 - incidência solar sobre pala vertical, (viqueira, castrejón, & velázquez, 2001), pág. 75	52
Ilustração 20 - incidência solar sobre brise-soleils, (viqueira, castrejón, & velázquez, 2001), pág.73	54
Ilustração 21 - exemplo de tramas metálicas, repressor	56
Ilustração 22 - exemplo de sistema de tela de rolo: corrente, mola, manivela e motorizado. Controsol	62
Ilustração 23 - incidência solar sobre a tela, quando exterior ou no interior (santos i. D., 2007)	62
Ilustração 24 - incidência solar sobre os toldos, (viqueira, castrejón, & velázquez, 2001), pág.74	65
Ilustração 25 - esquemas de inter-camadas em vidros duplos, okalux	66
Ilustração 26 - oikonet mooc energy efficiency horshading realizado pelo professor vasco moreira rato, cedido a 09/05/2016 para estudo do dimensionamento das palas horizontais.	73
Ilustração 27 - temperatura de sines com base em http://pt.climate-data.org/location/7107/ consultado a 23/06/2016	75
Ilustração 28 - exemplo do cálculo da dimensão da pala horizontal. Oikonet mooc energy efficiency horshading realizado pelo professor vasco moreira rato, cedido a 09/05/2016 para estudo do dimensionamento das palas horizontais.	80
Ilustração 29 - corte de vãos. A) 1.20 m, b) 2.00 m com indicação dos ângulos solares nos dias 20 de junho e 21 de setembro. (realizado pelo autor)	82
Ilustração 30 - corte de vãos. A) 1.20 m, b) 2.00 m com indicação dos ângulos solares. (realizado pelo autor)	85
Ilustração 31 - corte de vãos. A) 1.20 m, b) 2.00 m com indicação dos ângulos solares. (realizado pelo autor)	87

Ilustração 32 - corte de vãos. A) 1.20 m, b) 2.00 m com indicação dos ângulos solares. (realizado pelo autor)	88
Ilustração 33 - corte de vãos. A) 1.20 m, b) 2.00 m com indicação dos ângulos solares. (realizado pelo autor)	90
Ilustração 34 - corte de vãos. A) 1.20 m, b) 2.00 m com indicação dos ângulos solares. (realizado pelo autor)	92
Ilustração 35 - corte de vãos. A) 1.20 m, b) 2.00 m com indicação dos ângulos solares. (realizado pelo autor)	93
Ilustração 36 - corte de vãos. A) 1.20 m, b) 2.00 m com indicação dos ângulos solares. (realizado pelo autor)	95
Ilustração 37 - corte de vãos. A) 1.20 m, b) 2.00 m com indicação dos ângulos solares. (realizado pelo autor)	97
Ilustração 38 - corte de vãos. A) 1.20 m, b) 2.00 m com indicação dos ângulos solares no dia 25 de setembro. (realizado pelo autor)	99
Ilustração 39 - corte de vãos. A) 1.20 m, b) 2.00 m com indicação dos ângulos e com duas p alas horizontais nos dias 20 de abril e 21 de agosto. (realizado pelo autor)	101
Ilustração 40 - corte de vãos. A) 1.20 m, b) 2.00 m com indicação dos ângulos solares e com duas p alas horizontais nos dias 25 de março e 16 de setembro. (realizado pelo autor)	102
Ilustração 41 - corte de vãos. A) 1.20 m, b) 2.00 m com indicação dos ângulos solares nos dias 20 de junho e 21 de setembro. (realizado pelo autor)	107

Índice de Tabelas

Tabela 1 - tipo de sistemas: palas	50
Tabela 2 - tipo de sistema: lamelas e brise-soleils	53
Tabela 3 - tipo de sistema: malhas metálicas	55
Tabela 4 - tipo de sistema: portadas	57
Tabela 5 - tipo de sistemas – venezianas	58
Tabela 6 - tipo de sistemas: estores de bandas horizontais	59
Tabela 7 - tipo de sistema: telas de rolo ou estores verticais	60
Tabela 8 - tipo de sistemas: cortinas	63
Tabela 9 - tipo de sistema: toldos	64
Tabela 10 - tipo de sistema: vidros avançados de controlo solar	65
Tabela 11 - coordenadas solares de sines a 21 de junho de 2016 com base em http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php consultado a 23/06/2016	77
Tabela 12 - coordenadas solares de sines a 30 de setembro de 2016 com base em http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php consultado a 23/06/2016	77
Tabela 13 - exemplo modelo 3d com pala horizontal, uma com 0.46 cm e com 0.77 cm respetivamente para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura nos meses de junho e setembro. (realizado pelo autor)	83
Tabela 14 - exemplo modelo 3d com pala horizontal, com 1 metro de comprimento para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura no mês de junho e setembro. (realizado pelo autor).	108
Tabela 15 - exemplo modelo 3d com pala horizontal, com 1 metro de comprimento para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura no mês de abril e setembro. (realizado pelo autor).	109
Tabela 16 - exemplo modelo 3d com pala horizontal, com 1 metro de comprimento para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura no mês de março e setembro. (realizado pelo autor).	111

Tabela 17 - exemplo modelo 3d com pala horizontal, uma com 172 cm e com 286 cm respetivamente para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura nos meses de junho e dezembro. (realizado pelo autor)	141
Tabela 18 - exemplo modelo 3d com pala horizontal, uma com 0.31 cm e com 0.52 cm respetivamente para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura a partir do mês de junho. (realizado pelo autor)	143
Tabela 19 - exemplo modelo 3d com pala horizontal, uma com 0.96 cm e com 161 cm respetivamente para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura a partir do mês de março e setembro. (realizado pelo autor)	145
Tabela 20 - exemplo modelo 3d com pala horizontal, uma com 0.23 cm e com 0,38 cm respetivamente para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura a partir do mês de junho e setembro. (realizado pelo autor).	147
Tabela 21 - exemplo modelo 3d com pala horizontal, uma com 0.86 cm e com 143 cm respetivamente para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura a partir do mês de março e setembro. (realizado pelo autor)	149
Tabela 22 - exemplo modelo 3d com pala horizontal, uma com 0.97 cm e com 161 cm respetivamente para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura para os de abril e agosto. (realizado pelo autor)	151
Tabela 23 - exemplo modelo 3d com pala horizontal, uma com 157 cm e com 261 cm respetivamente para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura nos meses de março e setembro. (realizado pelo autor)	153
Tabela 24 - exemplo modelo 3d com pala horizontal, uma com 0.60 cm e com 101 cm respetivamente para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura nos meses de abril e agosto. (realizado pelo autor)	155
Tabela 25 - exemplo modelo 3d com pala horizontal, uma com 0.89 cm e com 149 cm respetivamente para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura nos meses de março e setembro. (realizado pelo autor)	157
Tabela 26 - exemplo modelo 3d com duas palas horizontais, uma com 0.48 cm e com 0.80 cm respetivamente para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura, nos meses de abril e agosto. (realizado pelo autor)	159

Tabela 27 - exemplo modelo 3d com duas palas horizontais, uma com 0.78 cm e com 130 cm respectivamente para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura, nos meses de março e setembro. (realizado pelo autor) 161

Introdução

1.1 Enquadramento

O presente trabalho procura demonstrar a importância da arquitetura sustentável e como esta se torna essencial em problemáticas, como o aquecimento global, bem como o seu desenvolvimento em plena crise energética. Uma das principais estratégias para uma boa sustentabilidade, passa pela proteção solar dos edifícios de forma adaptada. Os sistemas de sombreamento diminuem não só o consumo energético para o arrefecimento como permitem a entrada de iluminação natural.

Neste trabalho, pretende-se contextualizar as estruturas de sombreamento em fachadas, tanto a nível material, como da sua forma e conceção. É por isso importante perceber, por um lado, o seu efeito estético, e, por outro, a sua função como proteção térmica na arquitetura, atuando como sistema de controlo de ganhos solares indesejados nos períodos quentes como também permitir a entrada dos mesmos nos períodos frios do ano.

São analisadas e apresentadas neste estudo diversas soluções de sombreamento que acompanham a edificação desde os primórdios das construções. Estes sistemas transpõem desde a antiguidade até aos dias de hoje, apresentando diferentes soluções consoante a importância que era atribuída a estes sistemas na época em questão.

Ao longo deste percurso histórico que os sistemas de sombreamento atravessaram, foram ganhando força e destaque no conceito da arquitetura sustentável, sendo explorados, nos

dias de hoje, em diferentes formas e materiais com sentido de melhorar o futuro da arquitetura sustentável bem como o conforto do indivíduo no espaço.

Nos dias de hoje, é importante que o edificado responda de forma racional às questões relacionadas com a utilização de fontes de energia, privilegiando-se a redução no consumo de energias não renováveis. Para que tal possa acontecer é necessário que o arquiteto tenha preocupações de sustentabilidade desde o desenho de planeamento urbano até ao desenho do edificado.

Dentro dessas preocupações, os sistemas de sombreamento desempenham um papel fundamental, tanto no seu funcionamento e desempenho como pela sua imagem na fachada do edifício. No que toca à sua funcionalidade, o sistema de sombreamento deve procurar requisitos que respondam às preocupações do ambiente, arquitetónicas e ao conforto do indivíduo. Quanto ao conforto, o sistema deve evitar o excesso de calor no verão e permitir a entrada de ganhos solares no inverno, permitindo ao mesmo tempo o equilíbrio de entrada de iluminação natural.

A grande complexidade destes sistemas de sombreamento é conseguir responder de forma positiva tanto a nível de sombreamento como de iluminação. Ou seja, o sistema deve sombrear quando necessário e igualmente permitir a adequada iluminação natural no espaço sem bloquear a visibilidade do indivíduo para o exterior.

Estas soluções não devem ser aplicadas apenas como soluções funcionais de sustentabilidade, mas também responder a uma melhor qualidade, tanto da arquitetura como do espaço, uma vez os sistemas de sombreamento têm um papel importante na imagem do edifício.

Estes sistemas não devem de todo funcionar como elementos associados à fachada, mas sim pertencentes à mesma, de forma a desenvolver uma composição contínua. Para além de

todas as questões acima referidas esta é também uma questão que se tenta responder de forma a que estes sistemas não sejam só estandardizados e limitados.

Deve por isso tentar desenvolver-se uma conceção racional de sistemas de sombreamento através de novas formas, materiais e até instrumentos de desenho tecnológicos de forma a poder avaliar e analisar o comportamento dos sistemas, dependendo do local, forma e clima a que estes estão sujeitos.

1.2 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo compreender e apresentar a importância dos sistemas de sombreamento numa fachada para um projeto de arquitetura, bem como a necessidade associada de dar resposta a um conjunto de situações, quer a nível técnico como funcional, para que resulte num ambiente mais confortável. Para isso são classificados em função da sua localização e clima local.

Para se perceber tal importância, foi necessário ordenar a informação atualmente disponível atualmente sobre o tema de sistemas de sombreamento. Após essa recolha e estudo acerca dos sistemas de sombreamento existentes no mercado, é essencial que o arquiteto colabore com a realização de otimização desses sistemas tanto a nível do seu desenho e imagem como na sua função de sombrear o espaço no verão e permitir a entrada de raios solares no inverno, o chamado desempenho térmico, sem descurar o desempenho lumínico (luz/sombra).

Por último, é pertinente desenvolver/estudar soluções mais económicas de estruturas de sombreamento que sejam capazes de responder as questões de sustentabilidade do local, bem como o clima.

Neste trabalho, o caso de estudo está localizado em Sines, onde será apresentado um projeto de um Centro de Investigação Marítima com um sistema de sombreamento capaz de responder às questões de sustentabilidade, tanto a nível do clima como a nível estético do edifício.

1.3 Metodologia

Para a realização deste trabalho foi necessário realizar três procedimentos como metodologia:

- Revisão bibliográfica e identificação das principais questões inerentes aos sistemas de sombreamento;
- Apresentação de uma breve síntese da evolução e caracterização dos sistemas de sombreamento existentes no mercado bem como o seu autor;
- Desenvolvimento de um projeto, Centro de Investigação Marítima, com um sistema de sombreamento otimizado e enquadrado consoante as necessidades do local bem como a sua análise de estudo, juntamente com os fatores luz/sombra.

Na primeira fase da elaboração deste trabalho, foi necessária toda a revisão bibliográfica através da consulta da literatura, revistas, catálogos, artigos científicos, *sites* e toda a informação

pertinente para colaborar na contextualização do tema, identificando os princípios e complexidades, dando destaque aos sistemas de sombreamento como estratégia do desenho essencial para uma arquitetura sustentável.

No segundo procedimento, é sintetizada toda a informação da evolução histórica dos sistemas de sombreamento, que demonstra a preocupação de sombrear desde o tempo dos primórdios e qual a sua evolução até aos dias de hoje. Para a realização deste estudo foi necessário efetuar um levantamento exaustivo de *sites* de internet referentes a empresas que fabricam / comercializam todo o tipo de sistemas de sombreamento, bem como as suas vantagens e desvantagens.

Por último, procurar desenvolver um projeto de arquitetura com um sistema de sombreamento. Esse sistema será analisado e estudado tanto a nível de otimização como a nível lumínico, ou seja, procurar um equilíbrio entre os fatores luz e sombra juntamente com o clima do local, neste caso de estudo, Sines.

Para realizar este estudo para os sistemas de sombreamento no Centro de Investigação Marítima em Sines, foi necessária a utilização da ferramenta de cálculo OIKONET/ISCTE-IUL que disponibiliza a informação do valor dos ângulos solares e das dimensões de elementos horizontais de sombreamento consoante a época que se deseja sombrear, a latitude e a altura do vão. Foi também utilizado o software AUTOCAD para desenvolver cortes representativos do vão onde estão representados os ângulos solares nos vários períodos escolhidos para o desenvolvimento do estudo. Por último, e após a obtenção da informação necessária, foi utilizado o software REVIT que permite visualizar em 3D as sombras que incidem nos vãos em datas específicas consideradas para o estudo.

1.4 Estrutura da tese

O presente trabalho está dividido em três capítulos:

- Enquadramento dos sistemas de sombreamento na arquitetura sustentável, juntamente com o levantamento, evolução e classificação desses mesmos sistemas;
- Estudo da conceção e dimensionamento de um sistema de sombreamento num Centro de Investigação Marítima em Sines;
- Avaliação e aplicação do sistema de sombreamento que se enquadra no Centro de Investigação Marítima em Sines.

No primeiro capítulo é apresentado um enquadramento sobre os conceitos e a importância da sustentabilidade na arquitetura, sendo que este estudo recai sobre a questão do sombreamento. Perceber a sua importância e qual o seu estado atual, bem como compreender qual a preocupação ambiental associada a estes sistemas de sombreamento, aspeto cada vez mais recorrente e pertinente nos dias de hoje.

São também apresentados e sintetizados os sistemas de sombreamento consoante as suas funções de sombrear e de permitir iluminação natural. São apresentadas as questões às quais o sistema deve responder tanto a nível de conforto térmico como de eficiência energética. É igualmente retratada a importância que os sistemas de sombreamento têm numa fachada, e por isso a necessidade de um desenho que se adeque a uma arquitetura sustentável.

Neste capítulo apresenta-se ainda a evolução histórica dos sistemas de sombreamento e a sua importância ao longo de tempos, a sua crescente evolução até aos dias de hoje, bem como

a preocupação que advém de forma a melhorar cada vez mais os sistemas de sombreamento não só a nível funcional, mas também estético e de uma melhor otimização a nível monetário.

No segundo capítulo é apresentado o projeto individual, um Centro de Investigação Marítima, serão estudados e experimentados vários sistemas de sombreamento, consoante o seu desenho e dimensão. Este deverá responder tanto à integração arquitetónica, como à otimização do sombreamento e também a um equilíbrio lumínico no interior, de forma a não desenvolver desconforto para o utilizador. Serão realizados vários estudos, em diferentes datas e horários, de forma a comparar os diferentes sistemas e selecionar o que melhor responde às questões de sustentabilidade locais.

Para obter essa resposta é necessário estipular horários que possam influenciar as diversas dimensões dos sistemas de sombreamento. Só assim se conseguem obter vários resultados capazes de ajudar na escolha do melhor sistema para o edifício em estudo, bem como o local.

No terceiro e último capítulo é apresentada a avaliação conclusiva dos resultados obtidos, onde se pretende apresentar o sistema de sombreamento capaz de responder a nível arquitetónico, o cumprimento da função de sombrear nos meses mais quentes do ano (verão) e por último responder ao equilíbrio de iluminação natural que entra para o espaço interior de forma a não existir desconforto para os seus utilizadores.

Para o estudo deste último capítulo foi necessária a avaliação dos estudos apresentados no capítulo anterior, bem como a aplicação dos mesmo no projeto onde são apresentados modelos 3D de como se relaciona a sombra com os vãos do edifício.

Por último, apresenta-se uma síntese que conclui todos os resultados obtidos com este estudo.

2 Estado da Arte

2.1 Conceito de Sustentabilidade

O termo sustentabilidade constitui um dos temas mais debatidos atualmente, mas a sua origem remonta a pelo menos 1972, onde o conceito surgiu no âmbito da Conferência da Organização das Nações Unidas, também designada por *United Nations Conference on the Human Environment* – UNCHE realizada nesse ano em Estocolmo. Esta conferência tinha como objetivo abordar temas como o meio ambiente¹, a relação deste com a ação humana e problemáticas relacionadas com a degradação ambiental e a poluição.

Mais tarde, em 1987, este tema volta a ser abordado com a publicação do Relatório Brundtland (Agnelli et al. 1987), que define desenvolvimento sustentável como aquele “*que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade de gerações futuras para satisfazerem as suas próprias necessidades.*” **Fonte especificada inválida.**

Em 1992 tem lugar a Cimeira da Terra com o grande propósito de desenvolver este conceito de sustentabilidade, tendo sido aprovado um plano denominado “Agenda 21” (Eco-92, 1992) que defendia a existência de três dimensões: a sustentabilidade ambiental, a social e a económica. Esta cimeira tinha ainda o objetivo de incentivar os países a aplicarem a “Agenda

¹ “O conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos e sociais capazes de causar efeitos diretos ou indiretos, em um prazo curto ou longo, sobre os seres vivos e as atividades humanas” - Conferencia de Estocolmo UNCHE.

21”, estudarem um conjunto de soluções para os problemas sócio-ambientais e desenvolverem um programa de ação visando a sustentabilidade global no séc. XXI.

Ao longo dos anos foram ainda realizadas várias reuniões europeias² que desenvolveram o conceito de cidade sustentável. Estas resultaram em 1994 na carta de Aalborg, que promovia princípios como a participação da comunidade local no desenvolvimento da economia e da mobilidade urbana, no clima mundial e na conservação da natureza. Esta carta foi ratificada por 650 entidades e 32 países. Nesse mesmo ano foi ainda publicada a “Agenda Local 21” que, tal como o próprio nome indica, visava desenvolver planos locais de ação para a sustentabilidade congregando a ajuda de todas as entidades que pudessem contribuir.

Em 1997, foi aprovado na Cimeira do Rio+5 um documento de compromisso com a vida e com o desenvolvimento sustentável do planeta: “Os 18 mandamentos do Planeta: por uma carta da terra”,”; esta versão foi a primeira a ser aprovada e produzida a partir da “Carta da Terra”. Deste conjunto de mandamentos destacam-se dois que convergem na definição de sustentabilidade: o 3º “Viver de modo sustentável, promovendo e adaptando modos de consumo, produção e reprodução que respeitem e salvaguardem os direitos humanos e as capacidades regeneradoras da terra” e o 13º “Fazer, avançar e colocar em prática o conhecimento tanto científico como proveniente de outras fontes e as tecnologias que promovem a existência sustentável e protegem o meio ambiente” (Vaz, 2011).

A 11 de Dezembro de 2015 foi realizada uma nova Cimeira do Ambiente em Paris, denominada COP21 (*Conference of Parties*, Conferência anual das Partes) onde se reuniram

² Our common Future 1987, CAE (Conselho de arquitetos da Europa 1990, CIB (Comité international du Bâtiment), Carta de Aalborg 1994 e Carta de Hanôver 2000.

195 países para ratificarem o acordo de luta contra as alterações climáticas e o aquecimento global.

Nesse acordo listam-se várias medidas vinculativas a longo prazo que devem ser aplicadas em todos os países a partir de 2020, com objetivos como terminar com a discrepância entre países ricos e países pobres e travar também o aumento do aquecimento global.

Uma das principais propostas deste acordo é a redução, ou mesmo eliminação, do consumo de combustíveis fósseis como fontes de energia, usadas pelo Homem desde o Séc. XVIII. Uma outra proposta tem como objetivo limitar a subida da temperatura através da utilização de fontes energéticas limpas, como a solar e a eólica, e da eficiência energética.

Esta cimeira constitui mais um passo para se alcançar a sustentabilidade da humanidade. Estas iniciativas são realizadas desde 1995. A primeira COP realizou-se em Berlim e dois anos depois na COP3, realizada em Quioto, foi adotado o famoso protocolo com o nome desta cidade, definindo um conjunto de metas e planos de ação visando a redução de emissão dos gases que agravam o efeito de estufa. Para além destas realçam-se ainda:

- a COP11 com o Plano de Ação de Montreal;
- a COP15 realizada em 2009 em Copenhaga, onde se reavaliou o Protocolo de Quioto;
- a COP17 em Durban no ano de 2011 com o objetivo de aprovar o Fundo Climático Verde;
- a COP20 em Lima no ano de 2014, onde foi assinado o Acordo Climático Global (*Lima Call For Climate Action*);

- e a COP21, no ano passado em Paris, onde se discutiu a possibilidade de um acordo juridicamente vinculado e universal sobre o clima.

2.2 Radiação Solar

A principal fonte de energia e de calor para o planeta Terra é a radiação solar. Esta é simultaneamente fonte de calor e de luz natural. O sol desempenha então um papel essencial permitindo que se tire partido da luz e do calor (por exemplo, como fonte energética), sendo igualmente possível evitá-los quando esse verifica serem excessivos.

A radiação solar, no contexto deste trabalho, consiste na quantidade de energia emitida pelo sol que é incidente numa determinada superfície terrestre. Esta radiação é recebida tanto como radiação solar difusa como radiação solar direta. A quantidade de radiação que atinge uma superfície terrestre varia devido às condições atmosféricas e meteorológicas. Isto é, num dia chuvoso e nublado recebe menos radiação solar do que num dia em que o céu esteja limpo. A radiação depende também das características geográficas e da topografia, ou seja, a altitude pode determinar a quantidade de radiação solar recebida. Todos estes fatores podem ser considerados vantagens ou desvantagens, dependendo de outros elementos importante como a cor da superfície, a materialidade e a inclinação, que influencia a quantidade de radiação recebida.

A radiação solar varia também ao longo do ano devido ao movimento de translação do planeta (Moita, 2010). Esse movimento faz com que a terra percorra uma trajetória num plano inclinado em relação ao equador. Este ângulo origina quantidades de radiação solar distintas

nos dois hemisférios ao longo do ano, caracterizando-se por solstícios (verão e inverno) e pelos equinócios (primavera e outono) (Ilustração 1).

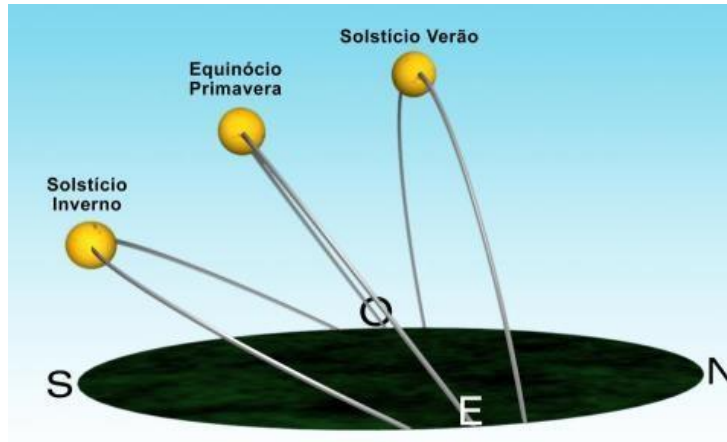


Ilustração 1 - Solstícios e Equinócios (Centro de astrofísica da Universidade do Porto)

2.2.1 Radiação Solar Difusa e Direta

Tal como se referiu anteriormente, a radiação Solar pode incidir sobre a superfície terrestre na sua forma difusa e direta. A radiação solar difusa é a soma do fluxo luminoso difundido, ou seja, a radiação solar que é refletida por intermédio do edifício ou da envolvente (Goulding, Lewis, & Steemers, 1992).

Por seu turno, a Radiação Solar Direta é a quantidade de energia radiante numa superfície. A intensidade da radiação solar direta depende da altura solar e do ângulo de incidência; em função destes parâmetros, a componente térmica pode ser elevada. É esta

componente elevada que se pretende evitar para que não haja excesso de iluminação natural e demasiado desconforto visual, por um lado, e ganhos de calor excessivos no verão, por outro. Deve ainda considerar-se que, no inverno, a entrada de radiação solar direta nos edifícios pode ter um contributo decisivo na obtenção de condições de conforto térmico. De notar que devido a esses fatores é necessário e indispensável o desenvolvimento de sistemas que permitam um equilíbrio entre estes diversos objetivos.

2.2.2 Reflexão, Absorção, Transmissão

Quando a radiação solar atinge a fachada de um edifício, nomeadamente os seus vãos, podem ocorrer três fenómenos distintos: reflexão, absorção e transmissão (Ilustração 2). Estes fenómenos estão associados a trocas térmicas que se originam quando as superfícies têm temperaturas diferentes, uma vez que estas emitem calor. A quantidade total de emissão de

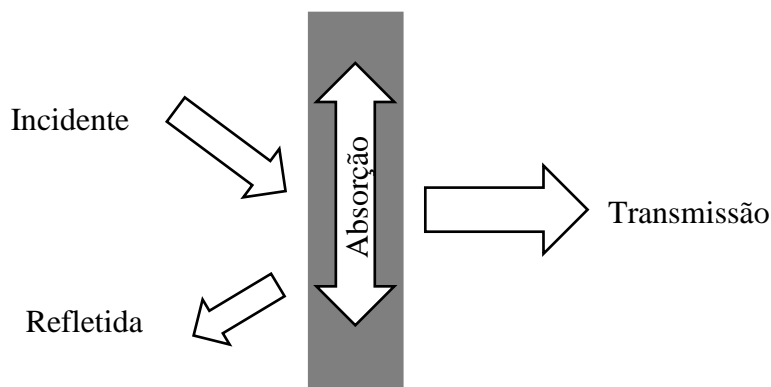


Ilustração 2 - Trocas térmicas: Reflexão, Absorção e Transmissão
(realizado pelo autor)

Uma grande parte dos materiais utilizados na construção são opacos e o seu coeficiente de reflexão é uma propriedade importante que justifica que sejam utilizados no exterior, uma vez que têm grande influência nos ganhos térmicos e na iluminação natural. Os materiais translúcidos ou transparentes são frequentemente utilizados em vãos e têm um papel fundamental nos sistemas solares passivos (Mendonça, 2005).

Na ilustração 3 podemos observar o modo como a radiação é absorvida por fachadas com diferentes materialidades. Quando estão em causa materialidades escuras, grande parte da radiação é absorvida. Numa superfície intermédia a radiação é refletida e transmitida enquanto numa superfície transparente a radiação é refletida, transmitida e absorvida.

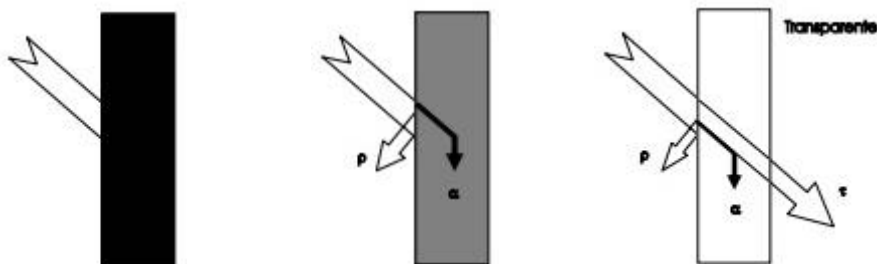


Ilustração 3 - Representação esquemática de p - Reflexão, a - Absorção e t - Transmissão (Mendonça, 2005, Pág. 220)

A reflexão acontece quando a radiação incide na fachada e se propagada na mesma direção da qual é proveniente, logo, parte da energia é recebida pela superfície, aquecendo-a. Esta função tem lugar dependendo da materialidade e da cor do próprio material. Uma superfície de cores escuras recebe a maior parte da radiação enquanto as cores claras têm maiores características refletoras.

A absorção é a energia persistente que incide na superfície, ou seja, a energia que se retém no interior da parede. Parte da energia que incide na fachada é refletida enquanto que outra parcela é absorvida. Deste modo, podemos afirmar que as superfícies que menos refletem são as que mais absorvem. A transmissão faz parte deste processo, uma vez que é a energia que passa, para o interior do espaço, pelos envidraçados após ocorrer a reflexão e absorção.

Após o conhecimento destes fenómenos é essencial a escolha dos materiais com base nas suas propriedades térmicas, para que estes fatores não afetem o bem-estar do espaço interior, tanto a nível corporal como visual.

2.2.3 Ganhos Solares

2.2.3.1 Ganhos solares diretos

Um ganho direto consiste na captação da radiação solar para o interior através dos vãos envidraçados (Moita, 2010). Para um bom ganho direto são necessários envidraçados e paredes constituídas por materiais compactos e com grande capacidade de armazenamento térmico (Paul, 1979). Este armazenamento térmico permite que, ao anoitecer, a fachada liberte essa energia aproveitando assim, para aquecimento e regulação das temperaturas do espaço interior. Se a energia for excessiva esta pode ser dissipada através de ventilação natural, ou seja, da abertura de vãos.

A janela é o elemento fundamental para que estes ganhos possam acontecer da melhor forma possível, sendo associada a soluções como os sombreamentos, para controlo de ganhos

excessivos de calor, e uma orientação a Sul (com afastamento máximo de 15% a Este ou a Oeste) (Moita, 2010).

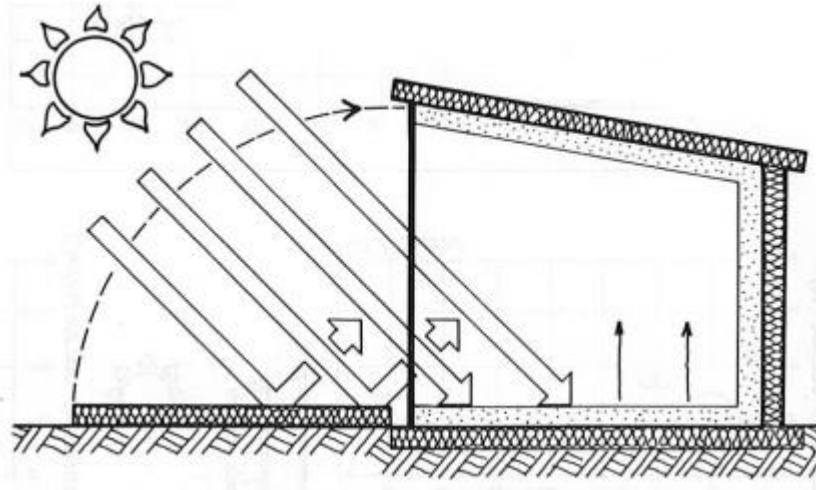


Ilustração 4 - Representação de sistema de ganho direto (Moita, 2010, Pág.74)

2.2.3.2 *Ganhos solares indiretos*

Ao contrário do ganho direto, o ganho indireto (Ilustração 5) capta a energia solar por meio de uma parede coletora, como por exemplo uma parede de Trombe, em que esta se localiza entre o espaço que se pretende aquecer e o envidraçado.

Ao longo do dia a parede armazena radiação solar, transformando-a em energia térmica e transferindo-a para o interior do edifício por convecção e radiação (Moita, 2010).

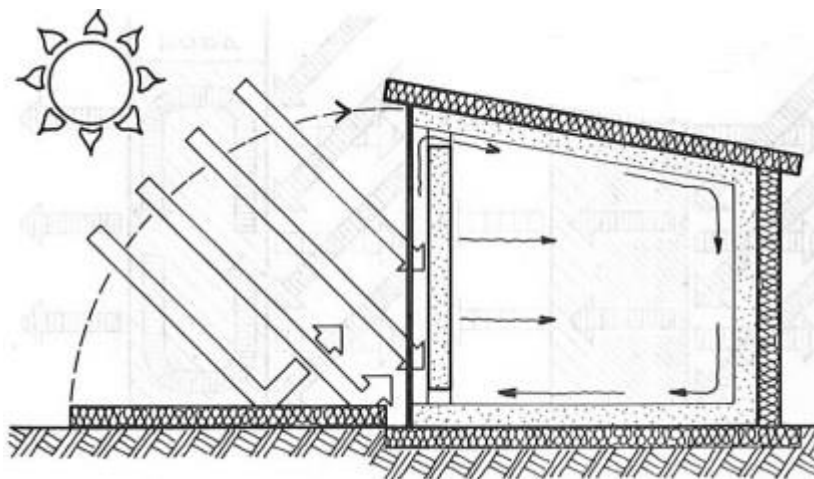


Ilustração 5 - Representação de sistema de ganho direto (Moita, 2010, Pág.80)

Uma vez que os espaços interiores não recebem radiação solar, os sistemas de ganho indireto, que têm propriedades de armazenamento e de inércia térmica, oferecem possibilidades de controlo da temperatura, existindo por isso uma variedade de paredes standard que se podem aplicar consoante o local, aconselháveis em climas de zonas de radiação direta na estação fria, a atividade e a materialidade (Ilustração 6) (Moita, 2010) (Mendonça, 2005).

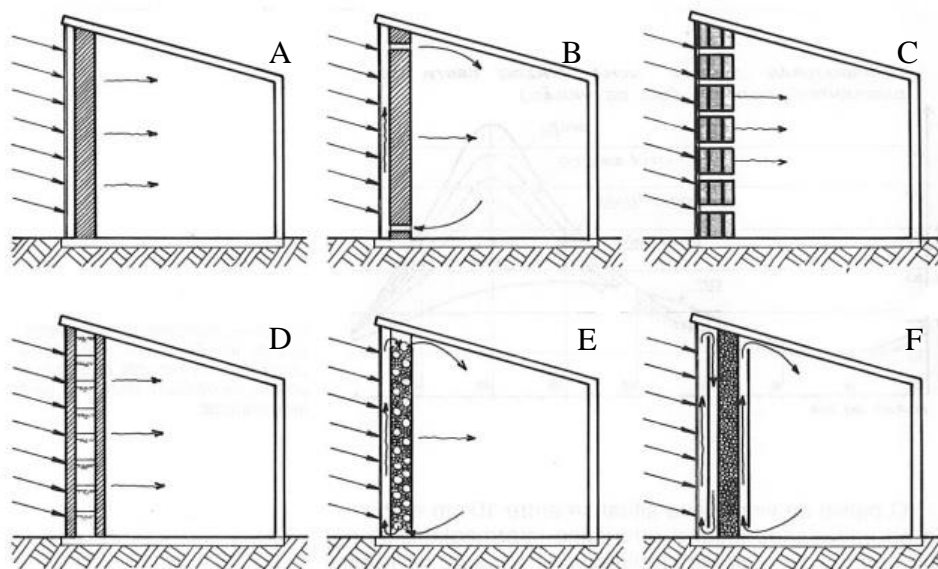


Ilustração 6 - Tipos possíveis de acumulação térmica: A) parede irradiante; B) parede com ventilação; C) acumulação com contentores de água; D) combinação de contentores de água e alvenaria; E) enrocamento e contentores; F) enrocamento e sistema de ventilação dupla independente. (Moita, 2010,Pág.81)

Este tipo de sistema de ganho indireto é um dos sistemas mais eficazes no aquecimento interior, mas tem como desvantagem os elevados custos de construção, uma vez que é necessária uma parede com muita inércia térmica.

2.2.3.3 Efeito de estufa

O efeito de estufa (Ilustração 7) acontece entre o espaço interior e o vidro, ou seja, compõe-se num espaço fechado coberto de vidro e de uma massa acumuladora, pavimento ou parede do compartimento (Moita, 2010).

É pertinente existir a possibilidade de se isolar (Ilustração 8) a estufa do resto do edifício no período de maior aquecimento (verão), dispondo-se de sistemas de ventilação, que podem ser dispensados no período de maior arrefecimento (inverno). Este tipo de sistema ajuda a melhorar o conforto interior tanto no verão, evitando o excesso de temperatura, como no inverno, permitindo que a temperatura aumente através dos raios solares que nela incidem.

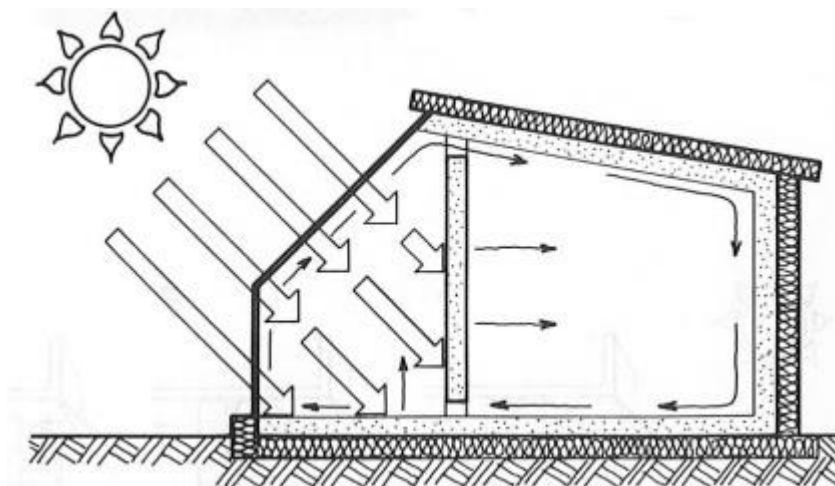


Ilustração 7 - Representação esquemática de uma estufa (Moita, 2010, Pág.85)

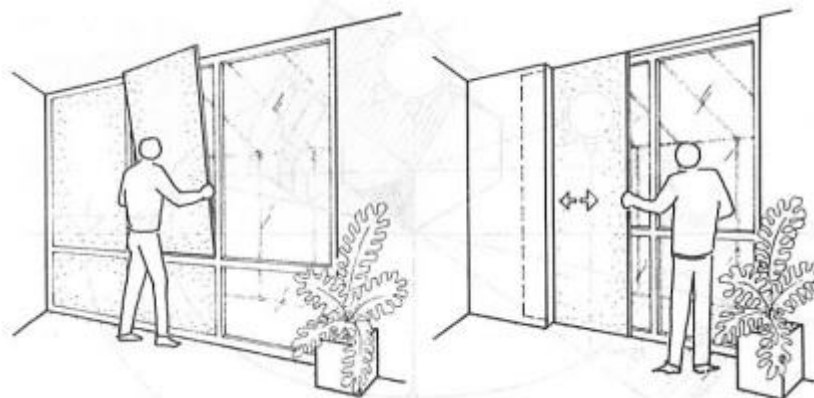


Ilustração 8 - Exemplos de isolamento da estufa, A) isolamento amovível sazonalmente; B) isolamento é recolhível diariamente. (Moita, 2010, Pág.89)

2.3 Energia Solar e Arquitetura

A Energia Solar é aquela que é oriunda da luz e do calor que provém do Sol. Esta atinge a superfície terrestre cerca de $1,5 \times 10^{18}$ kwh/a (Moita, 2010), ou seja, 25.000 vezes mais do que a humanidade consome.

Este tipo de energia é utilizado atualmente em diversas tecnologias para melhorar o conforto térmico dos indivíduos. Normalmente, é utilizada para aquecimento de água e de edifícios entre outras soluções.

2.3.1 Eficiência Energética

A Eficiência Energética deve fazer parte integrante de um projeto de arquitetura e deve ser entendida como um atributo inerente a qualquer edificação. Por essa razão, fazem parte de

qualquer projeto preocupações com a diminuição das necessidades de utilização de energia na iluminação, ventilação e climatização artificial.

O seu objetivo é melhorar o uso das fontes de energia, que devem ser racionalizadas. Podemos considerar que um edifício é eficientemente energético quando proporciona as mesmas condições interiores, mas com um baixo consumo de energia. Desta forma, o triângulo conceptual clássico de Vitruvius, definido pelos termos *firmitas, utilitas y venustas* (Brophy, Lewis, McNally, Walsh, & Finn, 2011), inclui a eficiência energética nos seus três vértices, que podem ser traduzidos em estrutura - que mantém a arquitetura na totalidade – função - onde se incluem os conceitos de conforto térmico, visual, acústico - e por último em beleza.

Desde os anos 70 do século XX que se nota um excessivo uso das energias, com origem nos combustíveis fósseis, designadamente o petróleo, o carvão e o gás natural. Recursos que não são renováveis e têm um grande impacto ambiental.

Em 1998 um estudo energético foi realizado a nível nacional em que concluiu que os edifícios representam cerca de 22% do consumo (Mourão & Pedro, 2012), o que corrobora a necessidade de desenvolver princípios para a utilização racional do uso de energia, uma vez que estes têm tendência a aumentar devido aos sistemas de condicionamento de ar.

Atualmente, um projeto de arquitetura bioclimática pode desenvolver-se na fase do desenho dos edifícios, tendo em conta o clima local e no aproveitamento dos recursos naturais do local onde este se insere, otimizando as condições de conforto térmico através de diversas estratégias (Brophy, Lewis, McNally, Walsh, & Finn, 2011) (Viqueira, Castrejón, & Velázquez, 2001).

Os princípios básicos da arquitetura bioclimática passam pela criação de áreas verdes, melhoramento da eficiência energética, redução do impacto ambiental e o uso dos recursos locais. Com isto, é possível procurar uma conformidade entre o clima, as condições locais, o desenho e os elementos arquitetónicos. Estes, quando são bem enquadrados e interligados entre si, geram uma otimização do conforto térmico e das relações entre o homem e a natureza. Isto é, na redução dos impactos ambientais e consciencialização do uso da eficiência energética no contexto da sustentabilidade – “suprir as necessidades da geração presente sem afetar a necessidade das gerações futuras de suprir as suas”³. É essencial pensar qual será o comportamento energético do edifício, uma vez que já existe um vasto conjunto de ferramentas para reduzir o consumo de energia, disponíveis tanto na fase de planeamento como na de construção.

Quando um projeto é desenvolvido e desenhado de acordo com estes princípios, é então possível garantir um conforto térmico no verão e no inverno sem recorrer a elementos mecânicos para esses melhoramentos (Joaquim, 2012).

Nesta fase de conceção de projeto não se pode considerar só a arquitetura a nível da estética, mas também considerar a melhor forma de aproveitar o espaço. O ambiente exterior ao edificado também é uma grande influência nas condições dos espaços interiores, ao nível do arrefecimento, aquecimento e iluminação natural, tirando melhor partido das condições naturais sem recorrer a elementos artificiais.

³ Relatório de Bruntland – 1987 cit. por PINHEIRO, Manuel Duarte. (Conselho Científico: Correia, F. N., Branco, F., Guedes M. C.) (2006) – Ambiente e Construção Sustentável, Lisboa: Instituto do Ambiente.

Pode então dizer-se que um edifício é bioclimático e energeticamente eficiente quando este é desenhado e pensado para a utilização de recursos naturais e locais, evitando ao máximo os recursos mecânicos e/ ou artificiais. Ou, dito de outra forma, “-a eficiência energética é a otimização que realizamos no consumo de energia”⁴.

Algumas ferramentas que garantem que o edifício seja energeticamente eficiente e bioclimático incluem também aplicação de sistemas de sombreamento para controlar os ganhos solares e controlar a entrada de luz natural de forma a desenvolver um ambiente mais confortável e, principalmente, evitando o uso de sistemas elétricos de iluminação.

2.3.2 Conforto Térmico

A condição de satisfação de um indivíduo face ao ambiente térmico do espaço, designado por conforto térmico, tem sido estudada desde o início do séc. XX. Em 1923, foi apresentado pela primeira vez o conceito de conforto térmico pela ASHVE – *American Society of Heating and Ventilating Engineers*, onde se nomeou o Índice de Temperatura Efetiva que incluía a temperatura, a velocidade do ar e humidade dos ambientes interiores. Este índice resultou de um estudo realizado com duas câmaras climatizadas ligadas entre si, em que uma tinha humidade relativa a 100 % e baixa velocidade do ar, enquanto a outra apresentava o oposto (Ruas, 2001). Este estudo derivou do trabalho conjunto de Houghten e Yaglou. Mais tarde, em 1925, num outro estudo realizado por Yaglou e Miller, acrescentou-se um novo elemento à

⁴ <http://www.portal-eficienciaenergetica.com.pt/conceitos.html> (consultado em 19 de janeiro de 2016)

temperatura efetiva, o efeito do vestuário, que descrevia o modo como o vestuário pode influenciar os resultados nos dois ambientes.

Ao longo dos anos seguintes foram realizados novos estudos por Missenard em 1935, por Winslow, Herrigton e Gagge no final da década de 30 do Séc. XX. Estes últimos integravam um novo parâmetro, o da temperatura operativa, onde se demonstra a importância da radiação térmica, isto é, “a temperatura uniforme de um recinto fictício negro radiante, no qual um indivíduo sofre perdas de calor por radiação e convecção iguais às do ambiente dado.” (Moret Rodrigues, Canha da Piedade, & Braga, 2009).

Ao longo de todos estes estudos registou-se uma evolução significativa para a definição de conforto térmico. Por essa razão, pode então afirmar-se que o conforto é um dos principais influenciadores na saúde e bem-estar dos indivíduos que utilizam os espaços interiores. Este é definido pela “condição da mente que expressa satisfação com o seu ambiente térmico” (Novosel, et al., 2004). Este relaciona-se não só com fatores físicos (desempenho e a qualidade do espaço), mas também com fatores pessoais (a forma como o indivíduo responde às condições do ambiente interior) e com fatores climáticos.

O ser humano experimenta uma sensação de conforto térmico quando existe um equilíbrio nas trocas de calor entre o corpo humano e o meio circundante, sendo que para isso o corpo tem de manter uma temperatura média de 36,1°C (R.Gicquel). Com base nestes dados, é possível definir que um ambiente é confortável sempre que estas trocas tenham lugar de forma equilibrada. Daquele conjunto de fatores, três deles dependem do ser humano: o metabolismo, e o vestuário; enquanto os restantes parâmetros fazem parte das variáveis ambientais,

designadamente a temperatura do ar, a humidade relativa do ar, a temperatura média, a velocidade do ar e a qualidade do espaço interior.

Uma vez que a população passa grande parte da sua vida em espaços fechados, é necessário ter em especial atenção as condições ambientes de conforto. A norma ISO 7730 constitui um importante recurso ao definir a “[...] condição mental que expressa satisfação com o ambiente térmico”. O metabolismo, ou seja, a taxa de utilização de energia pelo corpo, é um dos fatores influenciadores dessa condição mental. Esta pode ser dividida em duas partes: o metabolismo basal em que o corpo se encontra em repouso; e o metabolismo de atividade que se relaciona com o esforço físico podendo atingir 20 vezes o valor do metabolismo basal. Estes valores podem, porém, variar de pessoa para pessoa, uma vez que a área corporal difere.

A atividade física e o vestuário (Ilustração 9) são dois fatores que não se relacionam diretamente com a arquitetura, mas sim na maneira como cada qual sente o conforto individualmente nos espaços. A sua ação é sentida, por exemplo, quando se veste ou despe um casaco, ajudando a melhorar o conforto quando está mais frio ou aliviando o calor. Este tipo de ações pode então ajudar a regular os níveis de conforto em situações pontuais.

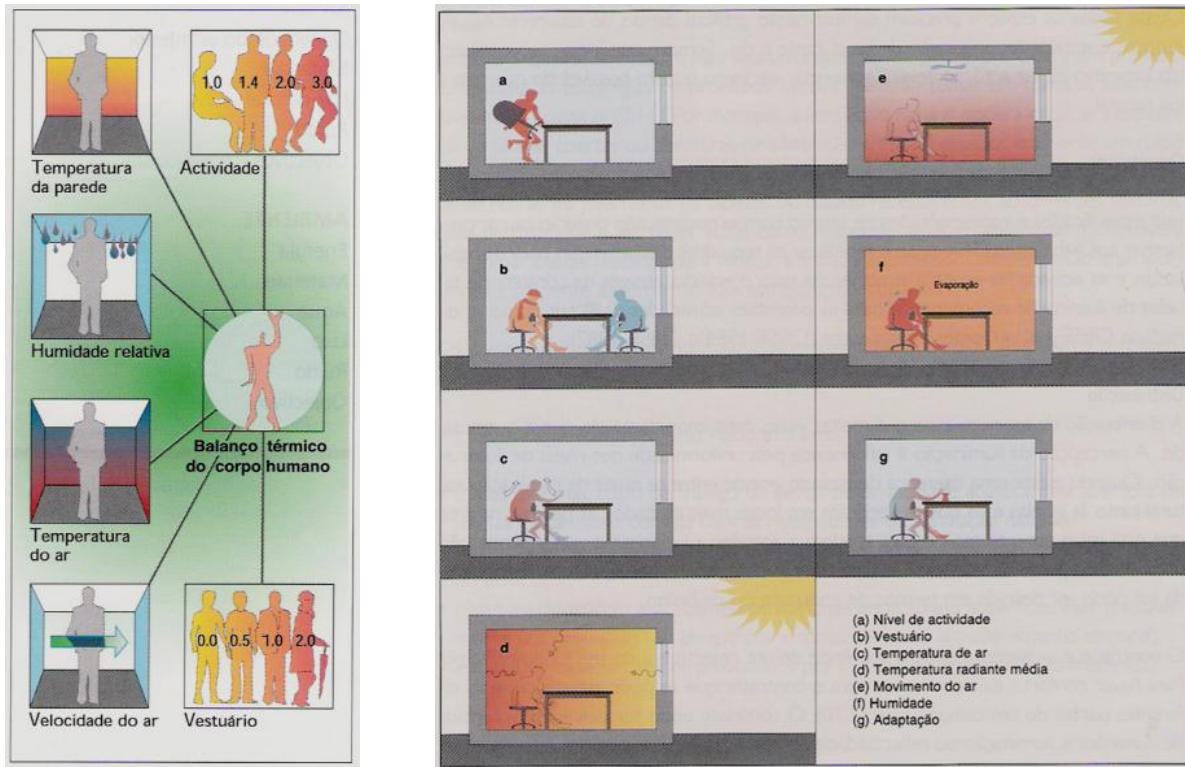


Ilustração 9 - Fatores com influência no conforto humano (*Brophy, Lewis, McNally, Walsh, & Finn, 2011*), Pág.26 e 27)

Os fatores ambientais, nomeadamente a temperatura do ar, a humidade relativa do ar, a temperatura radiante média e a velocidade do ar, têm consequências diretas de conforto num projeto de arquitetura e podem influenciar os valores dos espaços interiores quando estes não são pensados corretamente. A Norma ISO 7730 impõe que a assimetria da temperatura radiante entre as superfícies verticais deve ser inferior a 10°C (Vaz, 2011) enquanto a temperatura do pavimento deve situar-se entre 19 e 26°C .

As superfícies mal isoladas termicamente são uma das principais causas de desconforto térmico, uma vez que permitem uma transferência de calor elevado, obrigando à utilização de mecanismos que aqueçam o espaço no inverno e o arrefeçam no verão.

A velocidade do ar pode também contribuir para o conforto, no verão, uma vez que pode ser aumentada interiormente. Desta forma, a alteração da velocidade permite aumentar ou diminuir a sensação de temperatura, mantendo o conforto interno sem necessidade de alteração da temperatura do ar.

Em suma, pode-se concluir que para que um edifício seja termicamente confortável é necessário pensar em todos os fatores anteriormente referidos e ter em conta as necessidades individuais das pessoas que o habitam. Desta forma considera-se que a radiação solar e o conforto térmico podem estar relacionados entre si. Enquanto a radiação solar é a energia emitida pelo sol que incide na superfície, o conforto térmico é definido como um estado de espírito de satisfação e de expressão de bem-estar do ocupante relativamente às condições ambientais. Isto é, quando o sol incide numa superfície e esta transmite grande parte do calor para o interior do espaço, pode desenvolver-se um mau estar do ocupante. Por seu turno quando o espaço não recebe radiação solar suficiente, o indivíduo pode também manifestar um desconforto. Por esse mesmo motivo é importante, no contexto deste trabalho, que a arquitetura responda a estes dois cenários.

2.3.3 Iluminação natural

As aberturas nas fachadas foram, desde sempre, os pontos de contato com o exterior e que permitiam a entrada de iluminação para o interior. A qualidade e a intensidade de

iluminação são influenciadas pela orientação dos vãos em conjunto com os quadrantes solares e o seu ângulo. Do mesmo modo, são ainda influenciadas pela existência de objetos que obstruam a entrada de raios solares, como sistemas de sombreamento, vegetação e edifícios, por um lado e por elementos refletores que podem condicionar a entrada de luz pelos vãos dos edifícios, por outro.

Os vãos podem variar de dimensão ou forma consoante a função do espaço em que estes estão inseridos. Cada espaço requer uma luminosidade distinta, permitindo assim diferentes confortos visuais para os seus ocupantes, “[...] um fator psicológico que traduz o grau de satisfação dos indivíduos.” (Santos A. J., 2000).

A iluminação é um fator responsável pela quantidade de luz existente num determinado espaço, ou seja, o fluxo luminoso que o espaço recebe. Mas este fluxo não é distribuído uniformemente, não terá a mesma intensidade em diferentes pontos do mesmo espaço. Assim sendo esta falta de fluxo em determinados pontos pode ser minimizada com o auxílio de iluminação artificial em áreas com pouca entrada de luz natural.

Quando a luz incide num espaço com objetos refletores, esta é refletida e dessa forma ajuda na sua distribuição para o restante espaço. Esta reflexão depende também da cor e dos materiais dos objetos. Cores claras dão origem a mais reflexão dos raios solares (Olgay, 1998) enquanto as escuras são mais absorventes. Por exemplo, um espelho reflete luz, podendo desenvolver um desconforto visual para o indivíduo, enquanto um objeto opaco não reflete com tanta intensidade, melhorando assim o conforto visual ao mesmo tempo que possibilita que a luz chegue ao restante espaço.

Podemos assim concluir que a iluminação natural é importante e deve ser aproveitada no projeto de arquitetura, retirando benefícios da qualidade da luz natural, aproveitando a economia de energia, melhorando significativamente a qualidade visual e diminuindo a sensação de enclausuramento (Carvalho, 1995) quando permanecemos num determinado espaço.

2.4 Geometria Solar e Sombreamento

2.4.1 *Coordenadas solares*

Segundo Lamberts a Geometria Solar estuda o percurso do sol numa determinada localidade, num determinado dia/mês do ano e o tempo que este fica acima do horizonte (Lamberts, Dutra, & Pereira, 1997) . Para se estudar a geometria solar tem de se analisar a localização aparente do sol através da latitude e da longitude (ilustração 10) e, para um determinado dia e uma determinada hora, são necessárias coordenadas horizontais: o azimute e a altura solar.

A Longitude localiza um determinado local na terra através da representação em graus de 0° a 180° para Este ou para Oeste a partir do Meridiano de Greenwich, uma linha “imaginária” que liga o Polo Norte ao Polo Sul, que passa em Greenwich (Inglaterra) dividindo o globo em dois lados, Ocidente e Oriente.

A latitude é definida através do ângulo entre o plano do equador e a linha imaginária que une o centro da Terra ao local.

Em geral, pode-se assumir que a Longitude determina pontos em planos verticais paralelos ao Meridiano de Greenwich, e a Latitude determina pontos nos planos horizontais paralelos ao plano do Equador.

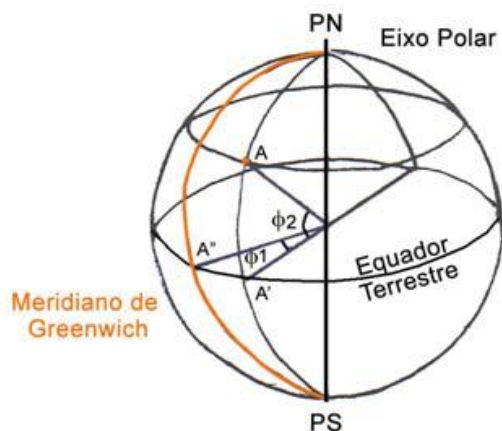


Ilustração 10 - Coordenadas Latitude e Longitude (Frota, 2004, Pág.31)

A altura solar e o azimute ajudam-nos a calcular a energia disponível ao longo do dia numa determinada superfície (Moita, 2010). A Altura Solar é o ângulo que a radiação solar faz com o plano do horizonte.

O azimute é o ângulo entre o plano vertical que contém a radiação solar e a direção correspondente a Sul.

O azimute e a altura solar (Ilustração 11) são coordenadas que determinam a posição do sol relativamente a um ponto da terra, variando ao longo do dia devido ao movimento de rotação

da Terra em torno do eixo polar, e variando também ao longo do ano devido ao movimento de translação da terra em torno do sol (Goulding, Lewis, & Steemers, 1992).

A altura solar é um fator determinante que ajuda a perceber qual a luz solar que o edifício irá receber tanto no verão como no inverno, e com esses valores é possível determinar ou prever as sombras que serão projetadas pelos elementos, quais os sistemas para o sombreamento a utilizar e qual o seu dimensionamento. (Frota, 2004)

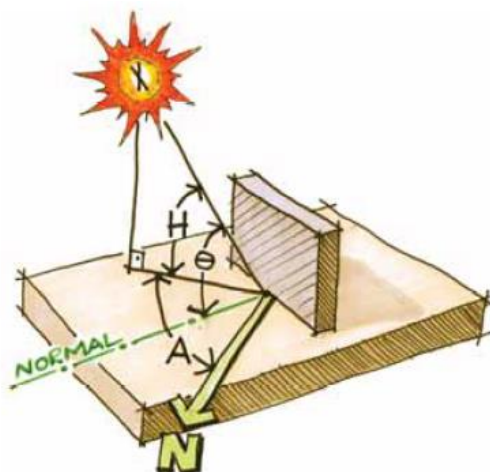


Ilustração 11 - Ângulo da Altura Solar (H); Azimute Solar (A) e ângulo de incidência (θ) (Goulding, Lewis, & Steemers, 1992,Pág.90)

2.4.2 *Solstícios e Equinócios*

Ao longo do ano percorremos quatro estações, dois equinócios e dois solstícios. Os equinócios ocorrem quando os raios solares cruzam paralelos ao plano do equador, o que significa que o dia e a noite tenham exatamente a mesma duração, 12 horas. (Frota, 2004).

Estes solstícios ocorrem em março e setembro. Em março entramos na primavera no hemisfério norte e em setembro entramos no outono no mesmo hemisfério (Ilustração 12).

Os solstícios ocorrem em junho e dezembro. Em junho, no início do verão (no hemisfério norte), a duração do dia é maior enquanto em dezembro ocorre o oposto, ou seja, entramos no inverno e o dia tem menos duração do que a noite. No hemisfério sul, sucede o inverso.

Uma vez que Portugal se encontra no hemisfério norte, os equinócios da primavera e outono têm lugar respetivamente a 21 de março e a 23 de setembro, onde os dias têm a mesma duração que as noites. Durante os equinócios os raios solares atingem o equador num ângulo aproximadamente de 0° .

Por sua vez, os solstícios ocorrem a 21 de junho e a 22 de dezembro, respetivamente o de verão e o de inverno. O solstício de verão (Ilustração 12) corresponde ao dia do ano com mais horas de sol, onde o meio-dia solar atinge a maior altura fazendo um ângulo consoante a latitude. No solstício de inverno (Ilustração 12), trata-se do dia mais curto do ano, ocorrendo o oposto.

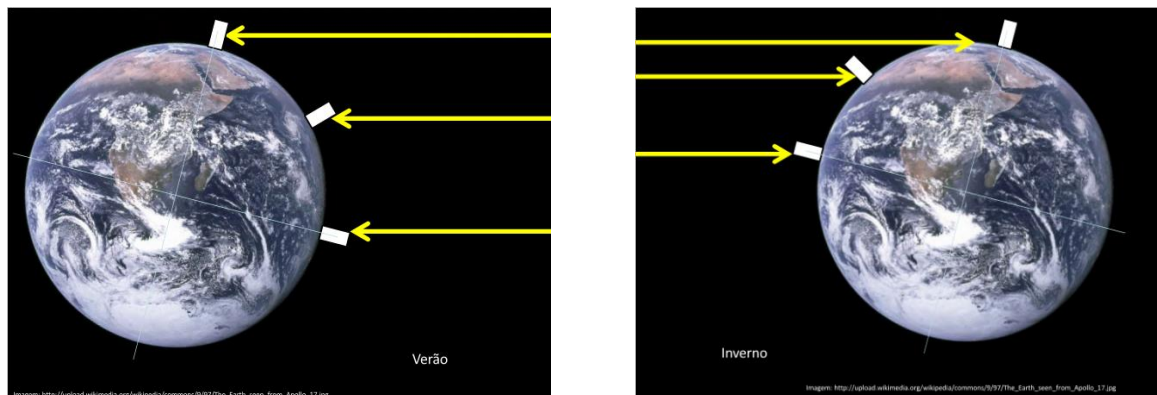


Ilustração 12 - Estações do Ano: Solstício de verão e de inverno (Professor Vasco Rato, Aulas de física das construções 2013/2014) com base em http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/97/The_Earth_seen_from_Apollo_17.jpg

2.4.3 Sombreamento

Os sistemas de sombreamento são um tema que tem vindo a ser melhorado e são cada vez mais um elemento importante para a arquitetura a nível funcional (conforto e eficiência energética), procurando responder às preocupações ambientais e ao conforto do ocupante do espaço.

O objetivo do sistema de sombreamento é evitar ganhos solares no verão (quando se quer evitar a entrada de calor) e permitir a captação de ganhos solares necessários no inverno. Para além desta vertente tem também um outro propósito igualmente importante: a iluminação, que permite a existência de um equilíbrio entre a luz que entra e a que necessitamos sem recorrer a iluminação artificial. Mas nem sempre é fácil equilibrar os dois elementos (sombreamento e

iluminação), sem afetar os principais requisitos que o sombreamento deve responder, conforto e eficiência.

Para um sombreamento eficaz é necessário ter em conta alguns fatores de modo a desenvolver um equilíbrio entre evitar a entrada de calor e incentivar a entrada de luz natural. Para que tal aconteça, é necessário desenvolver um adequado sistema de controlo solar, de forma a evitar a entrada de radiação solar quando é indesejada, garantir uma boa iluminação natural quando o espaço assim o necessita, mas garantindo um equilíbrio entre a luz incidida e refletida, evitando o ofuscamento e procurando um balanço entre uniformidade e contraste. Deve por isso permitir uma fácil visibilidade do espaço interior para com o exterior, ou seja, deve permitir uma otimização da visibilidade, mas ao mesmo tempo bloquear o excesso de raios solares no interior, considerando assim um bom conforto visual para o indivíduo que utiliza o espaço.

Da mesma forma que o sistema de sombreamento tem de garantir um controlo de raios solares no verão e uma boa iluminação natural, ele deve garantir o inverso no inverno. Ou seja, no inverno o sistema de sombreamento deve permitir a entrada de raios solares para o interior do espaço, de forma controlada e permitindo que aqueça o espaço sem se recorrer a sistemas mecânicos. Simultaneamente este sistema deve contabilizar a quantidade de iluminação natural com o propósito de não afetar o conforto visual do indivíduo.

Ao nível do exterior, o sombreamento deve tentar responder não só a questões funcionais, de segurança e de privacidade, mas também a soluções de estética, qualidade e inovação de forma a oferecer um caráter próprio ao edifício em concordância com o ambiente em que este se insere.

Os sistemas de sombreamento são um elemento importante na fachada e têm um papel fundamental para a imagem do edifício, sendo que devem apresentar-se como um elemento integrante do edifício e não como um elemento acessório à fachada. Para isso é necessário ter em atenção componentes visuais como o ritmo, a luz, a cor e a textura (Olgyay, 1998).

Ao nível da composição, forma e geometria existe uma variedade de sistemas, mas devem ser aplicados consoante o local, ambiente e requisitos climáticos onde se inserem.

Atualmente os sistemas de sombreamento são o único elemento que melhor controla os ganhos de calor, pelo que não devem apenas ser considerados sistemas estandardizados, mas sim desenvolver cada vez mais um melhoramento destes dispositivos, tirando partido das formas, vãos, materiais através de novas tecnologias. Desta forma é possível avaliar e prever rapidamente o seu comportamento e desempenho no edifício.

2.4.4 *Sombra*

A definição de sombra pode ser bastante intuitiva, podendo ser descrita como uma área escura formada pela ausência da luz proporcionada pela presença de um objeto.

No que toca a arquitetura, a definição de sombra pode ser mais complexa e inclui dois tipos distintos: auto sombra e sombra projetada (Kahn & Vassella, 1969). No primeiro tipo, considera-se a sombra projetada sobre o próprio corpo, por exemplo, uma pala que sombreia uma fachada de um edifício. O segundo tipo, a sombra projetada, corresponde à sombra que o edifício projeta no pavimento desenhando os contornos da fachada.

Consoante o tipo de objetos e a sua materialidade, a sombra pode sofrer alterações. Um objeto totalmente opaco não permite que exista qualquer passagem de luz, logo a sombra tem

mais definição, enquanto se um objeto for menos opaco, ou com uma materialidade de transparência, a luz passa numa quantidade mínima, conferindo alguma fluidez à sombra. Podemos por isso concluir que o objeto é o principal responsável pela luz que pode ou não passar através dele.

Este conceito já é estudado desde os anos 50 por Louis Kahn, que defende que *“uma planta de um edifício dever ser lida como uma harmonia de espaços na luz (...) Cada espaço deve ser definido por sua estrutura e pelo caracter de sua luz natural”*⁵.

Na arquitetura, pode-se controlar a sombra que se pretende receber e a sua intensidade através de sistemas de sombreamento e da sua materialidade. Tal como é explicado anteriormente, a luz pode ser controlada de forma a ser recebida de forma agradável e não indesejável.

2.5 Levantamento de sistemas de controlo solar

Ao longo dos tempos a forma como os sistemas de sombreamento podem fazer parte integrante do edifício sem danificar o seu carácter tem vindo a ser amplamente estudada. Para isso, é necessário perceber a sua evolução histórica e as diversas soluções adotadas. Este tipo de soluções está dependente das condições ambientais do local e da orientação solar, o que explica a elevada heterogeneidade de ideias ao longo da história, que se relacionavam necessariamente com a época em que surgiam.

⁵ Kahn, L. I., & Vassella, A. (1969). *Silence and Light*. Zurich.

Para se perceber a sua evolução, são apresentados alguns edifícios com sistemas de sombreamento utilizados na época em questão, e também um levantamento das que estão disponíveis atualmente no mercado, assim como a sua forma de aplicação e adaptação ao edifício de acordo com o local em que se inserem.

2.5.1 Evolução Histórica

Os sistemas de sombreamento têm vindo a evoluir e a adaptar-se ao longo dos tempos, sendo cada vez mais pensados e estruturados de forma a constituírem parte integrante da fachada e não um elemento adicional. Do mesmo modo, a influência das condições climáticas do local na seleção e implementação de sistemas de sombreamento é ainda um tema em discussão. Este exige um elevado número de estudos que esclareçam quais os meios adequados para tornar possível o seu desenvolvimento no conceito estético da arquitetura, ou seja, algo que não danifique o aspeto da fachada em que se insere (Patón, Janeiro 2006).

Um sistema de sombreamento merece bastante importância num edifício bioclimático uma vez que responde a questões relacionadas com o conforto e a eficiência energética, isto é, dá resposta ao excesso de radiação a que um edifício pode estar exposto.

Desde o tempo dos povos primitivos que se percebe a capacidade de adaptação do Homem e das suas construções. Estes já se preocupavam com o clima e as condições que o local poderia oferecer, desenvolvendo formas e técnicas para diferentes situações. Os primitivos utilizavam as peles dos animais para desenvolver abrigos que os protegiam, procurando obter um “ambiente” mais favorável. Este tipo de aplicação não é de todo o mais significativo, no entanto foi exemplo da capacidade de adaptação e constituiu uma forma de ajudar na evolução

destas aplicações. Já nesta época se pensava na orientação dos edifícios em resposta à observação do percurso solar de forma a garantir condições de conforto em períodos frios e nos períodos quentes. As cidades gregas (Ilustração 13) são um bom exemplo, uma vez que estavam orientadas de forma a usufruíu dos ganhos solares no inverno, evitando-os no verão.

Ao longo da arquitetura Romana Antiga foram aperfeiçoados dois tipos de sombreamentos: os fixos, como pórticos, e os móveis, sob a forma de coberturas de telas. O seu melhoramento foi visível no Coliseu de Roma, em que era possível enrolar e desenrolar conforme a radiação Solar desejada.

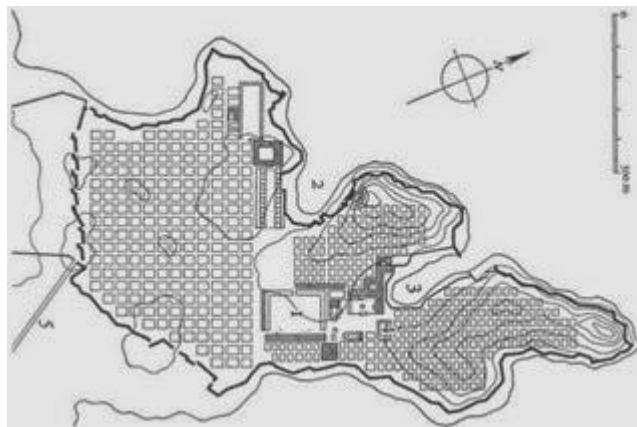


Ilustração 13 - Organização e distribuição das cidades clássicas – Estruturadas segundo eixo Norte-Sul. (Castro, Laura, Castro Elisa, 1999)

Até ao Séc. V eram utilizados vários tipos de sombreamentos fixos, como beirados e pórticos, e sombreamentos móveis, telas e panos, para controlo de entrada de luz e de radiação. Mas só a partir do Séc. XII, com o surgimento do estilo gótico, é que surgiram técnicas construtivas que tornaram estes sistemas mais subtil, através de estruturas de nervuras que

distribuíam o peso para os arcos, permitindo fachadas mais estreitas e com maiores vãos possibilitando maior entrada de luz no interior do edifício. O estilo gótico, embora garantisse maior entrada de luz, não garantia que estes sistemas fossem eficazes (Patón, Janeiro 2006).

No séc. XVI, em 1514 na *Procuratie Vecchie* em Veneza (Ilustração 14) eram utilizadas cortinas no interior e toldos com sistemas de roldanas no exterior, o que também se pode verificar em 1597 em *Hardwick Hall* em Inglaterra (Ilustração 15).



Ilustração 14 - Procuratie Vecchie, Veneza – 1514 (Quill Sarah, 1995)



Ilustração 15 - Hardwick Hall, Inglaterra – 1597 (Hurley Marcus, 2016)

Com o neogótico, introduzido por Eugène Viollet Le Duc no Séc. XIX, começa a ser implementado o processo industrial do ferro e do vidro, como por exemplo no Palácio de Cristal em Londres, em 1851. Estes materiais revolucionaram a história da arquitetura uma vez que esta passou a ter estruturas metálicas de pilares e vigas, proporcionando ambientes interiores mais atraentes. Mas as questões de desconforto térmico dos espaços ainda não tinham sido

abordadas, e por esse motivo foi pertinente pensar de que forma se poderia beneficiar da luz natural para melhor conforto interno dos edifícios da época.

Mais tarde no Séc. XX, na época do Movimento Moderno, não havia controlo no consumo excessivo da energia, nem a consideração pelo ambiente. Estes tipos de atitudes surgiriam apenas no conhecido “Estilo Internacional” (Guedes, 2005), onde as construções habitacionais eram estruturadas sem ter em consideração as condições e os recursos locais, originando o excesso de consumo ao nível da climatização e da luz artificial. Uma vez que estes edifícios eram construídos em massa e em altura, estavam diretamente expostos às radiações solares diretas, aumentando excessivamente a temperatura interior dos espaços e, conseqüentemente, o desconforto térmico. Tornava-se então pertinente o desenvolvimento dos sistemas de sombreamento. Frank Lloyd Wright e Le Corbusier foram exceções à regra pois apresentavam soluções onde a principal preocupação era o meio ambiente (Guedes, 2005) (Palhinha, 2009).

Em 1935, Le Corbusier e Jean- Prouvé, desenvolveram técnicas de fachadas ligeiras, ou seja, o fabrico em série e em monoblocos, concebidos com recurso a vários materiais como vidro, aço, alumínio e/ou madeira. Mais tarde perceberam quais são as propriedades dos materiais e o seu comportamento térmico face às construções, o impacto ambiental e o consumo de energia após esse confronto, começando a investir em sistemas que promovessem a redução desse mesmo impacto (Patón, Janeiro 2006) (Palhinha, 2009).

Le Corbusier desenvolveu os sistemas de sombreamento *Brise-Soleil* (palas verticais e horizontais) após perceber que desenhar um edifício com um invólucro de vidro comprometia o conforto no espaço interior devido ao excesso de radiação solar incidente na fachada. Os

Brise-Soleil melhoraram significativamente o conforto térmico no interior, bem como o controlo de entrada de luz natural. A unidade de habitação em Marselha (1947) (Ilustração 16) e o edifício *Mill Owners' Association* em Ahmadabad (1954) (Ilustração 17) são um exemplo dos sistemas de sombreamento por ele desenhado.



Ilustração 16 - idade de habitação em Marselha.
(Helm Joanna, 2012)



Ilustração 17 - Mill Owners' Association em
Ahmadabad. (Motaleb Architekten, 2014)

Nos anos 60/70 apareceram as chamadas fachadas duplas ou paredes-cortina (Palhinha, 2009), isto é, paredes constituídas por um vidro exterior que protege da chuva e do vento e um vidro translúcido no interior que permite a abertura para uma melhor ventilação natural. No espaço intermédio existe uma caixa de ar, onde o ar pode circular para evitar o sobreaquecimento do espaço interior. Este tipo de fachada tem benefícios, no verão, a nível estético e de iluminação, bem como eficiência energética e conforto térmico, no inverno este tipo de fachadas é prejudicial (Palhinha, 2009), (Patón, Janeiro 2006) (Guimarães, 2013).

Os anos 70 são marcados pelas crises energéticas, uma vez que neste período as construções sucederam-se sem dar importância aos recursos do local e aos excessivos consumos de energia. Dada essa escassez que se fazia sentir, foi necessário realizar estudos de forma a diminuir a sua utilização, mas sem perder o conforto dentro dos espaços interiores.

Uma das soluções que ainda hoje é aplicável, com cada vez mais importância na arquitetura, são os sistemas de sombreamento, que se foram adaptando a diferentes situações, locais e necessidades do beneficiário. Ainda hoje é pertinente estudar de que forma estes podem fazer parte da arquitetura e dar um carácter próprio ao edifício, sem se limitarem a ser um elemento adicional à fachada.

2.5.2 *Sistemas Solares passivos*

A estratégia passiva é assim designada por aplicar os princípios de projeto associados à otimização da radiação solar, da humidade do ar e do efeito do vento, aproveitando-os para manter os níveis de conforto térmico que são necessários para o bem-estar do ser humano. Diz-se então que o edifício é concebido com uma arquitetura solar passiva (Yeang, 1996).

Este tipo de desenho é concebido para que o interior reúna condições ambientais mais confortáveis (sustentabilidade ambiental) (Mourão & Pedro, 2012), quer no inverno quer no verão, de forma a não recorrer a fontes de energia convencionais. Tem ainda a particularidade de captarem a energia no inverno, quando necessário, e não permite a sua entrada no verão, quando se pretende evitar.

O desenho solar passivo aglomera três fatores importantes, designadamente arrefecimento, aquecimento e iluminação, e estes só podem funcionar quando estruturados com

características técnicas, funcionais e estéticas. Isto é, o edifício tem de estar projetado com uma orientação adequada, sendo este um dos primeiros fatores a considerar, uma vez que determina onde será a abertura dos vãos na fachada. Com um adequado sombreamento, é possível minimizar os ganhos solares no verão, quando o sol está mais alto, e no inverno permitir a entrada de raios solares, uma vez que o sol se encontra mais baixo. As fachadas a poente e a nascente são as mais difíceis de controlar, pois o sol encontra-se mais baixo e a radiação é mais direta.

Podemos assim concluir que para uma arquitetura solar passiva é necessário ter em conta a orientação, a geometria dos sistemas solares e as condições climáticas do local. Do mesmo modo, a caracterização dos espaços interiores e das atividades que lá decorrem constitui um fator decisivo, de forma a equilibrar um ambiente agradável para cada atividade, originando assim a diminuição de necessidade de aquecimento durante os períodos de frio e o arrefecimento nos períodos de maior calor (Olgay, 1998).

2.5.3 *Sistemas Solares ativos*

Ao contrário dos sistemas solares passivos, que procuram tirar o maior partido de fatores naturais, os sistemas solares ativos estão associados à utilização de equipamentos elétricos e mecânicos que ajudem na captação e armazenamento de energia solar e consequentemente forneçam essa energia sob a forma de energia elétrica. Dos sistemas solares ativos destacam-se os sistemas solares térmicos e fotovoltaicos (Mourão & Pedro, 2012).

Os painéis fotovoltaicos e os coletores solares são sistemas que podem ser incorporados nos edifícios de forma a produzir energia e aquecimento de água ou do ar com a tendência de

se tornar mais económica que os convencionais. Os painéis térmicos podem cobrir até 60% dos usos anuais de água quente (Mourão & Pedro, 2012) e servir também para climatização dos interiores, tendo vantagens como o baixo custo e baixo impacto ambiental. Os painéis fotovoltaicos recebem a luz do sol e convertem-na em energia elétrica, que pode ser diretamente usada, ou então pode ser armazenada para ser utilizada mais tarde.

Atualmente já existe uma grande percentagem de edifícios com estes sistemas, que por norma são colocados na cobertura ou na fachada, de forma a não danificar a arquitetura. Ainda que tenham um custo elevado são, no entanto, eficientes, silenciosos e exigem menos manutenção.

2.5.4 Classificação de Sistemas de Sombreamento

Para que os sistemas de sombreamento respondam às necessidades de conforto e sejam funcionais é necessário classificá-los em relação à sua função e à sua localização no edifício. Eles podem ser sistemas para o interior ou para o exterior, e há ainda uma subdivisão destes de acordo com as possibilidades de manuseamento, ou seja, a capacidade de serem fixos ou móveis.

Existe então uma elevada variedade de sistemas que se podem adaptar ao edifício para que resulte num ambiente mais confortável para os seus utilizadores. É também apresentado um novo sistema de vidros de controlo solar, que é uma das novas apostas na tecnologia e na evolução para um edifício energeticamente sustentável.

2.5.4.1 *Exteriores ou Interiores*

Os sistemas de sombreamento exteriores são mais eficazes do que os interiores uma vez que uma parte significativa da radiação solar direta não entra no espaço interior, podendo reduzir os ganhos até 80% (Brophy, Lewis, McNally, Walsh, & Finn, 2011).

Em Portugal, um sistema de sombreamento exterior é o mais apropriado, por questões de sombreamento, embora o sistema interior possa ser um bom suplemento no que toca ao controlo de iluminação.

Os sistemas exteriores, em comparação com os interiores, são mais dispendiosos tanto na instalação como na manutenção, no entanto estes representam um papel importante no carácter estético da fachada do edifício.

Quando estes sistemas exteriores são combinados com sistemas interiores de uma unidade de vidros duplos com caixa de ar com características que permitam uma ventilação adequada, permitem que os ganhos de calor sejam dissipados para o exterior, obtendo-se um ambiente interior termicamente confortável e protegido das condições climatéricas exteriores.

2.5.4.2 *Fixos e Móveis*

Existe no mercado uma variedade de sistemas de sombreamento fixos e móveis, mas os fixos, como palas horizontais e/ou verticais, galerias e arcadas são os mais frequentes na arquitetura. Apesar de serem elementos com uma longa história, apresentam uma desvantagem relacionada com o facto de só facultarem sombreamento de acordo com a estação do ano e o período do dia. Ou seja, numa estação ao meio do dia podemos ter excesso de entrada de luz e noutra estação pode limitar em demasia essa mesma entrada. Isto acontece por se manter sempre

na mesma posição ao longo de todo o ano. Para melhorar esse aspeto é necessário que o sistema seja dimensionado conforme o vão, orientação do edifício e o clima do local.

Por outro lado, existem também sistemas de sombreamentos móveis que podem ser controlados manualmente pelos utilizadores, como é o caso das portadas, toldos, estores de lâminas, cortinas, telas de rolo e persianas (Palhinha, 2009). Estes sistemas permitem que o utilizador os feche ou abra consoante a quantidade de raios solares que deseja receber no interior, melhorando também o isolamento térmico quando necessário (Palhinha, 2009).

Os sistemas de sombreamento fixo, principalmente os exteriores, são interpretados ou devem ser, como elementos de composição da fachada garantindo assim sombra aos vãos sempre que necessário.

Os sistemas de sombreamento móveis podem ser uma boa opção para a entrada de luz solar, uma vez que permitem aos utilizadores ajustarem-nos conforme as necessidades podendo ser manuseados pelos indivíduos, ou seja, podem-se deslocar, desviar, rodar, enrolar e/ou recolher, sendo que qualquer um destes movimentos tem consequências no comportamento solar (Vaz, 2011).

A vantagem dos sistemas de sombreamento móveis é que permitem ao utilizador a liberdade de mover o sistema de sombreamento conforme as necessidades do dia e controlar cada incidência solar que se verifica ao longo do dia.

Esta liberdade que o utilizador tem pode ser desvantajosa, uma vez que se estiver em causa um número elevado de utilizadores, como por exemplo um espaço de escritórios, pode beneficiar uns e prejudicar outros no que toca à entrada de luz e conforto dentro do espaço. Por outro lado, possuem ainda a desvantagem de serem mais dispendiosos do que os fixos, porque

incluem sistemas mecânicos que necessitam de manutenção e com o tempo vão-se degradando, necessitando por vezes de substituição.

2.5.4.3 *Sistemas avançados de controlo solar*

Atualmente existe um novo sistema de sombreamento exterior, constituído por células fotovoltaicas totalmente automatizadas, ou seja, que se movem conforme a inclinação do sol, temperaturas e luminosidade, mas que são igualmente dispendiosos (Palhinha, 2009).

Este sistema de sombreamento, vidros que permitem melhor controlo da entrada da radiação solar, até ao momento provou ser benéfico no controlo da entrada dos raios solares, iluminação natural e eficiência energética. É um sistema composto por dois vidros de baixa emissividade⁶ e uma caixa de ar com elementos próprios que quando se juntam proporcionam um equilíbrio no interior.

A utilização deste tipo de sistemas tem um avançado controlo solar que melhora as condições interiores no inverno, mantendo o calor no interior do espaço e equilibrando a temperatura interior sem que necessitem de sistemas mecânicos e melhora as condições interiores no verão uma vez que permite a entrada de luz, mas não permite a entrada de calor em excesso⁷.

Este sistema tem uma grande vantagem, uma vez que os vidros duplos de isolamento térmico, podem ser facilmente adaptados à fachada, tanto ao nível de leveza de material como

⁶ Capacidade de emissão de energia por radiação da superfície de um material.
<http://www.vif.pt/produtos/climalit/vidro-de-controlo-solar-e-baixo-emissivo/> - consultado a 05/02/2016

⁷ <http://www.vif.pt/funcoes/> - consultado a 05/02/2016

da sua transparência. No entanto tem duas desvantagens, o valor monetário, uma vez que estes sistemas são mais dispendiosos para já, e o facto de não conseguirem evitar a entrada de radiação solar na sua totalidade.

2.5.5 Sistemas de Sombreamento disponíveis no mercado

Ao longo deste estudo, foi efetuado um levantamento minucioso de sistemas de sombreamento e de empresas de comercialização que os disponibilizam no mercado. São analisados de acordo com a sua tipologia, materiais e mecanismos, bem como as vantagens e desvantagens que apresentam ao nível da estética, funcionalidade e do local em que são inseridos⁸.

Conforme a tecnologia e a arquitetura vão evoluindo, este tipo de sistemas e de empresas têm tendência a evoluir também. Contudo, e dado que se trata de uma lista extensa, serão apresentados apenas os sistemas que são maioritariamente utilizados nas diversas tipologias, bem como os mecanismos utilizados, materiais, formas e dimensões.

⁸ Ver Anexo 1.1 Sistemas de mercado: Empresas de comercialização

2.5.5.1 *Palas horizontais e verticais*

Tabela 1 - Tipo de Sistemas: Palas

Tipo de Sistema	Classificação	Orientação	Materiais	Empresas
Palas	Exteriores fixos	Vertical Horizontal	Corpo da Construção Alumínio Células Fotovoltaicas	Colt Levolux ShadeFactor ⁹

As palas horizontais e verticais¹⁰ são sistemas fixos exteriores e devem ser interpretados como sistemas inerentes ao edifício. Não esquecendo também a sua principal função, proteger dos raios solares quando necessário sem que se perca a iluminação natural.

Para que este tipo de sistemas (horizontal e vertical) funcione é necessário ter alguns aspetos em consideração, como a própria forma da pala, orientação, localização do edifício e condições climáticas e ambientais (Viqueira, Castrejón, & Velázquez, 2001).

Embora este tipo de sistema deva ser parte integrante da arquitetura (varandas, recuos de fachada) existem ainda sistemas que se podem agregar como elementos metálicos, lamelas e vidro que muitas vezes tem propriedades térmicas que melhoram o espaço interior.

⁹ Ver Anexo 1.1 Sistemas de mercado: Empresas de comercialização

¹⁰ Ver anexo 8.2.1 Sistemas de mercado: Imagens de sistemas comercializados – Palas

A aplicação de palas tem uma grande vantagem quando aplicadas na fachada Sul, na medida em que a altura solar da radiação incidente nesta orientação varia significativamente ao longo do ano, facilitando o seu controlo: é maior no verão, e menor no inverno.

Existe no mercado uma variedade de palas horizontais que podem fazer parte do projeto melhorando significativamente o conforto interior equilibrando a quantidade de luz natural e os ganhos térmicos no verão / inverno. As imagens seguintes mostram exemplos de palas horizontais e qual a quantidade de entrada de luz solar que incide no espaço.

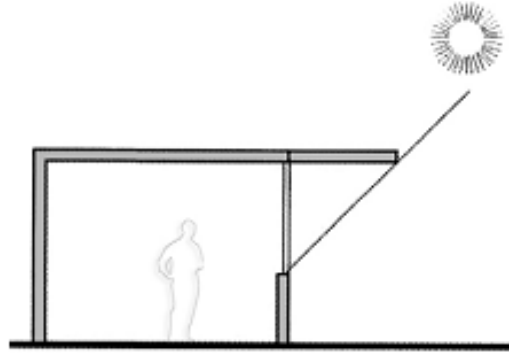


Ilustração 18 - Incidência sobre a pala Horizontal,
(Viqueira, Castrejón, & Velázquez, 2001), Pág.73

Enquanto as palas horizontais são mais indicadas para a fachada a Sul, já as palas verticais são mais adequadas para as fachadas a Este e Oeste uma vez que os raios solares se encontram mais baixos.

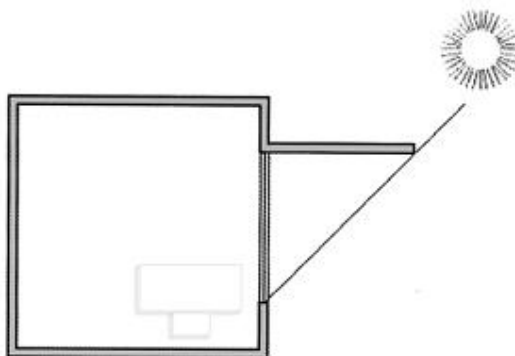


Ilustração 19 - Incidência Solar sobre pala vertical, (Viqueira, Castrejón, & Velázquez, 2001), Pág. 75

A desvantagem destes sistemas, para que sejam funcionais, exigem que se determine as dimensões (largura e comprimento) necessárias para que a sombra atinga o vão, mas nem sempre estas dimensões são as mais aconselháveis porque podem ser excessivas ao ponto de criarem demasiado impacto na fachada.

Este tipo de sistema funciona quando se tem em consideração alguns aspetos, tanto os sistemas horizontais como os verticais. Quando são bem dimensionados podem dar um grande impacto (positivo) à fachada dos edifícios, funcionando como barreiras face às condições exteriores, diminuindo a visibilidade do interior e ajudando no equilíbrio de temperatura o interior dos espaços principalmente em climas mais quentes (Olgyay, 1998).

2.5.5.2 *Lamelas ou Brise-Soleils*

Tabela 2 - Tipo de Sistema: Lamelas e Brise-Soleils

Tipo de Sistemas	Classificação		Orientação	Materiais	Empresas
Lamelas Brise- Soleils	Exteriores	Fixos	Verticais Horizontais	Metálicas Alumínio Vidro Madeira Painéis Fotovoltaicos Painéis Prismáticos	Controlsol Hunterdougl as
		Móveis			Levolux ShadeFactor Colt Schüco Bomin Solar Cruzfer Dynastore Saint- Gobain Extrusal Represtor
	Interiores	Móveis			

Os *brise-soleils*¹¹, que significa quebra-sol, são normalmente considerados elementos arquitetónicos que impedem a radiação solar direta no interior do edifício. Estes sistemas podem ser utilizados em vários materiais como betão, madeira, vidro e em alumínio, em forma de lâminas com diversas dimensões facilmente adaptáveis ao edifício, tanto a nível de forma como materialidade ou até aplicação.

¹¹ Ver anexo 8.2.3 Sistemas de mercado: Imagens de sistemas comercializados – Lamelas ou *Brise-Soleils*

Se as lamelas forem de betão são aplicadas na fase de construção, uma vez que passam a ser parte integrante do corpo construído. No caso de serem de alumínio são claramente mais leves e não necessitam de tanta manutenção. Os sistemas de vidro são um material que necessita de mais manutenção do que as lamelas de alumínio, mas em contrapartida diminuem o brilho no interior, permitindo grande entrada de luz natural no espaço. No caso de as lamelas serem em madeira, quando aplicadas no exterior necessitam de um tratamento prévio para que o material fique protegido tanto ao nível dos raios solares como das condições ambientais a que está sujeita.

Estas lamelas têm uma vertente fixa e móvel (Tabela 2), sendo que a móvel oferece ao utilizador a oportunidade de as mover conforme a sua necessidade e a possibilidade de controlar a incidência de luz que penetra o espaço.

Para que a sua aplicação seja exequível é necessário ter em atenção que, independentemente do material ou orientação, o coeficiente de sombra deve ser de 0.35 a 0.10 (Olgyay, 1998). As *Brise-Soleils* devem melhorar o comportamento de iluminação natural e quando são sistemas móveis, quer horizontais quer verticais, devem responder corretamente às necessidades de sombra que o edifício apresenta ao longo do dia.

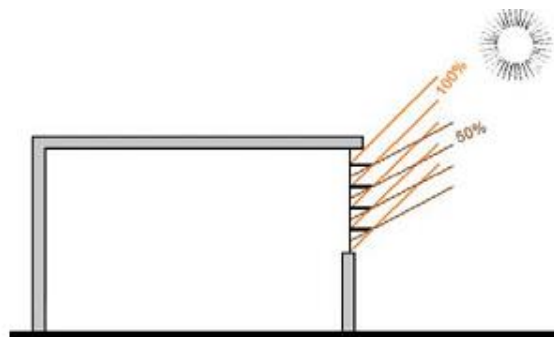


Ilustração 20 - Incidência solar sobre Brise-Soleils, (Viqueira, Castrejón, & Velázquez, 2001), pág.73

2.5.5.3 *Malhas Metálicas*

Tabela 3 - Tipo de sistema: Malhas metálicas

Tipo de Sistema	Classificação		Orientação	Designação	Empresas
Malhas Metálicas	Exteriores	Fixos	Traçados metálicos Sistemas em Tensão	Fios de aço inoxidável Metal Fios de metal, plástico e fibras	KabelMetaal GKD Cruzfer

As malhas metálicas¹², tal como os outros sistemas de sombreamento anteriormente referidos, têm como principal função filtrar e reduzir a entrada de raios solares permitindo ao mesmo tempo a entrada de luz solar no espaço interior. Estas malhas concebem ambientes e sofisticam as fachadas dos edifícios, uma vez que são aplicadas em vãos com grandes dimensões.

As malhas que são comercializadas (Ilustração 21) têm diferentes tramas o que confere uma maior versatilidade à fachada do edifício, desenvolvendo padrões e módulos que modificam a sua presença estética, transparência e sombra, desenvolvendo assim uma grande dinâmica na fachada para o observador.

¹² Ver anexo 8.2.4 Sistemas de mercado: Imagens de sistemas comercializados – Malhas metálicas

Como vantagem o aço inoxidável que constitui as malhas permite que estas possam resistir às condições climáticas do local. Consoante a inclinação da luz que incide, a malha pode desenvolver um efeito de opacidade ou transparência quando observada pelo utilizador. Este tipo de sistema pode necessitar de manutenção regular caso se encontre num local com condições climáticas extremas.

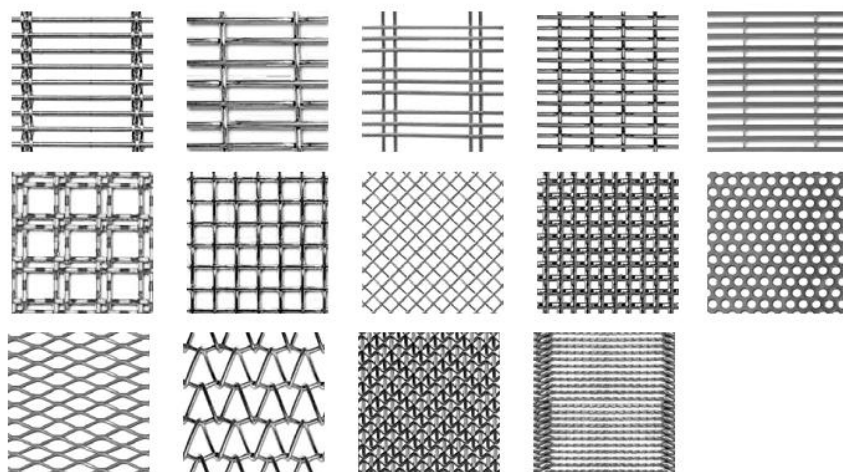


Ilustração 21 - Exemplo de tramas metálicas, Represtor

2.5.5.4 *Portadas*

Tabela 4 - Tipo de Sistema: Portadas

Tipo de Sistema	Classificação		Orientação	Materiais	Empresas
Portadas	Interiores	Móveis	Batente Deslizante	MDF Madeira Alumínio PVC	Extrusal Rollashield Schüco Alustore by siproflex Southo Arquijan Cubistral
	Exteriores				

As portadas¹³ são um tipo de sombreamento muito utilizado e que muito facilmente se encontra disponível no mercado. São normalmente aplicadas nos vãos, uma vez que são móveis e possibilitam ao utilizador a liberdade de os abrir ou fechar sempre que desejar. São normalmente em alumínio ou PVC e podem possuir lamelas ajustáveis pelo utilizador permitindo uma entrada de luz controlada e a circulação do ar.

Uma vez que se trata de um sistema muito utilizado, por ser de baixo custo, de simples aplicação e agregar-se com facilidade à fachada, permitindo assim que quando totalmente fechadas, possam funcionar como um sistema de segurança para o edifício.

¹³ Ver anexo 8.2.5 Sistemas de mercado: Imagens de sistemas comercializados – Portadas

2.5.5.5 *Venezianas*

Tabela 5 - Tipo de Sistemas – Venezianas

Tipo de Sistemas	Classificação		Materiais	Empresas
Venezianas	Interiores	Móveis	Madeira Alumínio PVC	Luxaflex Hofesa MHZ Levolux Controlsol Shadefactor Schüco Dynastore Griesser Tecnolight Verosol Cubistral Represtor RetroSolar Warema Alustore Cruzfer
	Exteriores			

As venezianas¹⁴ podem ser utilizadas tanto no interior como no exterior, tratando-se de um sistema composto por lâminas que podem ser controladas tanto de forma manual como motorizada. Quando este sistema é aplicado no interior basta ser em madeira, mas quando é

¹⁴ Ver anexo 8.2.6 Sistemas de mercado: Imagens de sistemas comercializados – Venezianas

aplicado no exterior é conveniente que seja de um material mais resistente e de fácil aplicação à estrutura. Este tipo de sistema é versátil, possibilita ao utilizador orientar as lâminas de forma a proteger o espaço interior do excesso de raios solares e permite controlar a luz natural que possa entrar.

Para que as venezianas cumpram os principais requisitos é necessário ter em conta alguns aspetos: quando estão aplicados no interior o coeficiente de sombra aumenta, de 0,53 a 0,75, dependendo do material e da cor; quando aplicados no exterior, o coeficiente de sombra deve ser de 0,15 (Olgyay, 1998) (Palhinha, 2009).

2.5.5.6 *Estores de bandas horizontais*

Tabela 6 - Tipo de sistemas: Estores de bandas horizontais

Tipo de Sistema	Classificação		Materiais	Empresas
Estores de bandas horizontais de Rolo	Exteriores	Móveis	Alumínio PVC	Alustore Represtor Rollashield Griesser Controsol Cubistral AlumínioNelugo Arquijan Warema

Os estores de bandas horizontais são constituídos por um conjunto de réguas dispostas na horizontal que por norma quando abertos são amovíveis na vertical para uma caixa colocada no topo do vão. Este tipo de sistema é comercializado no mercado em alumínio e PVC¹⁵.

Tratando-se de um sistema económico e de fácil aplicação à estrutura, tem a vantagem de ser utilizado tanto manual como automaticamente. Para além disso cumprem a função de sombreamento e de circulação do ar no interior do espaço. Têm, porém, a desvantagem de impedir a entrada de luz e o contacto visual com o exterior quando estão a sombrear o espaço, nas horas de maior intensidade de radiação solar.

2.5.5.7 Telas de rolo ou Estores verticais

Tabela 7 - Tipo de Sistema: Telas de rolo ou Estores verticais

Tipo de Sistema	Classificação		Orientação	Materiais	Empresas
Telas de Rolo Verticais	Exteriores	Móveis	Corrente Mola Manivela Monitorizado	Tecido Ripas de Madeira PVC	Shadefactor Griesser Tecnolight Controlsol MHZ Hofesa Dynastore Represtor Lutron Levolux Cruzfer Verosol

¹⁵ Ver anexo 8.2.7 Sistemas de mercado: Imagens de sistemas comercializados – Estores de bandas horizontais

					AluminioNelugo Warema
	Interiores			Filtro Solar	Solscreen Cruzfer Dynastore

O sistema de rolos¹⁶ é economicamente acessível e tem bastante procura, uma vez que permite a possibilidade de ser colocado tanto no interior como no exterior. É um sistema simples constituído por um poliéster com uma caixa e guias laterais, com diversas cores disponíveis e que impedem a entrada de luz na totalidade quando cumprem a função de sombreamento.

O sistema interior tem como função evitar a entrada de luz, mas não promove com a mesma eficácia o arrefecimento do espaço, porque o modo como os raios intersectam o envidraçado resulta no aquecimento da superfície interior. No exterior podem ser utilizados para evitar o excesso de calor.

A desvantagem deste sistema é não permitir um equilíbrio entre a entrada de luz natural e o sombreamento. Ou seja, se estiver a sombrear, a entrada de luz natural é quase nula. Se pelo

¹⁶ Ver anexo 8.2.8 Sistemas de mercado: Imagens de sistemas comercializados – Telas de rolo

contrário permitir a entrada de luz, então este por sua vez não cumpre a função de sombreamento.



Ilustração 22 - Exemplo de sistema de tela de rolo: Corrente, Mola, Manivela e Motorizado. Controsol

Este tipo de sistema deve ter um coeficiente de sombra que varie consoante a localização, material e cor. Ou seja, se for interior de cor escura deve ser de 0,81, se pelo contrário for interior de cor clara deve ser de 0,40. No caso de ser exterior de cor intermédia deve então ser de 0,25 (Olgay, 1998).

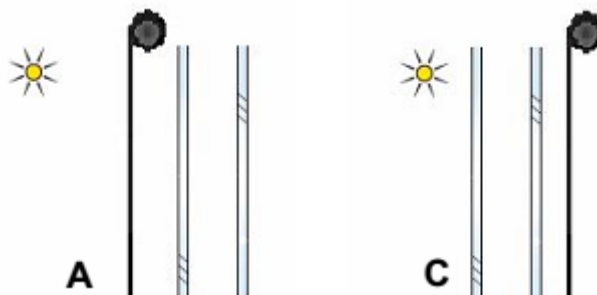


Ilustração 23 - Incidência solar sobre a tela, quando exterior ou no interior (Santos I. D., 2007)

2.5.5.8 Cortinas

Tabela 8 - Tipo de Sistemas: Cortinas

Tipo de Sistemas	Orientação	Materiais	Empresas
Cortinas	Romanas Plissados Bandas verticais Paineis deslizantes	Tecido transparente, trasnlúcido ou opaco PVC	Levolux Hofesa Sunroll MHZ Controlsol Represtor Tecnolight Dynastore Warema

As cortinas são um sistema interior amovível maioritariamente em poliéster ou tecidos¹⁷. Por norma funcionam como um sistema decorativo e complementar a outro sistema de sombreamento com maior eficácia. São normalmente aplicados no topo do vão, com um perfil na horizontal, possibilitando ao utilizador a liberdade de os mover de forma a permitir a entrada de luz no espaço interior ou então ocultar alguma percentagem de luz quando o utilizador a fecha.

Atualmente, este tipo de solução também está disponível no mercado com um sistema mecânico, de modo que podem ser abertos ou fechados automaticamente.

¹⁷ Ver anexo 8.2.9 Sistemas de mercado: Imagens de sistemas comercializados – Cortinas

2.5.5.9 Toldos

Tabela 9 - Tipo de Sistema: Toldos

Tipo de Sistemas	Classificação		Orientação	Materiais	Empresas
Toldos	Exteriores	Fixos		Policarbonato Lona PVC	Tecnolight MHZ Griesser Sunroll Shadefactor Cruzfer Minimax Toldodesign Dynastore Warema
		Móveis	Cassete Articulados Deslizantes		

Por norma este tipo de sistemas¹⁸ é aplicado no exterior em zonas da fachada que necessitam de sombreamento solar. Uma vez que são frequentemente aplicados numa fase posterior à construção, têm como desvantagem o desenquadramento relativamente à arquitetura do edifício.

No mercado podem-se encontrar sistemas fixos e móveis. Os sistemas móveis são articulados ou deslizantes, e podem ter variados tamanhos de acordo com a área que se pretende cobrir. Os sistemas fixos estão limitados, uma vez que quando aplicados só abrangem a área que o comprimento do mesmo permite.

¹⁸ Ver anexo 8.2.10 Sistemas de mercado: Imagens de sistemas comercializados – Toldos

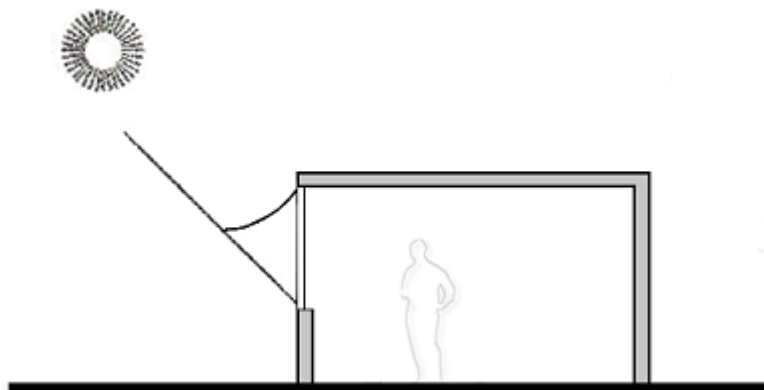


Ilustração 24 - Incidência solar sobre os toldos, (Viqueira, Castrejón, & Velázquez, 2001), Pág.74

2.5.5.10 Vidros avançados de controlo solar

Tabela 10 - Tipo de Sistema: Vidros avançados de controlo solar

Tipo de Sistemas	Materiais	Empresas
Vidros de Controlo Solar	Tela amovível Lâminas amovíveis e orientáveis Painéis capilares translúcidos Rede metálica Grade de madeira Filtro ou película solar	Retro Solar Okalux Solscreen 3M Pilkington Saint-Gobain

Este tipo de sistema¹⁹, ao contrário dos anteriores, entrou recentemente para o mercado, razão pela qual é o mais dispendioso. Os vidros que utiliza têm propriedades de baixa transmissão espectral que ajudam na redução dos ganhos de calor solar, mas simultaneamente devem ter uma alta transmissão de luz visível, não comprometendo assim a luz natural no interior do espaço (Palhinha, 2009).



Ilustração 25 - Esquemas de inter-camadas em vidros duplos, Okalux

Os sistemas de vidros avançados de controlo solar podem ser constituídos de três formas. A primeira, para além de ser dispendiosa, tem também como desvantagem o facto de no inverno, quando se necessita de maiores ganhos de calor, não os permitir porque se trata de um sistema permanente porque é aplicada uma película entre dois vidros, que funciona como filtro solar e reduz os ganhos até 80%.

O segundo sistema em vez de aplicar a película, coloca painéis, que impedem a convecção do calor, permitindo assim que estes se tornem eficientes tanto na proteção solar como na difusão da luz (Palhinha, 2009).

¹⁹ Ver anexo 8.2.11 Sistemas de mercado: Imagens de sistemas comercializados – Vidros avançados de controlo solar

A empresa Okalux dispõe dos sistemas de sombreamento acima referidos, mas com um sistema de lâminas de sombreamento entre os vidros, oferecendo proteção solar e permitindo a entrada de luz natural e visibilidade para o exterior (casos as lâminas não estejam ativas). Este sistema pode ser modificado consoante a localização geográfica e as necessidades do utilizador, tendo a possibilidade de recorrer a diferentes perfis de lâminas e de enquadrar a posição com as necessidades ao longo do dia e da estação do ano.

Estes sistemas, embora funcionem como uma boa alternativa aos sombreamentos solares e exijam menos manutenção, apresentam como desvantagem a necessidade de criação de uma caixa de ar, uma vez que não vêm preparados para tal. Podem também ser encontrados no mercado sistemas de redes, grelhas metálicas ou de madeira, que podem ser incorporados de modo a oferecerem diferentes graus de transparência e cor à fachada do edifício (Palhinha, 2009).

3 Projeto Individual

A realização do estudo sobre os sistemas de sombreamento disponíveis reforça a necessidade de desenvolver um sistema que consiga providenciar sombreamento quando necessário e manter um equilíbrio lumínico. O presente capítulo apresenta então um estudo de sistemas de sombreamento que procuram responder a preocupações como a integração arquitetónica, o equilíbrio da iluminação natural e a otimização de sombreamento, cuja eficácia depende da localização e do clima. Neste projeto considera-se o estudo a partir de uma localização em Sines, Portugal.

3.1 Apresentação do Projeto

O projeto em estudo diz respeito a um Centro de Investigação Marítima em Sines. Esta cidade do distrito de Setúbal é considerada a primeira cidade portuária de Portugal bem como uma das principais cidades industriais do país.

A indústria, a pesca e alguma agricultura constituíram a base da atividade económica do concelho até ao final da década de 60. Mais tarde, no governo de Marcello Caetano, entre 1968 a 1974, foi criado o grande porto industrial em Sines, com intenção de dotar Portugal de maior autonomia em setores fundamentais, designadamente energia e transformação de matérias-primas. Esta profunda transformação da cidade acabaria, porém, por resultar num conjunto de consequências negativas que seriam identificados mais tarde, tanto ao nível paisagístico como ambiental, com forte impacto na qualidade de vida da população local (Sines, s.d.).

Entre 1972 e 1981 a população sofreu um aumento de aproximadamente 92% devido ao desenvolvimento industrial, sendo que os sectores primários sofreram com esta alteração, em grande parte devido aos grandes níveis de poluição. Por essa razão, em 1982 realizou-se a primeira “Greve Verde” motivada por um conjunto de descargas que se fizeram sentir na costa norte da cidade (Sines, s.d.).

Atualmente Sines possui um dos portos industriais com maior influência em Portugal, devido às excepcionais condições de profundidade marítima que a tornam num local relevante para a atividade portuária. Nos dias de hoje, coexistem na cidade dois portos industriais, uma refinaria de Petróleo, indústrias da Petroquímica e uma zona industrial logística (ZIL).

Uma vez que Sines se trata de uma cidade demasiado dependente da atividade industrial, mas também da pesca, tornou-se pertinente o desenvolvimento de um projeto que tivesse como benefício a melhoria da qualidade de vida da população local. Ainda que o aumento da indústria, e, conseqüentemente, da população, acabe por prejudicar o setor piscatório, sobretudo devido aos impactos ambientais.

A criação de um Centro de Investigação Marítima é então justificada pela necessidade de fazer face a estes impactos da poluição na qualidade de vida quer dos pescadores quer da população em geral. Este centro está preparado para receber varias áreas de estudo como a biologia marinha, a geologia, engenharia mecânica e geofísica. Todas estas áreas funcionam em conjunto com o objetivo comum de melhorarem a qualidade da água local.

O departamento de biologia marinha foca-se no estudo de todos os organismos que vivem em águas salgadas, bem como na relação entre eles e o ambiente. O departamento de

geologia é por sua vez responsável por projetos para o desenvolvimento das ciências do mar. O departamento de engenharia serve de apoio ao desenvolvimento de projetos e de equipamentos que ajudem na exploração dos fundos marinhos, bem como a manutenção dos meios já existentes.

Por último, o departamento de geofísica suporta o estudo de compreensão da estrutura, composição e dinâmica do planeta Terra, no âmbito da física. Em todos estes departamentos trabalham investigadores especializados em cada uma das áreas de estudo, mas favorecendo o desenvolvimento de equipas multidisciplinares com o objetivo comum de melhorar a qualidade da água, o sector piscatório e a qualidade de vida dos habitantes.

Para além de laboratórios o Centro inclui também salas de aula, que podem ser utilizadas para apresentar amostras e resultados recolhidos ao longo dos tempos, bem como preparar futuros investigadores que poderão ingressar nos Centro de Investigação Marítima.

3.1.1 Conceito do Projeto

Esta dissertação complementa o trabalho prático, o Centro de Investigação Marítima, tendo como propósito o desenvolvimento de um sistema de sombreamento otimizado que se enquadre arquitetonicamente com o edifício.

Inicialmente é necessário entender quais os fatores que podem condicionar a sua função de sombrear, ou seja, estudar qual a posição do sistema (vertical/horizontal) consoante a sua localização. Após a determinação da posição mais favorável, são concebidos alguns exemplos em maquetes/esboços que serão submetidos a teste para avaliar e prever a intensidade da radiação solar incidente após a aplicação do sistema de sombreamento.

Este estudo possibilita então a determinação do sistema de sombreamento mais adequado de acordo com fatores como o local de implantação, a orientação e a intensidade de calor e luminosidade que podem ser favoráveis para a função do edifício. Para esse efeito, e após o estudo anteriormente apresentado, conclui-se que o sistema de sombreamento exterior e fixo é o que melhor se pode enquadrar no projeto do Centro de Investigação Marítima em Sines. Este sistema é exterior por cumprir de forma mais eficiente no controlo dos raios solares, um fator especialmente crítico para um clima quente como o de Portugal. Por outro lado, a escolha de um sistema fixo é justificada pela maior economia no que diz respeito à montagem e manutenção.

Serão então realizados vários testes com este tipo de sistema de forma a encontrar-se um equilíbrio para o controlo da radiação solar no que diz respeito à entrada de calor e aos níveis de iluminação adequados no interior, de forma a não se tornar desconfortável térmica visualmente para os utilizadores.

3.1.2 Objetivos do Projeto

O principal objetivo deste estudo é procurar cooperar para uma melhor otimização dos sistemas de sombreamento, tanto a nível da sua função como no equilíbrio luz-sombra.

Para que essa otimização e equilíbrio sejam encontrados, o projeto apresentado irá explorar qual o melhor sistema de sombreamento tanto na sua eficácia lumínica como na otimização da diminuição de brilho. Ou seja, encontrar um equilíbrio entre ambos de forma a melhorar não só o desempenho energético do edifício como o conforto corporal e visual do indivíduo que habite o espaço.

3.1.3 *Estratégia do Projeto*

Para que este estudo seja válido é necessário desenvolver uma estratégia que englobe dois fatores fundamentais a serem estudados numa primeira fase: as coordenadas geográficas (localização exata do edifício) e o conhecimento dos dados climáticos do local (tipo de clima). As coordenadas geográficas (latitude 37.9572 e longitude -8.8609²⁰) permitem ajudar a perceber quais os ângulos solares para o local em concreto. Em relação aos dados climáticos, estes possibilitam perceber qual o momento do ano com mais calor, ou seja, o período em que é mais necessário o sistema de sombreamento. Neste caso de estudo a temperatura média de Sines é de 16.9°C²¹.

Numa fase posterior do estudo serão adicionados dois fatores: a utilização a dar ao edifício (habitação unifamiliar, escritórios, hospital etc.) e a orientação do vão que será intervencionado com o sistema de sombreamento – o que em Portugal, por norma, consiste no(s) vão(s) a Sul e/ou a Nascente.

Neste caso, sabe-se a localização do edifício e qual(is) o(s) vão(s) que necessita(m) de um sistema de sombreamento (orientação) e o tipo de clima que se encontra no local. Uma vez esclarecidas estas informações, pode-se avançar para o desenvolvimento de um sistema de sombreamento adequado.

²⁰<http://www.distancesfrom.com/pt/Sines-latitude-longitude-Sines-latitude-Sines-longitude/LatLongHistory/1503516.aspx> consultado em 28/04/2016

²¹ <http://pt.climate-data.org/location/7107/> consultado em 28/04/2016

Após a obtenção dos dados acima referidos, são delineados os tipos de vão de forma a apresentarem uma leitura Interior-Exterior, isto é, desenhar vãos que permitam aos utilizadores usufruírem da vista que estes possibilitam, juntamente com uma intenção arquitetónica e permitindo que estes façam parte integrante da leitura do edifício. Assim que os vãos estão pensados e desenhados, são realizados estudos de dimensões dos componentes horizontais e verticais, sendo que o maior foco será nos elementos horizontais.

Estes estudos serão realizados com ajuda da ferramenta de cálculo OIKONET/ISCTE-IUL Energy efficiency HorShading (Ilustração 26) e recorrendo a um modelo 3D em Revit para estudos das sombras de acordo com a latitude e com o período de maior necessidade de sombreamento.

OIKONET A global multidisciplinary network on housing research and learning

Open Online Course
Housing Design: from Concept to Fabrication

ISCTE IUL
University Institute of Lisbon
School of Technologies and Architecture

Calculation of horizontal shading - South/North facing windows
June 2015 | Vasco Rato

Location	<input type="text"/>	N/S?				
Latitude [°]	<input type="text"/>		Please, indicate North or South			

	Shading/Sunlight until...	Use Max Solar Altitude?	Angle [°]	Max solar altitude [°]	Solar radiation coming from...
Day for total shading	<input type="text"/>	1 <input type="text" value="yes"/>	<input type="text"/>	#VALOR!	#VALOR!
Day for total sunlight	<input type="text"/>	2 <input type="text" value="yes"/>	<input type="text"/>	#VALOR!	#VALOR!

h [m]	<input type="text"/>				
a [m]	#VALOR!				
b [m]	#VALOR!				

$$a = \frac{h}{\tan 1 - \tan 2}$$

$$b = \frac{\tan 2 \cdot h}{\tan 1 - \tan 2}$$

Ilustração 26 - OIKONET MOOC Energy efficiency HorShading realizado pelo Professor Vasco Moreira Rato, cedido a 09/05/2016 para estudo do dimensionamento das palas horizontais.

O estudo é realizado para vãos que têm como base 1.20 e 2.00 metros de altura, permitindo assim vista para o exterior, ventilação do espaço e também a entrada de luz natural tanto no inverno como no verão. Esta altura pode variar consoante a necessidade de reduzir os elementos horizontais de forma a se obterem os melhores resultados, sombreamento no verão e entrada de luz solar no inverno.

Inicialmente será realizado um estudo só para palas horizontais, uma vez que estas não afetam a vista do interior para o exterior e permitem a entrada de luz natural.

3.1.4 Explicação sobre o Tema (Radiação solar e Clima em Sines)

3.1.4.1 Caracterização do local

O estudo do dimensionamento dos elementos de sombreamento solar depende da localização geográfica e do clima, neste caso, o local de intervenção é em Sines, Portugal, com uma latitude de 37,95° e com temperaturas médias de 20° a 23° C nos meses de junho a setembro²².

Uma vez que se localiza no Hemisfério Norte e dada a sua latitude, os sistemas de sombreamento devem responder à necessidade de sombrear a Nascente, Sul e Poente, sendo que a Nascente e a Poente são simétricos e a altura solar é inferior do que a Sul.

²² Excel “Sines Clima 021115” realizado pelo Professor Vasco Moreira Rato cedido a 18/12/2015 para o estudo do clima em Sines

Ao nível do clima, Sines caracteriza-se por temperaturas quentes, com uma temperatura média anual de 16.9°C, sendo o mês de agosto o mais quente e o mês de janeiro o mais frio. (Ilustração 27).

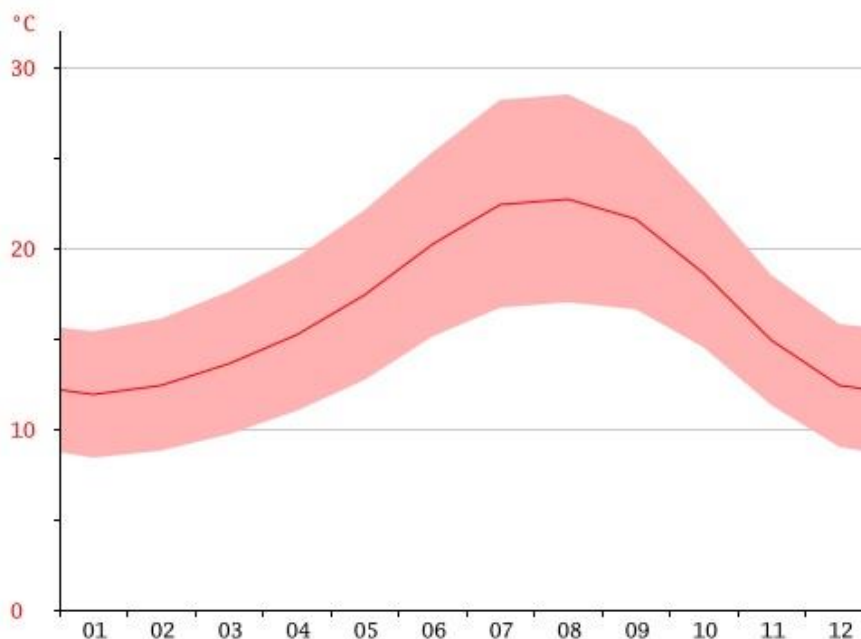


Ilustração 27 - Temperatura de Sines com base em <http://pt.climate-data.org/location/7107/> consultado a 23/06/2016

De acordo com estas temperaturas percebe-se que o verão é o período do ano em que se exige a presença de sombreamento, uma vez que os raios solares são mais fortes e deseja-se que o interior do espaço seja mais fresco que o exterior, ou seja, que receba o mínimo de raios solares possível.

Assim sendo, durante os primeiros estudos, com a ajuda do excel OIKONET ²³, foi necessário perceber quando se devia ter sombra total para que esta se prolongasse até finais de setembro, uma vez que é até esse momento que é necessário sombreamento. Deste modo foi considerado o intervalo de 11 de março a 30 de setembro como o período onde se teria sombra total. Todavia esta escolha tem como condicionante o facto de o sombreamento ter início mais cedo do que o necessário. Ou seja, para se ter sombra total no dia 11 de março (o que resulta de se pretender sombra total até 30 de setembro) começaria a sombrear em meados de fevereiro, mas neste mês ainda se deseja a luz solar no interior do espaço uma vez que ainda está no inverno e as temperaturas ainda são reduzidas reforçando a necessidade dos raios solares para aquecimento do espaço.

Devido a estas condicionantes são ponderados diversos fatores, tais como o momento em que é realmente importante sombrear, e qual o melhor dimensionamento da pala consoante o período de tempo que se deseja com total sombra.

O intervalo de tempo em que é mais importante sombrear, dada a localização da implantação, é entre maio e setembro durante as 10h00 e as 15h00 horas uma vez que o sol está mais alto e a radiação solar é mais intensa, tendo mais facilidade de sobreaquecer o espaço interior.

Para dar continuidade a este estudo, e para se perceber o comportamento da radiação solar determinado horário, é necessário perceber as coordenadas solares para Sines. A tabela 11

²³ OIKONET MOOC Energy efficiency HorShading realizado pelo Professor Vasco Moreira Rato, cedido a 09/05/2016 para estudo do dimensionamento das palas horizontais.

refere-se ao início do verão e a tabela 12 é referente ao final do verão entre as 10h00 da manhã e as 16h00 da tarde.

Tabela 11 - coordenadas solares de Sines a 21 de junho de 2016 com base em http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php consultado a 23/06/2016

HORAS	AZIMUTE	ALTURA
10H00	101.92°	53.53°
11H00	117.93	64.66°
12H00	148.51°	64.66°
13H00	200.04°	74.70°
14H00	236.48°	67.16
15H00	254.84°	56.35°
16H00	266.44°	44.70°

Tabela 12 - coordenadas solares de Sines a 30 de setembro de 2016 com base em http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php consultado a 23/06/2016

HORAS	AZIMUTE	ALTURA
10H00	132.21°	36.98°
11H00	149.40°	44.47°
12H00	170.43°	48.55°
13H00	193.05°	48.17°
14H00	213.53	43.45°
15H00	230.07°	35.52°
16H00	243.17°	25.63°

É necessário relembrar que foram realizados alguns estudos de palas através da ferramenta OIKONET ²⁴ que revelaram que para se ter sombra total em setembro as palas ganhariam dimensões absurdas.

Estes estudos têm como função perceber quais as alterações que são necessárias para que as palas tenham dimensões que se possam considerar compatíveis, e integradas, com o projeto arquitetónico. Para isso é necessário abdicar de algum elemento, ou da época em que se sombreia ou da dimensão dos vãos, de forma a equilibrar tanto a dimensão das palas como a sombra que estas podem proporcionar no verão.

3.1.4.2 Desenho e dimensionamento dos elementos horizontais nos equinócios e nos solstícios

Para este estudo foram desenvolvidos dois tipos de vãos com diferentes alturas, para se poder testar várias dimensões dos sistemas de sombreamento. Com isso tenta-se encontrar uma relação que seja proporcional ao vão.

Os exemplos a seguir apresentados neste capítulo mostram as várias soluções que não foram viáveis e a respetiva justificação. De notar que se tratam de exemplos meramente representativos e foram pensados para dois tipos de vão, um com 1.20 metros e outro com 2.00 metros de altura.

Foram realizados estudos com palas horizontais de forma a evitar as desvantagens de utilização de palas verticais, tais como a redução da visibilidade do utilizador do espaço.

²⁴ OIKONET MOOC Energy efficiency HorShading realizado pelo Professor Vasco Moreira Rato, cedido a 09/05/2016 para estudo do dimensionamento das palas horizontais.

Estes vãos foram assim pensados para que, para além de fazerem parte integrante da fachada, permitam também visibilidade para o exterior independentemente de os utilizadores estarem sentados ou de pé, permitindo também a ventilação natural caso o ocupante assim o deseje.

As proporções que as palas horizontais ganham variam com a altura do vão e a época em que se deseja sombrear. Consegue-se prever essas dimensões através da ferramenta OIKONET, com a ajuda da latitude, da localização, juntamente com o dia que se deseja sombra total e a altura do vão. Este dá informações relativas à dimensão da pala e se deve ou não subir acima do vão.

As fórmulas adotadas suportaram o cálculo da dimensão da pala ($a = h / \tan \alpha_1 - \tan \alpha_2$) (Ilustração 28) e da altura que deve distanciar-se do vão ($b = \tan \alpha_2 \cdot h / \tan \alpha_1 - \tan \alpha_2$) (Ilustração 28).

Location N/S?

Latitude [°]

Please, indicate North or South

Shading/Sunlight until...

Day for total shading

Day for total sunlight

h [m]

a [m] #VALOR!

b [m] #VALOR!

Use Max Solar Altitude?

1	yes	<input type="text"/>	#VALOR!	#VALOR!
2	yes	<input type="text"/>	#VALOR!	#VALOR!

Angle [°]

Max solar altitude [°]

Solar radiation coming from...

$$a = \frac{h}{\tan 1 - \tan 2} \quad b = \frac{\tan 2 \cdot h}{\tan 1 - \tan 2}$$

Ilustração 28 - Exemplo do cálculo da dimensão da pala horizontal. OIKONET MOOC Energy efficiency HorShading realizado pelo Professor Vasco Moreira Rato, cedido a 09/05/2016 para estudo do dimensionamento das palas horizontais.

Com este programa, consegue-se facilmente obter resultados e proceder a uma análise de sensibilidade aos valores obtidos de forma a otimizar o desenho dos elementos de sombreamento. Juntamente com este programa é realizado um modelo 3D em Revit, onde se podem observar as sombras resultantes dos sistemas de sombreamento, permitindo avaliar de que forma afetam o interior do espaço.

Neste estudo é pertinente perceber como se comporta a sombra num determinado espaço, tanto nos solstícios como nos equinócios. Sendo que os equinócios são simétricos e ocorrem em março e setembro, conclui-se que a sombra vai assumir as mesmas dimensões em

ambos os períodos. Os solstícios são os períodos do ano em que o sol está mais alto (no caso dos solstícios de verão) e ou mais baixo (nos solstícios de inverno).

Deste modo neste subcapítulo é apresentados um total de 26 exemplos em função da altura da janela (1.20m ou 2.00m), do tipo de pala de sombreamento e das datas consideradas para o cálculo da sombra. Para cada altura de janela, as palas consideradas são de três tipos: distanciadas do vão, junto ao vão ou duplas. Foram consideradas, para cada altura de janela e para cada tipo de pala, quatro datas para o cálculo de sombras, agrupadas de acordo com o período do ano que se quer analisar.

3.1.4.2.1 Palas distanciadas do vão, nos dias 20 de junho e 21 de setembro

Neste subcapítulo são apresentados dois exemplos de palas que estão distanciadas do vão, e foram estudos feitos para duas datas distintas, no dia 20 de junho e no dia 21 de setembro. Na ilustração 29 são perceptíveis os ângulos solares que o vão irá receber nas datas estipuladas ao meio dia solar, ou seja, em ambos os vãos no dia 20 de junho ao meio dia solar irá estar totalmente em sombra, contudo, no dia 21 de setembro ao meio dia solar os vãos irão estar totalmente ao sol. Isto significa que a sombra vai perder intensidade ao longo do verão.

O segundo exemplo apresentado (Ilustração 30) foi estudado para os dias de 20 de março e 21 de setembro, para ambos os vãos. Neste caso de estudo o raciocínio mantém-se o mesmo, ou seja, os ângulos apresentados na ilustração representam a sombra que os vãos irão receber no dia 20 de março ao meio dia solar e o sol que irão receber no dia 21 de setembro ao meio dia solar.

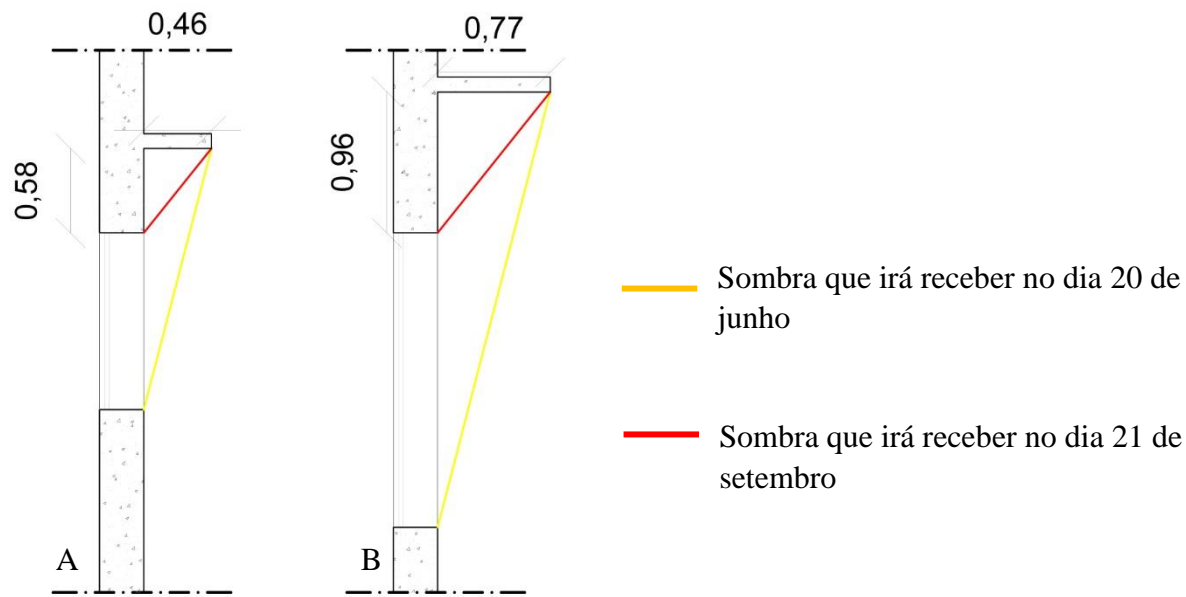
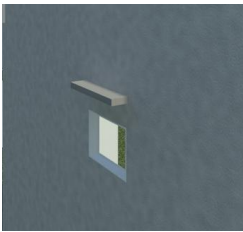
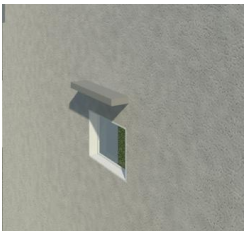
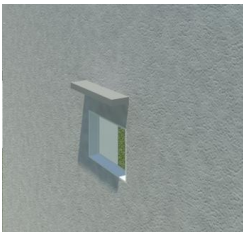





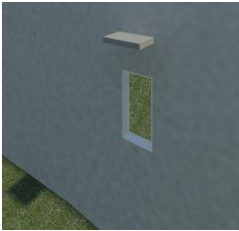

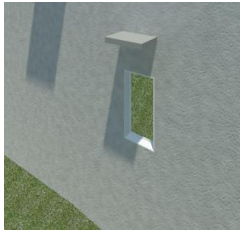



Ilustração 29 - Corte de vãos. A) 1.20 m, B) 2.00 m com indicação dos ângulos solares nos dias 20 de junho e 21 de setembro. (Realizado pelo autor)

No exemplo a seguir pode-se verificar como será a sombra nos vãos no dia 20 de junho e o sol que irão receber no dia 21 de setembro às 10h00, às 12h00 e às 15h00. Com o 3D realizado em Revit é possível compreender o modo como a sombra se comporta nestes dias e horários. Esta tabela serve como exemplo de como será apresentado o estudo, sendo que as restantes serão apresentadas em anexo²⁵.

²⁵ Ver anexo 7.3.1: Estudos realizados para vãos com 1.20 metros e 2.00 metros de altura com uma pala horizontal nos solstícios e equinócios

Tabela 13 - Exemplo modelo 3D com pala horizontal, uma com 0.46 cm e com 0.77 cm respectivamente para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura nos meses de junho e setembro. (Realizado pelo autor)

Altura do Vão	Hora	20 de junho	21 de setembro
1.20 m	10h00		
	12h00		
	15h00		

2.00 m	10h00		
	12h00		
	15h00		

Nesta tabela é perceptível que no dia 20 de junho, tanto num vão como no outro, é aquele que recebe sombra no vão inteiro, enquanto que no dia 21 de setembro os vãos já estão ao sol. Isto significa que ao longo do verão os vãos começaram a receber sol, consequentemente em setembro estão em sol na totalidade. Este resultado não está de acordo com o objetivo pretendido, isto é, que a sombra se prolongasse até aos finais de setembro.

3.1.4.2.2 Palas distanciadas do vão, nos dias 20 de março e 21 de setembro

Neste subcapítulo são apresentados outros dois exemplos de palas que estão distanciadas do vão, e para duas datas distintas, no dia 20 de março e no dia 21 de setembro. Na ilustração 30 é perceptível os ângulos solares que o vão irá receber nas datas estipuladas ao meio dia solar.

Este estudo refere-se aos dias 20 de março e 21 de setembro, considerando-se os mesmos horários, 10h00, 12h00 e 15h00. A tabela 14 referente a este estudo será apresentada em anexo²⁶.

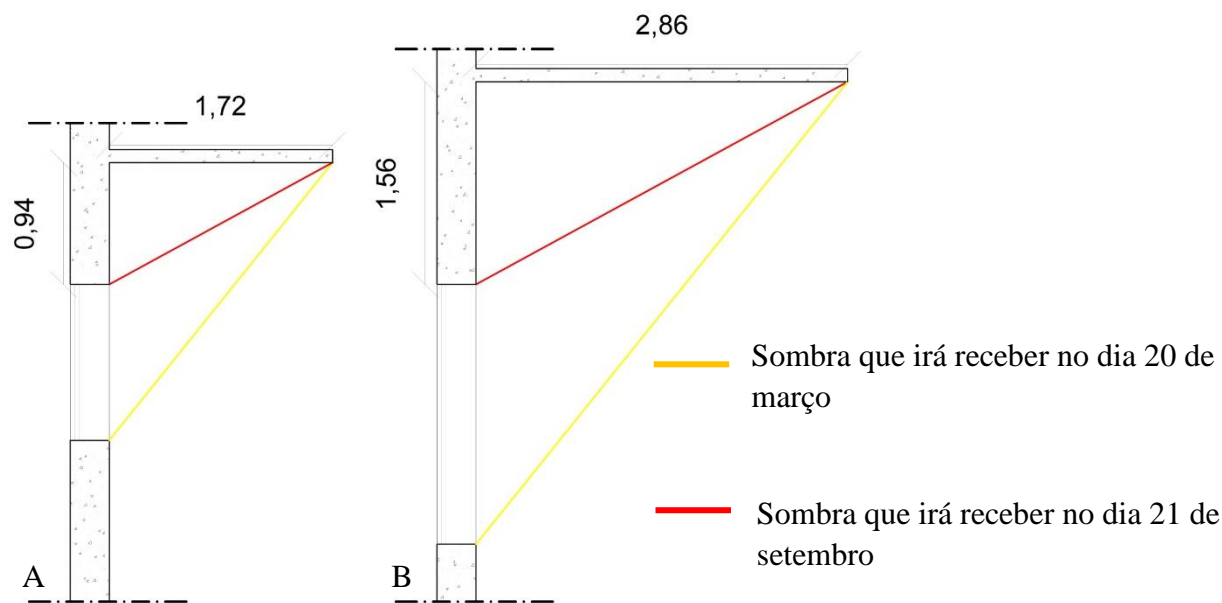


Ilustração 30 - Corte de vãos. A) 1.20 m, B) 2.00 m com indicação dos ângulos solares. (Realizado pelo autor)

²⁶ Ver anexo 7.3.1.1: Palas distanciadas do vão (dia 20 de março e 21 de setembro)

No estudo de palas para estas duas datas, é perceptível que para se ter sombra total até finais de setembro (objetivo que resulta da necessidade de limitar a entrada de radiação solar num momento do ano em que as temperaturas exteriores são ainda elevadas) seria necessário começar por sombrear a partir de março, sendo isso uma desvantagem uma vez que no mês de março ainda se deseja entrada de luz solar. Para além dessa desvantagem as palas horizontais necessitariam de ter dimensões consideráveis e neste estudo não é isso que se pretende.

3.1.4.2.3 Palas junto ao vão, nos dias 20 de junho e 21 de setembro

Após a apresentação dos estudos acima referidos, segue-se um outro estudo onde se estipula uma nova condicionante: o elemento horizontal vai ficar junto ao vão e serão apresentados os mesmos vãos e as mesmas datas apresentadas anteriormente, (20 de junho e 21 de setembro).

No corte em baixo (Ilustração 31) é perceptível qual o ângulo de sombra nos dias 20 de junho ao meio dia solar e no dia 21 de setembro ao meio dia solar, em ambos os vãos, 1.20 metros e 2.00 metros de altura. Contudo esta pala não tem capacidade para sombrear durante todo o verão. A simulação 3D encontra-se em anexo²⁷ e demonstra como se comporta a sombra nos dias 20 de junho e no dia 21 de setembro.

²⁷ Ver anexo 7.3.1.2: Palas junto ao vão (dia 20 de junho e 21 de setembro)

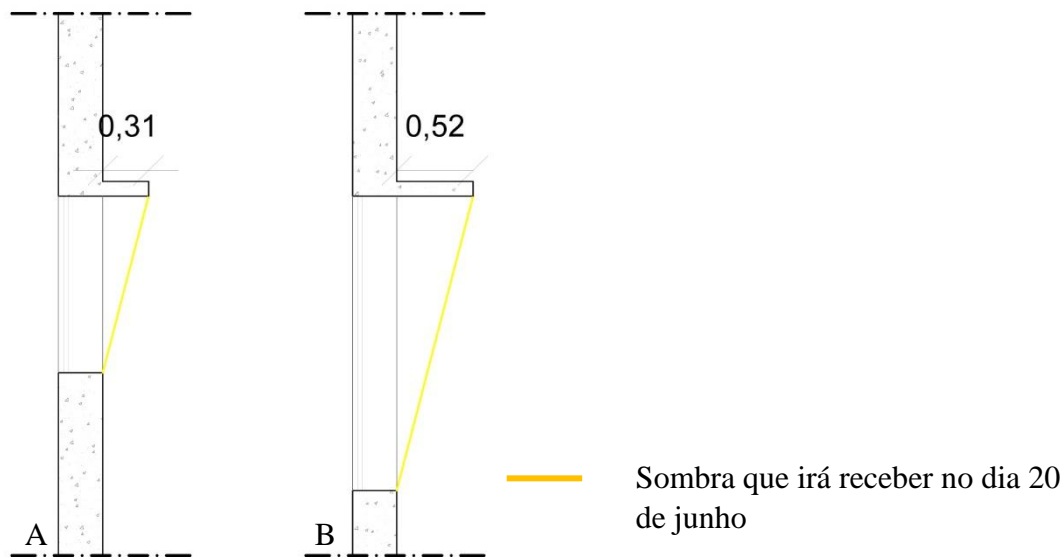


Ilustração 31 - Corte de vãos. A) 1.20 m, B) 2.00 m com indicação dos ângulos solares. (Realizado pelo autor)

Neste exemplo entende-se que estas palas cumprem a sua função no dia 20 de junho, sem, no entanto, conseguirem cumprir até ao final do verão. Percebe-se pela tabela 18 que a 20 de junho os vãos estão totalmente em sombra, no entanto, a 21 de setembro os vãos estão praticamente com sol total. Em contrapartida estas palas não têm dimensões excessivas, sendo agradáveis para quem olha para o edifício e não danificam a sua estética.

3.1.4.2.4 Palas junto ao vão, nos dias 20 de março e 21 de setembro

A ilustração 32 ajuda a perceber como se comporta o ângulo de sombra nos dias 20 de março e 21 de setembro no meio dia solar. Estes tipos de palas sombreiam o vão na totalidade

tanto numa data como na outra. Pretende-se sombra total ao longo do verão (de junho a setembro), no entanto, é uma desvantagem receber sombra total no mês de março.

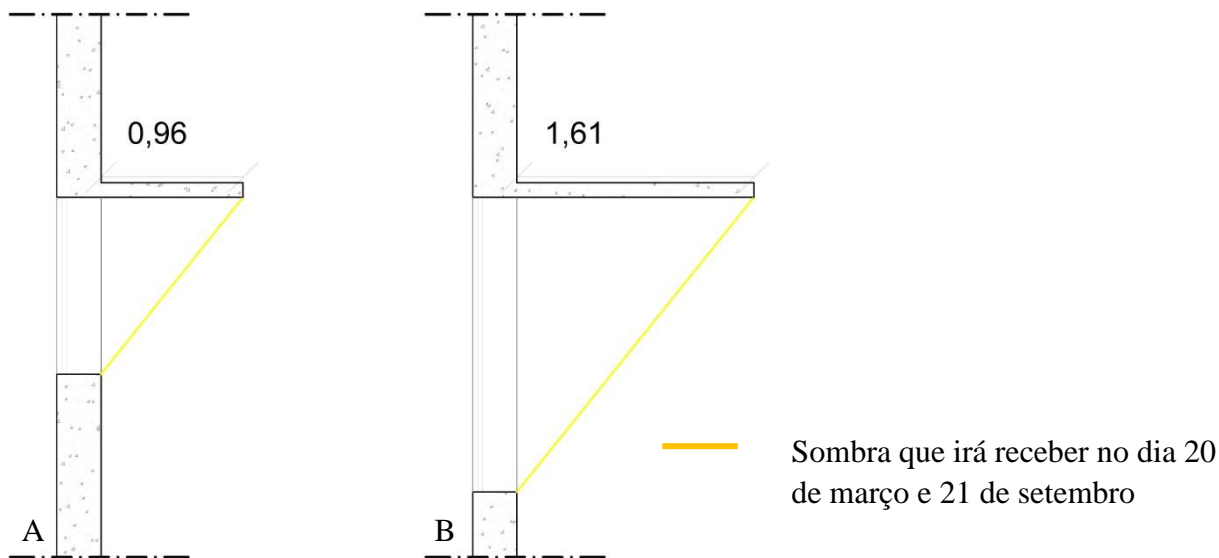


Ilustração 32 - Corte de vãos. A) 1.20 m, B) 2.00 m com indicação dos ângulos solares. (Realizado pelo autor)

O modo como a sombra se comportará no local nos dias 20 de março e 21 de setembro às 10h00, às 12h00 e às 15h00 está retratado na tabela 19²⁸.

Embora neste estudo a pala esteja junta ao vão e tenha diminuído um pouco a sua dimensão, ainda assim não se aproxima do objetivo definido porque as dimensões ainda são

²⁸ Ver anexo 7.3.1.3: Pala junto ao vão (dia 20 de março e 21 de setembro)

consideráveis. Esta solução cumpre a função de sombrear durante todo o verão até final de setembro, apesar de em março ainda não ser necessário sombra total, o que faz com que perca radiação solar numa altura em que esta ainda é necessária.

3.1.4.2.5 Palas duplas, nos dias 20 de junho e 21 de setembro

Num último estudo de palas realizado, foi adotado um sistema de duplicação das palas como forma de reduzir o seu comprimento.

O teste é realizado nas mesmas três datas acima apresentadas, no dia 20 de março, 20 de junho e 21 de setembro para o mesmo horário, às 10h00, às 12h00 e às 15h00.

O corte em baixo (Ilustração 33) mostra como são os ângulos para o dia 20 de junho e 21 de setembro ao meio dia solar.

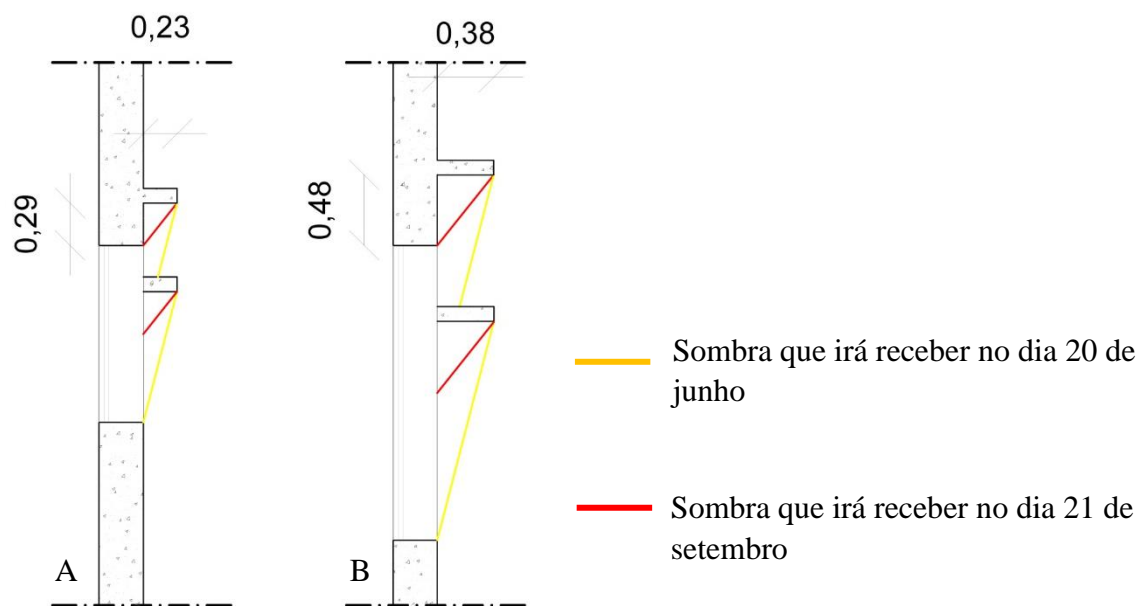


Ilustração 33 - Corte de vãos. A) 1.20 m, B) 2.00 m com indicação dos ângulos solares. (Realizado pelo autor)

Encontra-se em anexo a tabela 20²⁹ que descreve como será a sombra no local nos dias 20 de junho e 21 de setembro às 10h00, às 12h00 e às 15h00. O 3D realizado em Revit ajuda a perceber como é a sombra nesse período e nesse horário.

Neste estudo percebe-se que o sistema de sombreamento cumpre a sua função em junho, ou seja, a 20 de junho o vão está totalmente em sombra, já a 21 de setembro o vão encontra sem qualquer tipo de sombra, o que significa que ao longo do verão a sombra se vá dissipando ao ponto de em setembro o vão já não estar em sombra. Embora este tipo de palas não seja viável

²⁹ Ver anexo 7.3.1.4: Palas duplas (dia 20 de junho e 21 de setembro)

também tem a desvantagem de poder obstruir a vista do utilizador para o exterior. É de fácil perceção de que este sistema não é válido para este estudo, uma vez que, uma das palas só será útil para uma parte do vão.

3.1.4.2.6 Palas duplas, nos dias 20 de março e 21 de setembro

O próximo e último estudo deste capítulo foi realizado nos dias 20 de março e 21 de setembro para se perceber se cumprem também as funções como os exemplos acima apresentados.

Na ilustração 34 encontra-se um corte que serve como exemplo de como são os ângulos tanto a 20 de março e a 21 de setembro no meio dia solar. A tabela representativa das sombras encontra-se em anexo³⁰.

³⁰ Ver anexo 7.3.1.5: Palas duplas (dia 20 de março e 21 de setembro)

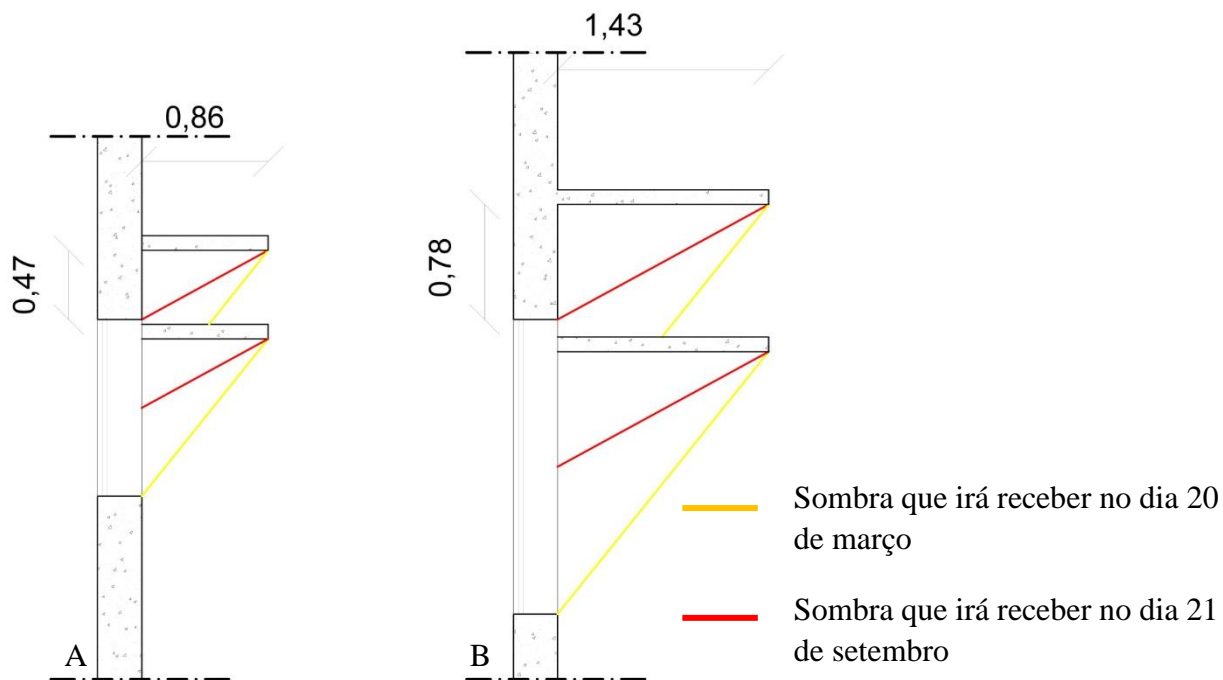


Ilustração 34 - Corte de vãos. A) 1.20 m, B) 2.00 m com indicação dos ângulos solares. (Realizado pelo autor)

É perceptível através da tabela que, embora consiga sombrear durante o verão, este sistema não é viável uma vez que, a pala superior só sombreia um curto espaço do vão, enquanto que a outra sombreia o restante. Para além deste gasto, as palas têm dimensões excessivas para aquilo que se procura.

3.1.4.3 Desenho e dimensionamento dos elementos horizontais distanciados do vão

Neste subcapítulo serão apresentados apenas alguns exemplos de palas que foram estudadas conforme os meses do ano e a necessidade de sombrear no verão (de junho a

setembro), bem como em diferentes épocas para se perceber a diferença entre uma e a outra. Os exemplos serão apresentados em anexo ³¹.

O primeiro estudo a ser realizado tem como princípio base, que a sombra total seja até ao final de agosto, sendo que no mês de setembro ainda ocorre sombra, embora não na totalidade da superfície do vão. A ilustração 35 apresenta qual o ângulo da sombra no dia 20 de abril e 21 de agosto ao meio dia solar, na tabela 22³² apresenta uma demonstração 3D para os horários das 10h00, das 12h00 e das 15h00, como no final de agosto no mesmo horário, num vão com 1.20 metros e outro com 2.00 metros de altura, assim como a diferença entre as palas.

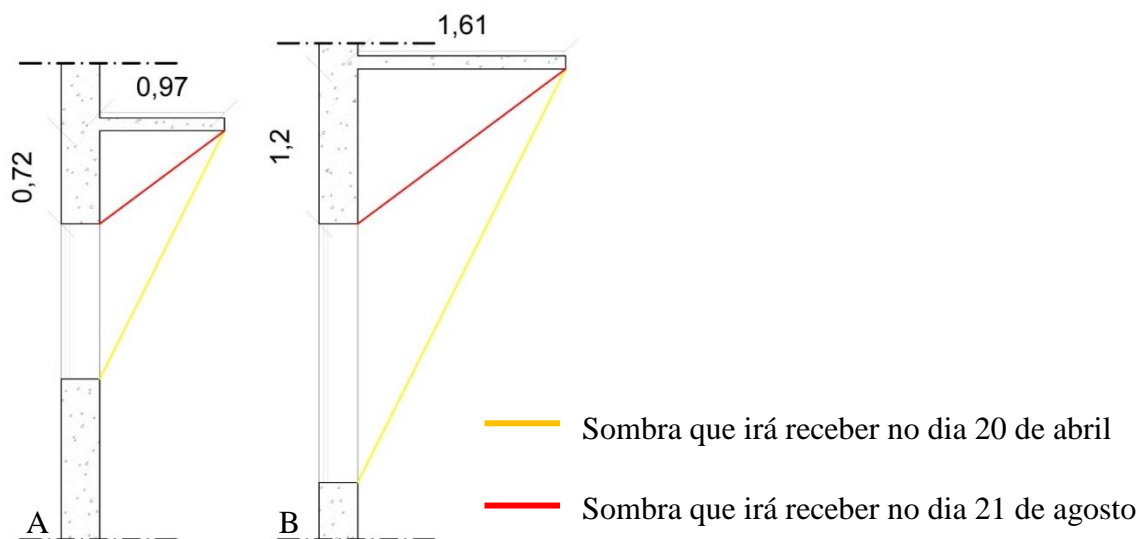


Ilustração 35 - Corte de vãos. A) 1.20 m, B) 2.00 m com indicação dos ângulos solares. (Realizado pelo autor)

³¹ Ver anexo 7.3.2: Estudos realizados para vãos com 1.20 metros e 2.00 metros de altura com uma pala horizontal

³² Ver anexo 7.3.2.1: Palas distanciadas do vão (dia 20 de abril e 21 de agosto)

O corte acima apresentado é um modelo 2D desenvolvido no Autocad em que se representam os vãos de estudo em corte juntamente com a pala horizontal. Este exemplo serve para demonstrar qual será a incidência solar tanto numa data como na outra.

No exemplo A o elemento horizontal tem 0.97 m enquanto que no B tem 1.61 metros de comprimento e encontram-se a 0.72 metros e 1.20 metros acima do vão respetivamente. Percebe-se, portanto, que esta pala funcionaria para o vão de 1.20 metros uma vez que tem sombra total no verão e luz solar total no inverno, no entanto no vão de 2.00 metros, já não responde a essas necessidades.

Este exemplo de palas demonstra que sombreia praticamente o verão todo, até 21 de agosto aproximadamente, o que significa que vai ter sombra até meados de setembro, embora não seja sombra total.

Tem como desvantagem o facto de ter sombra total em abril, uma vez que o espaço interior ainda necessita de luz solar.

A pala para o vão de 2.00 metros acaba por ser uma condicionante, uma vez que é uma pala que supera um metro de comprimento e está acima do vão, 1.20 metros de altura, não se tornando viável para este estudo.

O segundo estudo a ser realizado (Ilustração 36), teve como base ter sombra total até final de setembro, para os mesmos vãos, 1.20 metros e 2.00 metros de altura. Sendo que neste estudo a sombra total prolonga-se até meados de setembro.

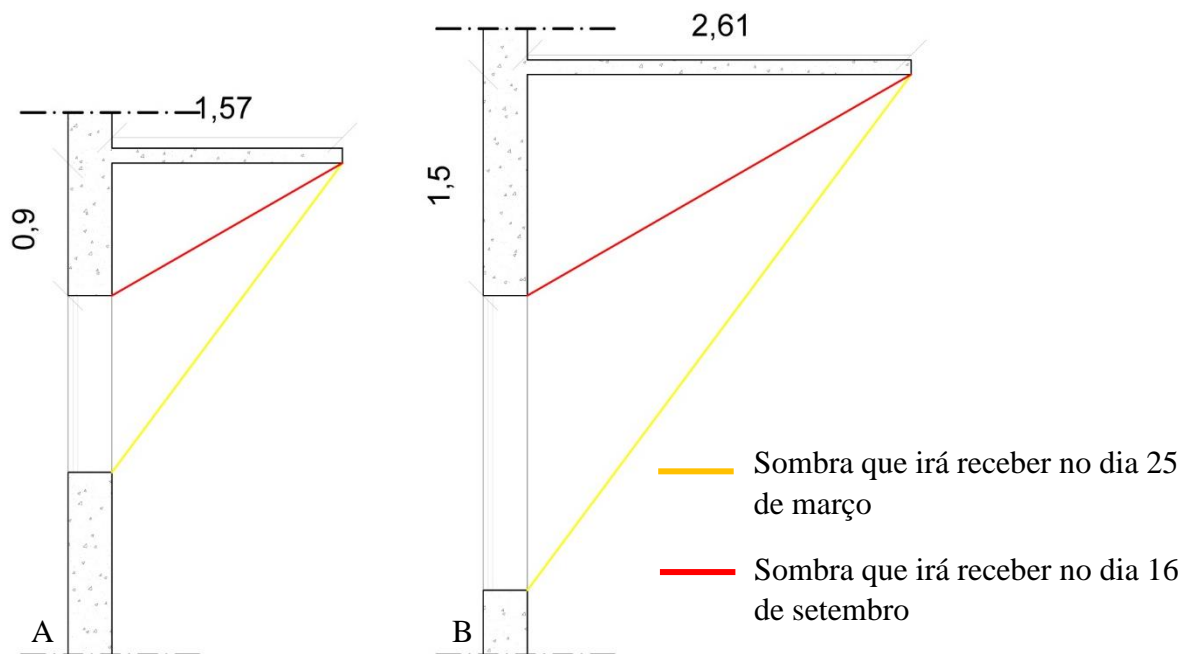


Ilustração 36 - Corte de vãos. A) 1.20 m, B) 2.00 m com indicação dos ângulos solares. (Realizado pelo autor)

O exemplo A tem 157 cm de comprimento e encontra-se a 0.90 centímetros acima do vão, no exemplo B o elemento horizontal tem 261 centímetros de comprimento e encontra-se a 150 centímetros acima do vão. Percebe-se, portanto, que esta pala não funcionaria nem para o vão de 1.20 metros nem para o de 2.00 metros de altura, uma vez que tem dimensões excessivas. No entanto seriam palas que cumpririam a sua função de sombrear, uma vez que sombreiam

até ao final do verão e permitem entrada de luz solar ao longo do inverno. A tabela com representação 3D encontra-se em anexo³³.

Através dos exemplos apresentados, pretende-se que a sombra total seja até setembro, no entanto não se pretende que exista sombra total em março, por ser uma época próxima do inverno e existir necessidade de luz solar no espaço.

Este tipo de palas horizontais apresenta duas desvantagens: o facto de começar a sombrear em março e ter dimensões excessivas, o que se considera ter como consequência um prejuízo formal para o edifício, uma vez que são elementos inseridos posteriormente e não que fazem parte integrante deste.

3.1.4.4 Desenho e dimensionamento dos elementos junto ao vão

Neste subcapítulo são apresentadas mais soluções de elementos horizontais, mas eliminou-se uma variante, a altura a que a pala estaria distanciada do vão.

Uma vez que em Sines o verão é consideravelmente quente e que o inverno é frio, mas suportável, consideraram-se só os elementos horizontais que tivessem como função sombrear no verão. No inverno terá como consequência receber sombra, mas num curto espaço de tempo.

Adotou-se o mesmo objetivo de sombrear até final do verão e os mesmos horários, fazendo-se estudos com diferentes datas afim de perceber qual se enquadra melhor neste estudo.

O exemplo seguinte (Ilustração 37) demonstra como se poderia sombrear desde abril até ao final de agosto. Este exemplo mostra como estas palas sombreavam se estivessem junto ao

³³ Ver anexo 7.3.2.2: Palas distanciadas do vão (dia 25 de março e 16 de setembro)

vão, ou seja, uma vez que estão juntas a este, significa que no inverno também existirá sombra, embora menor, uma vez que o sol no inverno se encontra mais baixo que no verão. A tabela com os exemplos em 3D encontra-se em anexo³⁴.

No corte realizado em Autocad, é perceptível quais seriam as dimensões das palas e qual o alcance da sombra ao longo do verão.

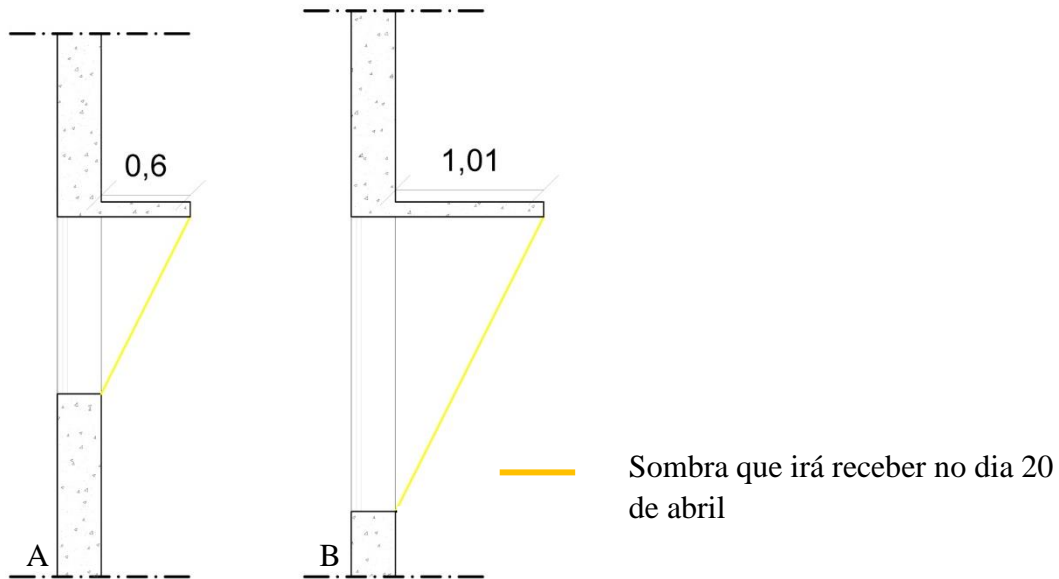


Ilustração 37 - Corte de vãos. A) 1.20 m, B) 2.00 m com indicação dos ângulos solares. (Realizado pelo autor)

³⁴ Ver anexo 7.3.2.3: Palas junto ao vão (dia 20 de abril e 21 de agosto)

Este é um dos exemplos em que poderia ser viável a utilização destas palas. Primeiro porque conseguem sombrear praticamente o verão inteiro, havendo sombra total até finais de agosto, o que significa que em setembro existe igualmente sombra, embora não na totalidade. Em segundo, porque não são excessivas o que a nível estrutural é o que se procura. Contudo tem a desvantagem de no inverno também ocorrer sombra.

Este é um dos casos em que tem que se contrabalançar aquilo que é imprescindível e o que não é, neste caso dá-se prioridade à capacidade de sombrear o verão todo com palas aceitáveis.

O segundo estudo realizado para palas junto ao vão (Ilustração 38) demonstra como se poderia sombrear desde 25 de março a 16 de setembro. Este exemplo mostra como estas palas sombreariam se estivessem junto ao vão. No inverno verifica-se a existência de sombra, embora menor, uma vez que o sol no inverno se encontra mais baixo que o verão. A ilustração 3D encontra-se em anexo³⁵.

³⁵ Ver anexo 7.3.2.4: Palas junto ao vão (dia 25 de março e 16 de setembro)

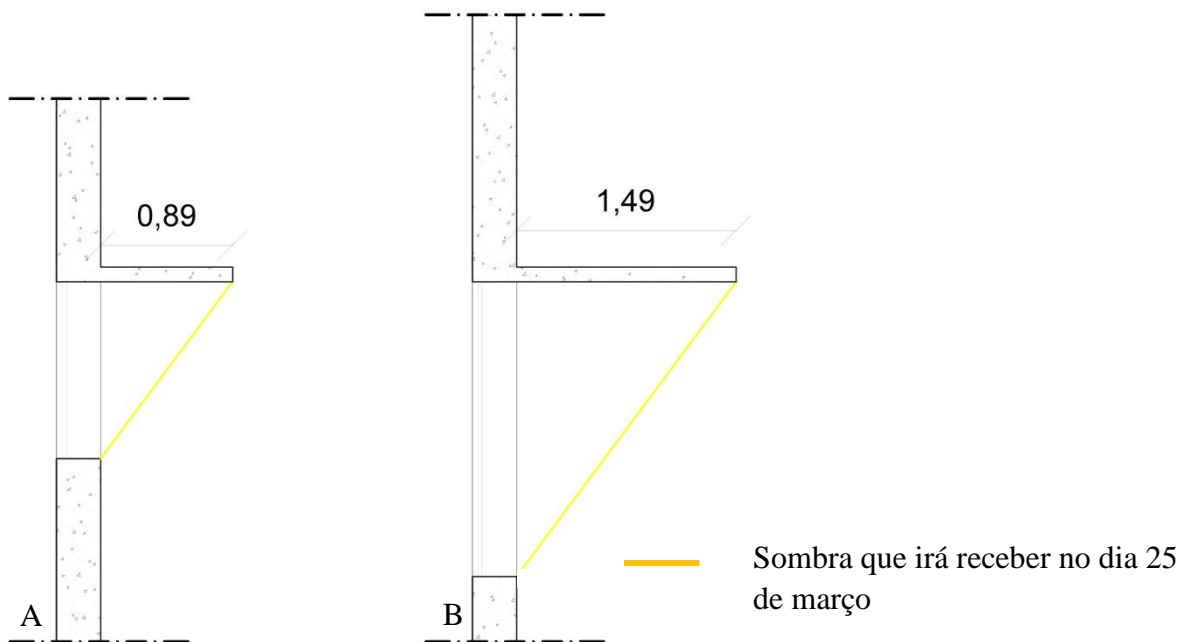


Ilustração 38 - Corte de vãos. A) 1.20 m, B) 2.00 m com indicação dos ângulos solares no dia 25 de setembro. (Realizado pelo autor)

Através dos exemplos acima apresentados, percebe-se que é possível sombrear desde março até finais de setembro. Pretende-se que a sombra total seja até setembro, no entanto não se pretende que exista sombra total em março, por ser uma época ainda próxima do inverno sendo necessária a entrada de luz solar para aquecer o espaço.

A pala para o vão de 1.20 metros tem dimensões aceitáveis, no entanto a pala de 2.00 metros de altura já é um pouco mais comprida, mas ainda assim é uma pala que talvez seja possível de considerar. A nível de estética pode danificar, contudo pode adaptar-se de forma a que não danifique o mesmo.

3.1.4.5 *Desenho e dimensionamento dos elementos com palas duplas*

Neste subcapítulo serão apresentados apenas alguns exemplos de palas que foram estudadas conforme os meses do ano acima apresentados e a necessidade de sombrear no verão. Os restantes exemplos serão apresentados em anexo³⁶.

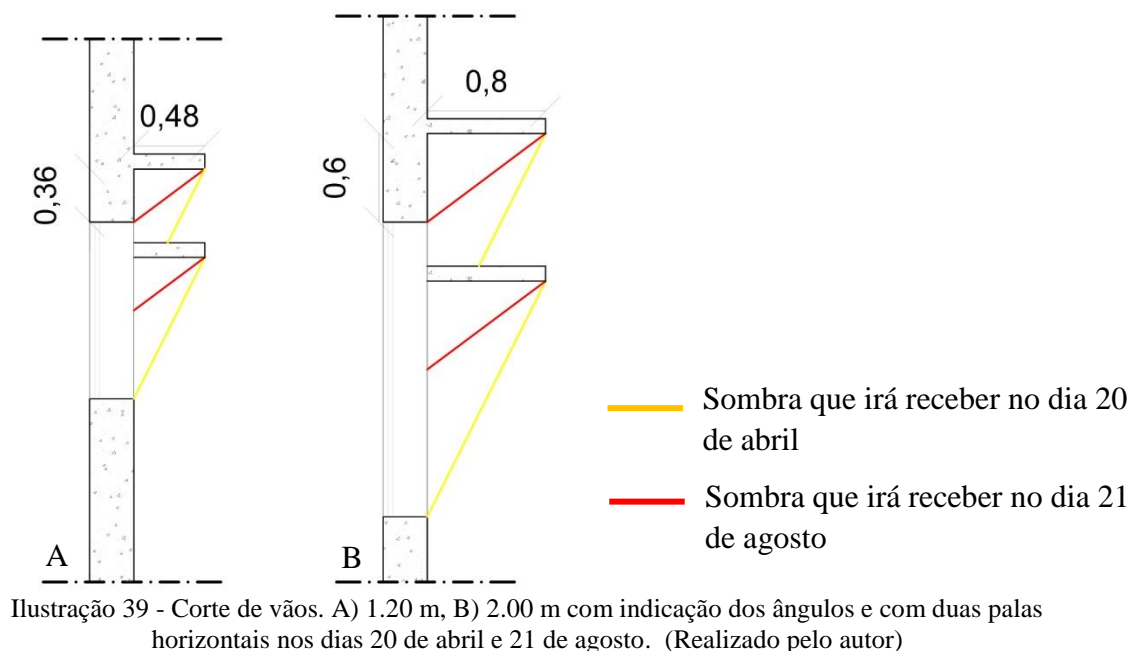
Os seguintes estudos, foram realizados com base, nos mesmo período do ano e com os mesmos vãos, no entanto desenvolveu-se uma nova abordagem. Ao invés de se utilizar uma única pala horizontal com dimensões consideráveis, optou-se por utilizar duas palas horizontais, fazendo com que fosse reduzida significativamente a dimensão das mesmas.

O primeiro estudo tem como base, duas palas num vão de 1.20 metros e de 2.00 metros de altura, com os mesmos princípios dos outros estudos acima apresentados. Tem como objetivo sombrear de 20 de abril até final de agosto tendo como foco principal três horários distintos, 10h00 da manhã, 12h00 e às 15h00 da tarde (Tabela 26)³⁷.

O corte apresentado (Ilustração 39) tem como objetivo mostrar qual o ângulo de sombra no mês de abril e no mês de agosto e qual o ângulo de luz solar que o mesmo espaço irá receber para as duas palas.

³⁶ Ver anexo 7.3.2.5: Palas duplas (dia 20 de abril e 21 de agosto)

³⁷ Ver anexo 7.3.2.5: Palas duplas (dia 20 de abril e 21 de agosto)



Num exemplo como este percebe-se que as palas, tanto num vão como noutra, respondem às questões de sombreamento e para além disso não danificam a vista que o utilizador pode ter para o exterior.

Contudo a pala superior só tem a função de sombrear uma pequena parcela do vão, o que nos permite concluir que esta solução tanto no ponto de vista formal como no ponto de vista de sombreamento não faz sentido nem seria uma solução posta em causa para um edifício.

O seguinte estudo (Tabela 27)³⁸ tem como base os mesmos vãos, mas para o dia 25 de março e para o dia 16 de setembro, às 10h00, às 12h00 e às 15h00 da tarde.

O corte apresentado (Ilustração 40) tem como objetivo mostrar qual o ângulo para o dia 25 de março ao meio dia solar e o ângulo para o dia 16 de setembro ao meio dia solar.

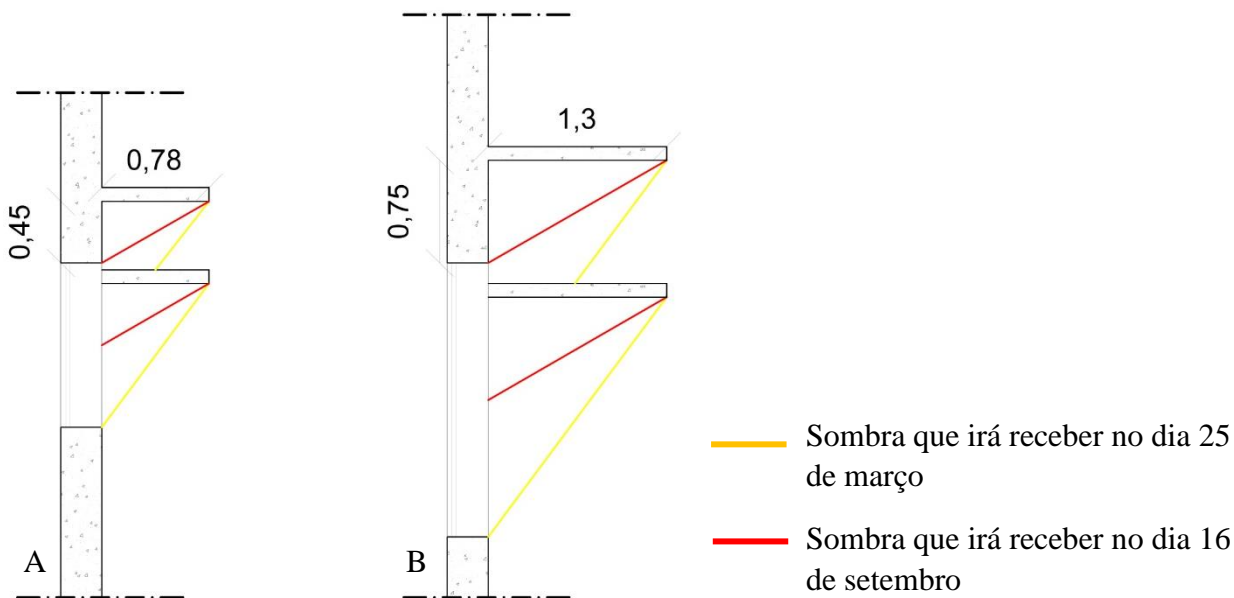


Ilustração 40 - Corte de vãos. A) 1.20 m, B) 2.00 m com indicação dos ângulos solares e com duas palas horizontais nos dias 25 de março e 16 de setembro. (Realizado pelo autor)

Tanto neste como o primeiro exemplo apresentados neste capítulo, respondem às questões de sombreamento e não impossibilitam a vista do utilizador para o exterior do espaço,

³⁸ Ver anexo 7.3.2.6: Palas duplas (dia 25 de março e 16 de setembro)

no entanto, neste exemplo a pala superior não cumpre qualquer tipo de função uma vez que está quase no topo do vão. Esse seria um dos motivos pelo qual não se deve aplicar este tipo de sombreamento. A solução passaria por optar por um outro sistema que funcionasse tanto estética como financeiramente.

Todos os exemplos apresentados são meramente representativos e fazem parte de um estudo para se perceber qual a melhor pala e qual cumpre as diversas funções, desde sombrear, fazer parte integrante do edifício e não impedir a vista aos utilizadores. Contudo percebe-se desde logo que alguns exemplos não são possíveis soluções, quer pelas dimensões que estes apresentam quer pelo facto de estarem a distâncias consideráveis do vão.

Foram realizados vários estudos acerca dos elementos de sombreamento em vários períodos do ano de forma a obter-se sombreamento total ao longo do verão e luz solar ao longo do inverno. No entanto não é fácil conjugar os períodos em que se quer sombra com os períodos de sol juntamente com os elementos horizontais.

Para conseguir sombra total até ao final do verão teria de se abdicar da luz solar ao longo de uma parte importante do inverno, no entanto, para este estudo torna-se mais relevante os elementos horizontais que possam responder as questões de sombreamento na época de maior calor.

Isto acontece, pois, o edifício tem como função investigação marítima, assim sendo, cada laboratório tem ventilação individual, o que se torna mais fácil controlar a temperatura interior do edifício com sistemas de ar condicionado. Assim sendo optou-se por palas que cumprem a função de sombrear só no verão não impedindo, no entanto que no inverno não ocorra sombra.

Este estudo teve a questão acima apresentada como uma dificuldade. Teve que se optar por sombrear no verão e incidência de raios solares no inverno ou sombrear no verão e um pouco no inverno, mas obter palas que pudessem ser utilizadas no edifício, de modo a não o danificar esteticamente.

Conclui-se com este estudo, que este tipo de sistema de sombreamento não era viável uma vez que não se justifica duplicar as palas, uma vez que, uma das palas nunca poderá cumprir a função de sombreamento.

4 Avaliação da aplicação do sistema de controlo solar no projeto individual

Neste capítulo será apresentado o projeto individual (Centro de Investigação Marítima em Sines), com a aplicação e avaliação do sistema de sombreamento.

Após todo o estudo, apresentado no capítulo anterior, este é usado como uma base indispensável para se poder concluir qual o melhor sistema de controlo solar para este edifício em questão.

Conclui-se então, que para uma fachada a Sul o mais apropriado para um vão será um sistema de sombreamento horizontal. Neste caso foram escolhidos os vãos a Sul por se tratar de uma zona com temperaturas médias elevadas no verão e por ser a fachada que mais radiação solar recebe no verão ao longo do dia.

O sistema de sombreamento vertical, neste estudo, não iria melhorar as condições interiores, uma vez que este tem mais utilidade nas fachadas Nascente e Poente, o que não é o propósito deste estudo. O sistema vertical na fachada a Sul poderia obstruir a vista do utilizador do espaço para o exterior, e não é o que se procura num sistema de sombreamento.

O que se procurou obter com este estudo, foi desenvolver um sistema de sombreamento capaz de responder às questões de uma arquitetura sustentável. Em primeiro lugar, ter a capacidade de responder às questões solares, ou seja, ter a capacidade de sombrear ao longo do dia. Em segundo lugar não obstruir a vista do usuário para o exterior, e por último, não

transparecer a imagem de serem elementos agregados à fachada, mas sim elementos que fazem parte integrante do edifício.

Ao longo deste estudo foram encontradas algumas dificuldades, como por exemplo, encontrar uma pala que permitisse obter sombra ao longo do verão sem que esta danifique a estética do edifício e que não bloqueasse a entrada de raios solares no inverno.

Neste caso, como era prioritário ter sombra ao longo do verão, posicionou-se a pala junto ao vão, contudo no inverno o mesmo posicionamento da pala proporciona o bloqueio da entrada de luz solar. No entanto esta solução não é desvantajosa uma vez que as zonas em questão são na sua maioria laboratórios, logo têm a capacidade de aquecer o espaço com mecanismos automáticos, ou seja, através de ar condicionados e controlar a temperatura interior do espaço independentemente da temperatura exterior.

Os seguintes exemplos apresentam as dimensões das palas que foram seleccionadas para o projeto individual. Foram pensadas e desenhadas de forma a cumprirem a função de sombrear na época mais quente do ano.

As palas têm um metro de comprimento e estão junto ao vão. Estas palas têm uma dimensão específica pelo facto de ser um meio termo, tanto para o vão de 1.20 metros como para o de 2.00 metros de altura. No vão de 1.20 metros esta pala é o suficiente para sombrear em qualquer altura do verão, no entanto no vão de 2.00 metros de altura não tem a capacidade de sombrear na totalidade; contudo, os raios solares que entram para o interior do espaço não interferem com o bem-estar do ocupante.

O corte apresentado (Ilustração 41) tem como objetivo mostrar qual o ângulo da sombra no verão, que o espaço irá receber nos dias 20 de junho. Para melhor compreensão da sombra no espaço, a tabela 14, permite visualizar imagens em 3D realizadas em Revit.

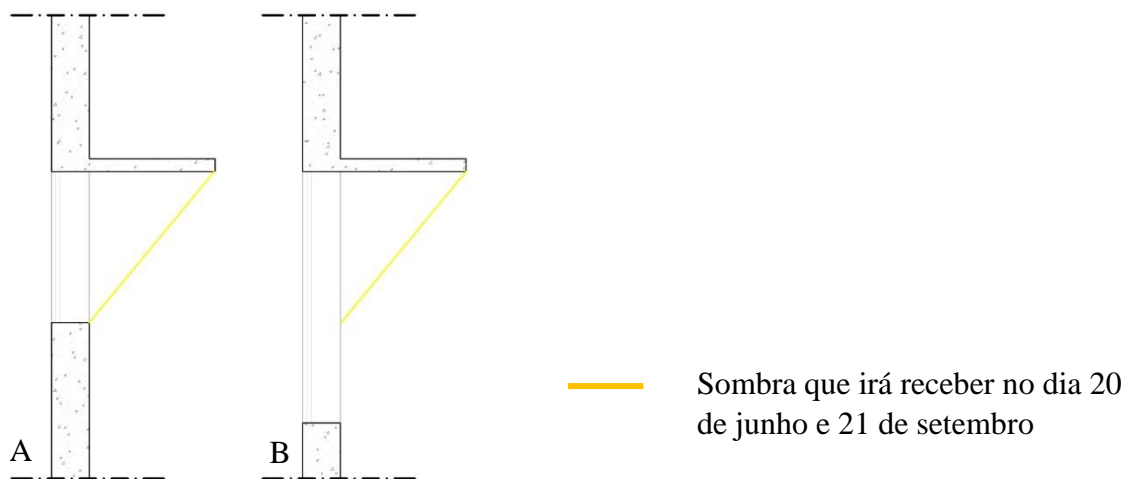


Ilustração 41 - Corte de vãos. A) 1.20 m, B) 2.00 m com indicação dos ângulos solares nos dias 20 de junho e 21 de setembro. (Realizado pelo autor)

| Integração Arquitetônica de Sombreamento Solar Otimizado

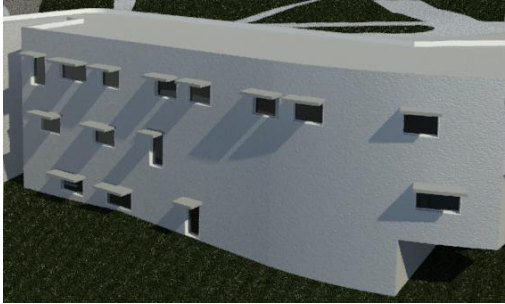
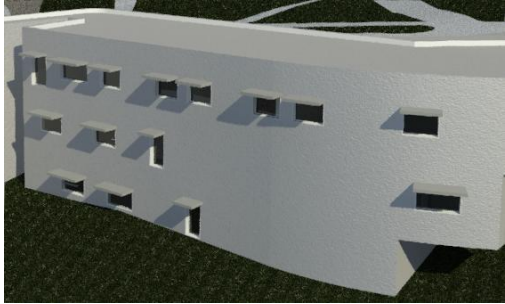
Tabela 14 - Exemplo modelo 3D com pala horizontal, com 1 metro de comprimento para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura no mês de junho e setembro. (Realizado pelo autor).

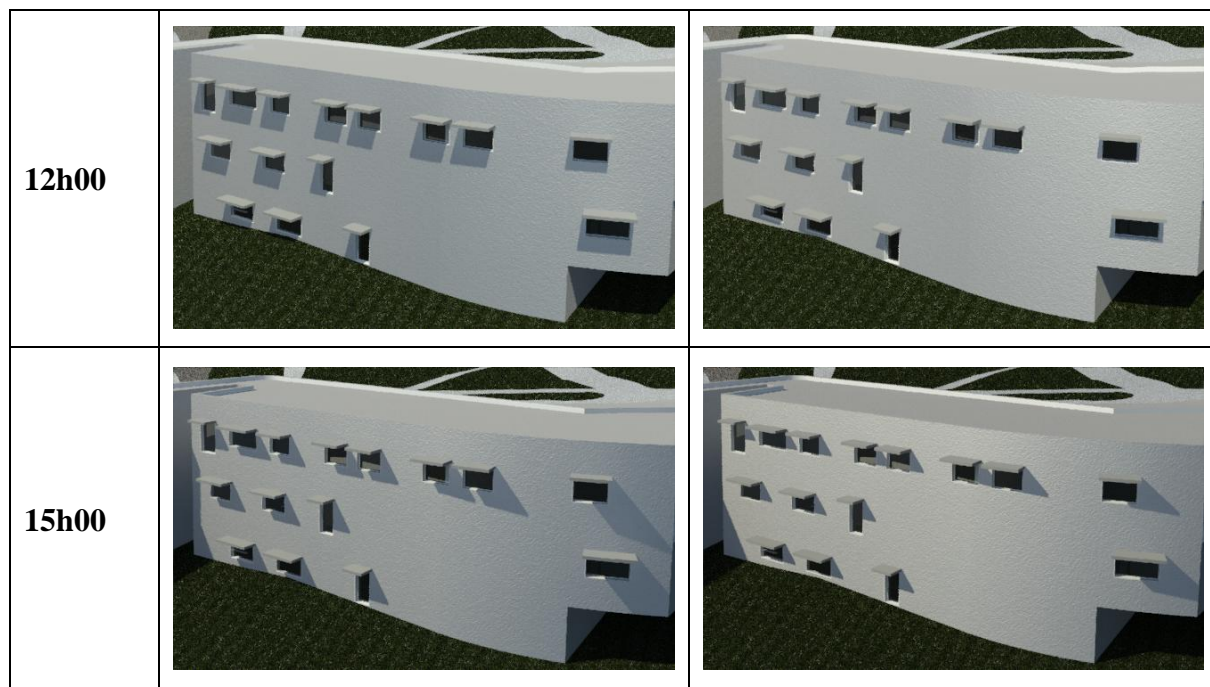
Hora	20 de junho	21 de setembro
10h00		
12h00		
15h00		

Este exemplo demonstra como se comportará a sombra em junho e setembro com a pala de um metro de comprimento, percebendo-se assim que esta se torna suficiente para sombrear ao longo do verão. No vão de 1.20 metros tem sombra total em todo o vão ao longo do verão, no entanto a pala do vão de 2.00 metros cumpre a sua função durante o mês de junho, já em setembro esta começa por perder a capacidade. Na imagem é perceptível que parte do vão, em setembro, já se encontra com entradas de raios solares, no entanto pode ser controlada com um sistema de sombreamento interior.

Por outro lado, a mesma pala tem a capacidade de sombrear de igual modo no mês de abril (Tabela 15), contudo é uma altura do ano em que ainda se necessitava de luz solar no espaço.

Tabela 15 - Exemplo modelo 3D com pala horizontal, com 1 metro de comprimento para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura no mês de abril e setembro. (Realizado pelo autor).

Hora	20 de abril	21 de setembro
10h00		

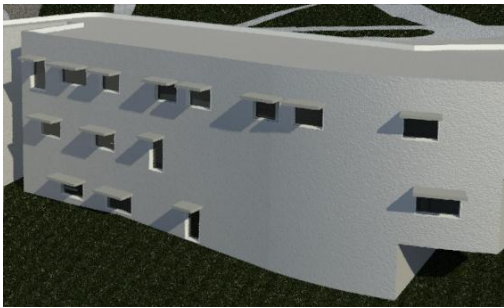
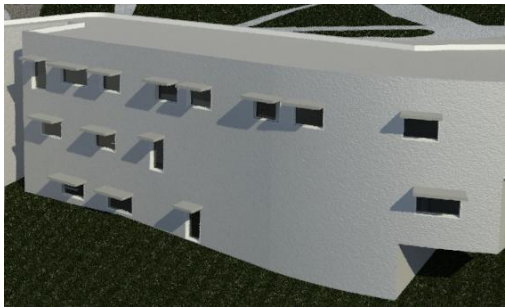
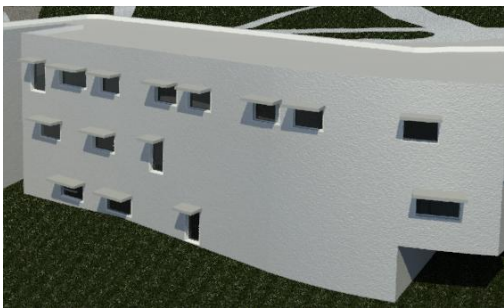
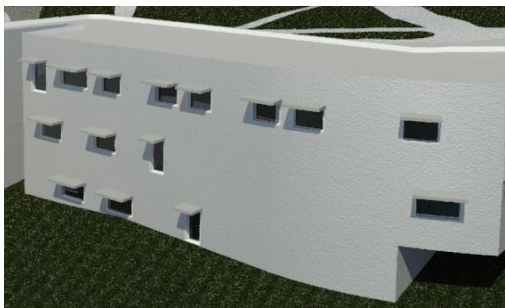


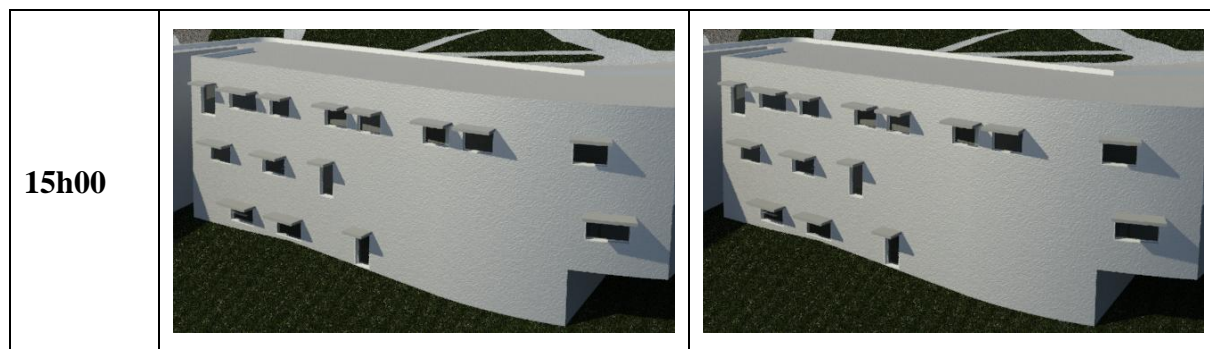
Esta tabela, demonstra como se comportará a sombra no mês de abril e no mês de setembro. É, portanto, perceptível que a pala de um metro de comprimento cumpre na perfeição a sua função de sombreamento. Ao invés, no mês de abril ainda é uma altura em que se necessita de entrada de raios solares, contudo as zonas com este tipo de sombreamento têm a capacidade de ventilação mecânica, embora se deva evitar uma vez que esta em causa o aquecimento do ar, o que facilita o controlo de temperatura e de conforto interior para o utilizador.

Por último é apresentada a tabela 16 com dias de 25 de março e 21 de setembro, sendo por isso, possível de se perceber que no mês de março, ainda época fria, a sombra seja menor

nos vãos, mas que ainda assim permitem cumprir a função de sombrear durante a época de maior calor.

Tabela 16 - Exemplo modelo 3D com pala horizontal, com 1 metro de comprimento para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura no mês de março e setembro. (Realizado pelo autor).

Hora	25 de março	21 de setembro
10h00		
12h00		



Este último estudo, tem a capacidade de demonstrar que a sombra em março se comporta de forma ligeiramente diferente do mês de abril e de junho.

Durante a manhã, em que o sol está a nascente e mais baixo, o espaço recebe em alguns pontos sombra e em outros pontos recebe sol, o que na realidade não interfere com o conforto dos usuários uma vez que o espaço ainda esta arrefecido. Ao meio dia os vãos com 1.20 metros encontram-se em total sombra, no entanto os vãos com 2.00 metros estão parcialmente em sombra e com alguma entrada de luz solar no espaço, sendo facilmente controlado com sistemas de sombreamento interiores. Por exemplo cortinas, *blackouts* ou até mesmo uma veneziana ajustável ao vão tendo a desvantagem de se perder iluminação natural e vista para o exterior.

Pelas 15h, altura em que o sol já se encontra entre sul e poente e que está mais baixo que o meio dia, a pala tem a capacidade de sombrear na totalidade os vãos com 1.20 metros de altura, no entanto os vãos com 2.00 metros de altura já recebem luz solar. Uma vez que se trata de um horário em que março se pode considerar que se torna agradável receber essa mesma luz solar, nessa altura, os raios solares não são tão intensos o que permite aquecer o espaço para o

período noturno, evitando assim mecanismos automáticos para equilíbrio da temperatura interior agradável.

Conclui-se assim, que uma pala de um metro de comprimento responde às questões de sombreamento ao longo do verão. Para além de ser uma pala com dimensões consideráveis, sombreia o espaço ao longo do verão e não danifica a estética do edifício, tornando-se assim um elemento fundamental para o carácter do mesmo.

No caso deste estudo, adaptou-se a mesma pala para os dois vãos, 1.20 metros e 2.00 metros de altura, por questões de linguagem do edifício. No entanto, para o vão de 1.20 metros bastava uma pala de 0.85m para cumprir todas as questões de sombreamento, mas uma vez que este estudo também tem como objetivo a estética do edifício, optou-se por manter a dimensão para ambos os vãos.

Estas palas são um exemplo representativo, pensado e estudado para o projeto em estudo e com uma localização exata do edifício, constituindo assim um estudo específico para o Centro de Investigação Marítima em Sines. Para ser aplicado a outro edifício e localização será necessário realizar novo estudo de modo a perceber quais as dimensões mais adequadas.

5 Conclusão

O presente estudo tinha como objetivo demonstrar a importância que um sistema de sombreamento desempenha num edifício. É por isso importante que um arquiteto desenvolva um sistema de sombreamento sempre que projeta um novo edifício, de forma a que este responda aos princípios de uma arquitetura sustentável. Contribuir não só para uma arquitetura energeticamente eficiente e com conforto térmico, mas também nunca excluir a dimensão estética que estes sistemas podem proporcionar a um projeto arquitetónico.

Os sistemas de sombreamento têm vindo a ser usados desde os primórdios. Ao longo das épocas o arquiteto adaptava a sua fachada consoante as condições climáticas, uma vez que esta era por si só um elemento capaz de permitir ventilação natural, regular os ganhos de calor e permitir ainda a entrada de luz natural no interior.

Com o evoluir dos tempos, surgiu uma época em que todas as questões relacionadas com as condições ambientais de conforto térmico e lumínico, foram proporcionadas através de sistemas artificiais mecânicos. Esses sistemas tinham como desvantagem o facto de não considerarem preocupações relacionadas com a sustentabilidade, excluindo então critérios como as condições e clima do local em que o edifício estava inserido.

Após se perceber o impacto ambiental que estes sistemas (artificiais) conduziam para o meio ambiente, foi necessário procurar respostas que o diminuíssem mesmo que se adaptassem esses sistemas juntamente com sistemas de sombreamento, mas com racionalização ambiental. Foi devido à grande despreocupação com questões ambientais, o facto de não se dar importância aos recursos locais e o excesso de consumo de energia, que se deu a crise energética na década

de 70. Esta tornou necessário desenvolver um estudo de forma a diminuir a sua utilização, sem, no entanto, perder o conforto dos espaços interiores.

Uma vez que se procurava responder a essas questões ambientais, foi necessário perceber que estes sistemas estão todos ligados a certos conceitos que é necessário ter em conta para se obter essas respostas. Esses conceitos incluem geometria solar, radiação solar e iluminação natural que estão associados aos sistemas de sombreamento para que possam de certa forma responder às questões referidas.

Devido à necessidade de considerar todos estes conceitos observou-se uma crescente evolução relativamente aos sistemas de sombreamento até aos dias de hoje, onde estes são capazes de se adaptar a uma imagem do edifício.

Neste estudo foram catalogados vários sistemas de sombreamento juntamente com os seus comerciantes, de acordo com a sua capacidade de responder às condições locais, tanto a nível funcional como estético.

Conclui-se então que para um sistema de sombreamento cumprir com as suas funções é necessário ter em atenção um conjunto de aspetos importantes: as condições locais, a orientação do edifício, o programa funcional, o modo como o edifício será utilizado, os requisitos exigenciais de conforto. Só assim é possível uma melhor otimização dos sistemas de sombreamento, evitando assim o excesso de entrada de luz solar no verão e permitindo a entrada da mesma no inverno.

No último capítulo deste estudo foi apresentado um projeto, designado de Centro de Investigação Marítima, onde foram aplicados sistemas de sombreamento com base em todo o estudo realizado sobre os mesmos.

O projeto em questão localiza-se em Sines, localidade caracterizada por um clima no verão com temperaturas médias de 16.9°C, pelo que a fachada que se optou para a colocação de sistemas de sombreamento foi a fachada a sul, uma vez que é esta aquela que mais raios solares recebe.

Para esta fachada optou-se por um sistema de sombreamento horizontal. Esta escolha justifica-se pelo facto de ser o sistema que melhor se adequa à orientação sul e que melhor se enquadra na fachada. Desta forma não bloqueia a vista do utilizador para o exterior, ao contrário do que acontece com os sistemas de sombreamento verticais.

Os sistemas aplicados no edifício foram pensados também de acordo com as dimensões que estes poderiam assumir. Ou seja, optou-se por uma pala horizontal de 1 metro de comprimento, pois com esta dimensão pode-se sombrear ao longo do verão e ao longo de todo o dia, permitindo também que no inverno o espaço receba abundantemente luz solar. Ressalve-se, porém, que este tipo de sistema foi pensado e desenvolvido tendo em conta o projeto apresentado. Todo o estudo no âmbito desta temática deve então não esquecer especificidades relacionadas com a tipologia do edifício, a sua função e a sua localização.

Em suma, com todo este estudo procurou-se responder a um equilíbrio entre entrada de luz solar e a iluminação natural de forma a não danificar o conforto interior do utilizador.

O projeto apresentado comprovou como é possível desenvolver um sistema de sombreamento horizontal simultaneamente capaz de responder às questões de sombreamento, considerar preocupações estéticas e regular a iluminação natural.

6 Bibliografia

- Brophy, V., Lewis, J., McNally, R., Walsh, R., & Finn, D. (2011). *A Green Vitruvius - Principios e práticas de projeto para uma Arquitetura Sustentável*. Dublin: University College Dublin .
- Carvalho, L. C. (1995). *Iluminação natural e Radiação Solar no projeto de fenestração*. Lisboa.
- Eco-92. (1992). *Agenda 21*.
- Frota, A. B. (2004). *Geometria da Insolação* (1ª Edição ed.). São Paulo: Geros LTDA.
- Goulding, J. R., Lewis, J. O., & Steemers, T. C. (1992). *Energy Conscious Design: A Primer for Architects*. London.
- Guedes, M. C. (11 de Abril de 2005). Obtido de <http://seminarios.ist.utl.pt/04-05/inov/html/sumarios/13.shtml>
- Guimarães, E. T. (2013). *Soluções de fachadas duplas ventiladas para revestimento externo de Edifícios* . Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola politécnica - Departamento de Construção Civil.
- Joaquim, F. S. (2012). Revista Habitar nº35.
- Kahn, L. I., & Vassella, A. (1969). *Silence and Light*. Zurich.
- Lamberts, R., Dutra, L., & Pereira, F. (1997). *Eficiência energética na Arquitectura*. São Paulo: PW editores.

Mendonça, P. J. (2005). *HABITAR SOB UMA SEGUNDA PELE - Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados*. Guimarães.

Moita, F. (2010). *Energia Solar Passiva* (2ª ed.). Lisboa: Argumentum.

Moret Rodrigues, A., Canha da Piedade, A., & Braga, A. (2009). *Térmica de Edifícios*. Amadora.

Mourão, J., & Pedro, J. B. (2012). *Principios de edificação sustentável*. Lisboa.

Novosel, D., Bivens, D. B., Baxter, V., Borges, D., Cabot, P., & Coward, Jr., C. (2004). *Thermal Environmental conditions of human Occupancy*. Ansi / ASHRAE Standard.

Olgay, V. (1998). *Arquitectura y Clima: Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas*. Barcelona: Gustavo Gili S.A.

Palhinha, M. S. (2009). *Sistemas de Sombreamento em Arquitectura: Proposta de um novo método de concepção e dimensionamento*. Lisboa.

Patón, V. (Janeiro 2006). Una historia Superficial. *Tectónica: fachadas ligeras, Envolventes* (1), 4-21.

Paul, J. K. (1979). *Passive Solar Energy Design And Materials*. N.J: Noyes DATA CO. Park Ridg.

- R.Gicquel, P. A. (s.d.). *European Passive Solar Handbook, Basic Principles and Concepts for passive solar Architecture, P.2.21.*
- Ruas, A. (2001). *Avaliação de Conforto Térmico - Contribuição à aplicação prática das normas internacionais.* Campinas: Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas.
- Santos, A. J. (2000). *A iluminação natural nos edifícios, In Ambiente em Edifícios Urbanos, Seminário.* Lisboa: LNEC.
- Santos, I. D. (2007). *Performance Evaluation of solar shading.* Lisboa: IST.
- Sines, M. d. (s.d.). <http://www.sines.pt>. Obtido de Sines Município: <http://www.sines.pt/frontoffice/pages/311>
- Vaz, B. M. (2011). *Estruturas de Sombreamento em Fachadas de Edifícios, no âmbito da melhoria da eficiência energética em Arquitectura.* Lisboa: UTL.
- Viqueira, M. R., Castrejón, F., & Velázquez, H. (2001). *Introducción a la Arquitectura Bioclimática.* México.
- Yeang, K. (1996). External wall and cladding. *The skyscraper bioclimatically considered*, 153 a 182.

7 Anexos

7.1 Sistemas de Mercado

7.1.1 Empresas de Comercialização – Sites das Empresas:

Empresa	WebSite	Data	Notas
3M	http://www.3m.co.uk/3M/en_GB/company-uk/3m-products/~/All-3M-Products/?N=5002385+8709319+8711017+3294857496&Ntt=Solar&rt=rs	22/01/2016	
Aluminionelugo	http://www.aluminiosnelugo.pt/	25/01/2016	Sacadas de abrir, fachadas estruturais, estores, sevilhanas, toldos
Alustore	http://www.alustore.ch/	22/01/2016	Persianas, persianas de alumínio, estores, redes, teias verticais
Arquijan	http://arquijan.com/	22/01/2016	Caixilharia, mosqueteiros

Bomin Solar	http://www.bomsolar.com/pt/solar-lighting-news-.html	22/01/2016	Painéis solares
Colt	http://www.coltinfo.co.uk/products-systems.html	25/01/2016	Controle de temperatura, trapeira, proteção solar
Controsol	http://www.controsol.pt/pt/	22/01/2016	Películas de proteção solar, toldos e sombreament os exteriores, estores interiores, estores interiores, calhas e cortinas para reposteiros
Cruzfer	http://www.cruzfer.pt/	22/01/2016	Exteriores – Estores, telas/toldos, malhas, lamelais, painéis. Interiores – Toldo horizontal, tela de rolo, tela de vidro, tecidos,

			redes, vidros multifunções
Cubistral	http://www.cubistral.pt/	25/01/2016	Portadas, estores, redes mosquiteiras, verzianas
Dynastore	http://www.dynastore-sa.com/catalog/Dynastore_2012.html	22/01/2016	Estores interiores e exteriores, brise-soleil
Estores Maravilha	http://www.estoresmaravilha.pt/ngg_tag/fvm/	25/01/2016	Estores interiores e exteriores, mosqueteiros e toldos
Extrusal	http://www.extrusal.pt/index.php?id=36	25/01/2016	Portadas, laminas
GKD	http://gkd.de/	25/01/2016	Laminas
Griesser	http://www.griesser.ch/en/home	25/01/2016	Versianas exteriores, Toldos, Persianas
Hunterdouglas	http://www.hunterdouglas.com.br/wcp/br/inicio.php	25/01/2016	Cortinas, persianas e toldos
Integrada	http://www.integrada.dk/forsiden/	10/02/2016	Versianas inteligentes, persianas inteligentes, painéis de

			isolamento de vidro
Kabelmetaal	http://www.kabelzaandam.nl/	10/02/2016	
Levolux	http://levolux.com/products/	10/02/2016	Persianas, solar shading
Lutron	http://www.lutron.com/en-US/Pages/default.aspx	10/02/2016	Rolos interiores
Luxaflex	http://www.luxaflexportugal.pt/pt/produtos	12/02/2016	Mosqueteiro, Painel deslizante, Persianas, Plissado, quebra sol orientável, rolo, romanete, silhouete, toldo, toldo deslizante, toldo de jardim, versianas alumínio, madeira e vertical.
Metaldata	http://www.metaldata.pt/	12/02/2016	Fornece vários fornecedores de sombreament os metálicos,

			carlstahl, expanded metal, GKD, MN, Steel Color, Trislot
MHZ	http://www.mhz.de/produkte.html	12/02/2016	Rolos, Toldos, Versianas, cortinas, persianas, sistemas de sombreament o
Minimax	http://www.toldosminimax.com.br/	12/02/2016	Toldos, versianas, sombreament o exterior
MN	http://www.mn-metall.de/	02/02/2016	
Okalux	http://www.okalux.de/unternehmen.html	02/02/2016	Sistema de painéis de vidro com persianas e isolamento no interior
Pilkington	http://www.pilkington.com/	02/02/2016	Produção de vidro
Potter and Soar	http://www.architecturalmesh.co.uk/patterns.html	12/02/2016	Malhas metálicas
Represtor	http://www.represtor.com/index.asp	02/02/2016	Caixa de estores, Lamelas de sombreament

			o, Grelhas de sombreamento, malhas metálicas, pérgulas, telas interiores, telas exteriores, redes mosqueteiros, outros estores interiores
Retro Solar	http://www.retrosolar.de/de/retrosyst_de.html	12/02/2016	Laminas metálicas, associada a Okalux
RollaShield	http://www.rollashieldnsw.com.au/	12/02/2016	Persianas, laminas metálicas, adapta os estores de enrolar a diversos sistemas
Saint-Gobain	http://pt.saint-gobain-glass.com/	02/02/2016	Vidro e lamelas em vidro
Schüco	http://www.schueco.com/web2/pt	02/02/2016	Lamelas e persianas
Shade Factor	http://www.shadefactor.com.au/	02/02/2016	Persianas externas,

			toldos, cortinas internas, toldos, versianas, lamelas
Solscreen	http://www.solscreen.com/solarFilms.php	02/02/2016	Películas de controlo solar, sistema de proteção UV
Southo	http://www.southo.com.pt/index.php?runid=frameset.php&lang=1	02/02/2016	Portadas de alumínio
Tecnolight	http://www.tecnolight.com/	02/02/2016	Versianas, laminas de alumínio, toldos
Toldotempo	http://www.toldostempo.com.br/portfolio/portfolio-toldo.html	05/02/2016	Toldos fixos exteriores
ToldoDesign	http://www.toldodesign.pt/	05/02/2016	Toldos
U-deck	http://www.u-deck.com/?product=hofesa	05/02/2016	Estores interiores - rolo, versianas Estores exteriores – rolo, laminados, mosqueteiros

Verosol	http://www.verosol.com/all-products/	05/02/2016	Estores, laminas de metal
Warema	https://www.warema.de/PRIVATKUNDEN/index.php	05/02/2016	Persianas, portadas, toldos, cortinas

7.2 Imagens exemplos de sistemas comercializados

7.2.1 *Palas Horizontais*



Flowers Building, Nicholas Hare Architects, Exemplo de Laminas metálicas horizontais



ISCTE-IUL, Lisboa, Arquitecto Raul Hestnes Ferreira, Exemplo de palas horizontais que fazem parte do corpo de construção

7.2.2 *Palas Verticias*



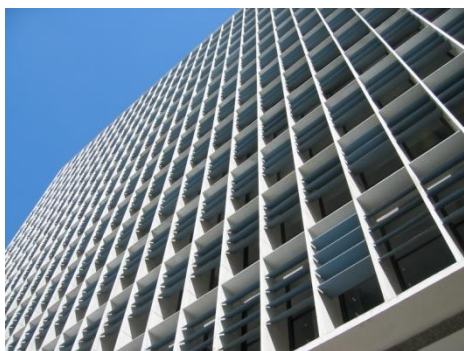
Banco de Poupança de Badajoz, projetado por estudo Lamelas, Exemplo de lâminas metálicas verticais



ISCTE-IUL, Lisboa, Arquitecto Raul Hestnes Ferreira, Exemplo de palas verticais que fazem parte do corpo de construção

7.2.3 *Lamelas ou Brise-Soleils*

Horizontais

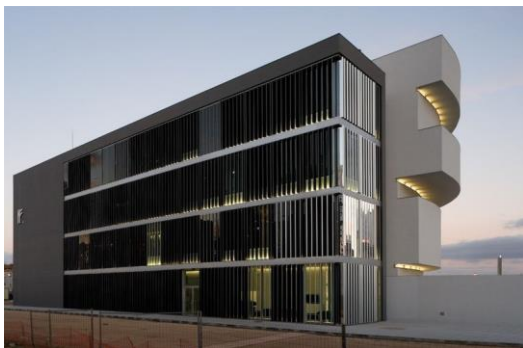


Palácio Gustavo Capanema, Arquitecto Oscar Niemeyer, exemplo de lamelas de alumínio fixas horizontais



Unite d'habitation, Le corbusier. Brise-Soleil de betão

Verticais

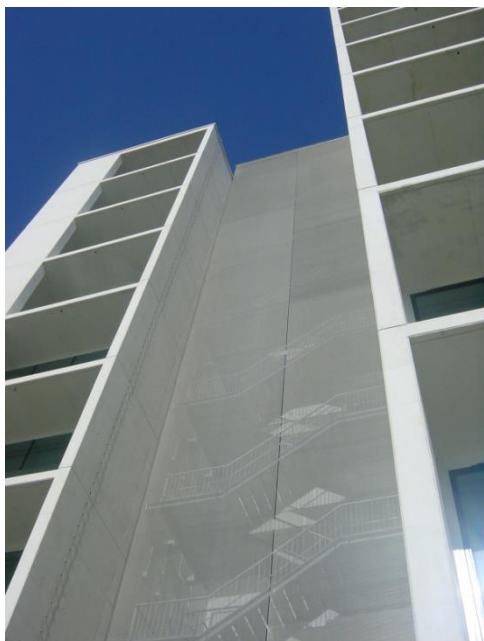


Sede Refer Lisboa, Gonçalo Louro & Cláudia Santos, Arquitectos Lda. Exemplo de lamelas de alumínio verticais



Piano Building, Garnett Netherwood – kidderminster, exemplo de pala horizontal fixa de madeira

7.2.4 *Malhas metálicas*



Campus da Justiça, Parque das Nações,
Metaldata



Siegbert Zanettini: Sede do TJDFT, Brasília, Metaldata

7.2.5 Portadas



Portada exterior, Alumínios Nelugo



Portada exterior Batente, Schüco



Portada deslizante exterior, Rollashield



Batente com perfis fixos, Rollashield

7.2.6 *Venezianas*



Exemplo de Venezianas exteriores de Alumínio, Represtore



Exemplo de Veneziana interior de Alumínio, Luxaflex

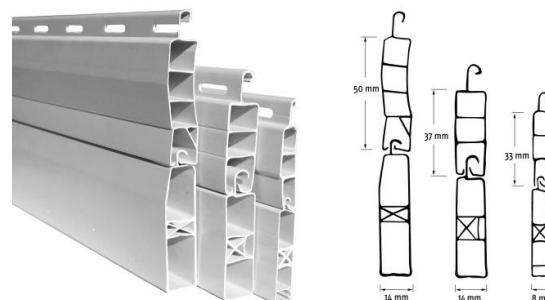


Exemplo de venezianas interiores de Madeira, Luxaflex

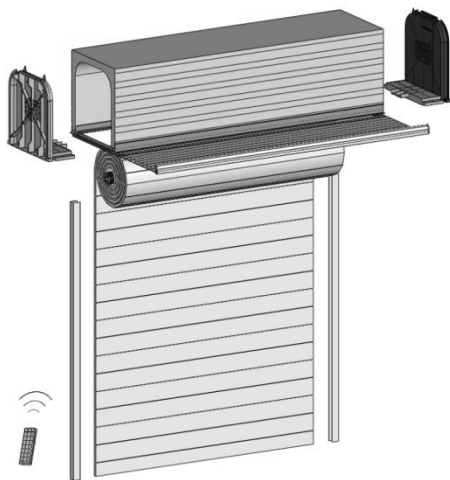
7.2.7 Estores de Bandas Horizontais



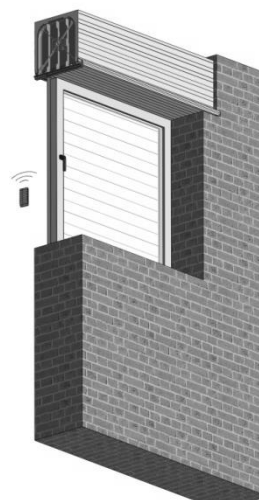
Estores de banda horizontais em alumínio, Controlsol



Estores de banda horizontais em PVC, ControlSol



Aplicação de caixa de estore, Perfibox



Aplicação de caixa de estore, Perfibox

| Integração Arquitetônica de Sombreamento Solar Otimizado



Exemplos de estores horizontais em exterior,
Casa das Janelas

7.2.8 *Telas de rolo*

Exteriores:



Exemplos telas de rolo exterior, Griesser



Exemplos telas de rolo exterior, EstoresDevesas

Interiores:



Exemplos telas de rolo interiores,
Estoresdevesas



Exemplos telas de rolo interiores,
Estoresdevesas

7.2.9 Cortinas

Romanas:



Exemplo de cortinas romanas, Hunterdouglas



Exemplo de cortinas romanas, Persilar

Plissados:



Exemplo de cortinas plissados, Controlsol

Bandas verticais:



Exemplo de bandas verticais, Controlsol

7.2.10 Toldos

Fixos:



Exemplo de toldo exterior fixo, Toldotempo



Exemplo de toldo exterior fixo, Toldotempo

Movéis:



Exemplo de toldo exterior móvel horizontal,
Toldodesign

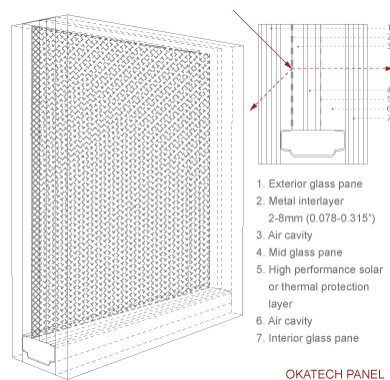


Exemplo de toldo exterior móvel horizontal,
Toldodesign

7.2.11 Vidros Avançados de controlo Solar



Biblioteca Publica Des Moines, David Chipperfield
Architects, vidros com cobre expandido, Okalux



Descrição do sistema utilizado, Okalux



Roca Barcelona, OAB Architects
Okalux



Atkins Museum of Art, Steven Holl
Architects – Kansas City, USA
Okapane, Okalux



Bay Street – Southport QLD, Okalux



Kaust In Jeddah, Okalux

7.3 Estudos prévios de otimização do Sombreamento

Os estudos deste trabalho têm como principal objetivo estudar a dimensão das palas para a otimização do sombreamento justamente com as dimensões do vão bem como o período que necessita dessa otimização. Para isso foi considerado a orientação dos vão a Sul e a época mais quente do ano.

Para a época mais quente do ano foi considerado o período até 16 de setembro uma vez que as dimensões dos sistemas de sombreamento têm proporções consideravelmente significativas caso se considerasse o período de otimização até ao final de setembro.

Uma vez que o sombreamento cumpre a sua função até 16 de setembro, este irá perdendo intensidade até ao final do mesmo, mas ainda assim consegue cumprir a função de sombreamento, obtendo assim bons resultados até ao final de setembro.

Este estudo foi realizado com base na ferramenta OIKONET e com ajuda da renderização 3D do Revit. Os estudos foram realizados com base na altura do ano em que se deseja sombra sendo que também é possível saber qual o período do inverno que o vão irá receber luz solar, no entanto, para o tipo de uso do edifício não é relevante a influência que os sistemas de sombreamento têm na época mais fria, por se tratar de uma zona de laboratórios e estes têm ventilação individual para cada espaço, sendo fácil manipular a temperatura no interior.

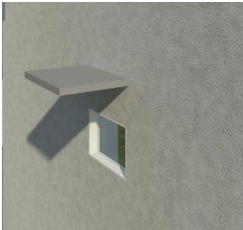
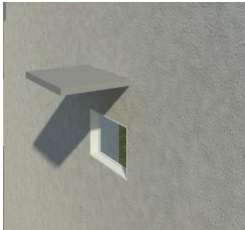
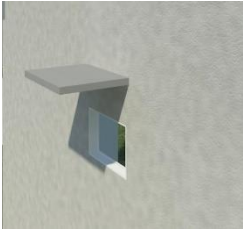
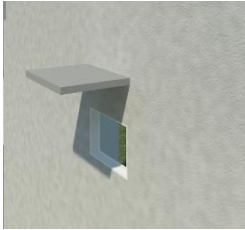
Nos seguintes anexos são apresentadas várias tabelas com os estudos das sombras nos vãos nas diferentes datas apresentadas.

7.3.1 Estudos realizados para vãos com 1.20 metros e 2.00 metros de altura com pala horizontal nos solstícios e equinócios

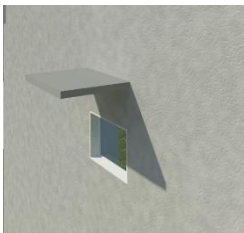
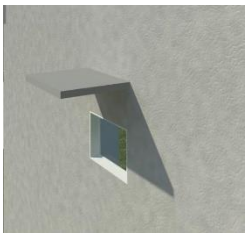






7.3.1.1 Palas distanciadas do vão (dia 20 de março e 21 de setembro)

No exemplo a seguir (tabela 14) descreve-se o modo como a sombra se comportará no local entre os dias 20 de março e 21 de setembro às 10h00, 12h00 e às 15h00. Com o 3D realizado em Revit compreende-se o comportamento da sombra nesses dias e nesse horário.

Tabela 17 - Exemplo modelo 3D com pala horizontal, uma com 172 cm e com 286 cm respectivamente para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura nos meses de junho e dezembro. (Realizado pelo autor)

Altura do Vão	Hora	20 de março	21 de setembro
1.20 m	10h00		
	12h00		

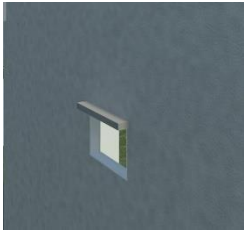

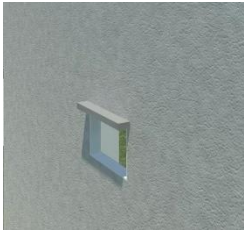

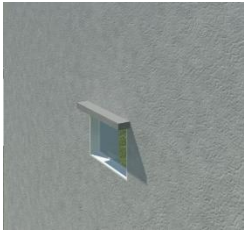

| Integração Arquitetônica de Sombreamento Solar Otimizado

	15h00		
2.00 m	10h00		
	12h00		
	15h00		



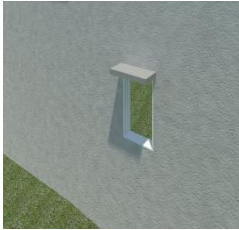
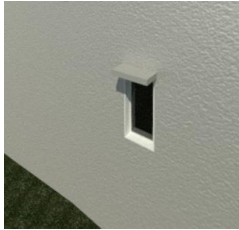

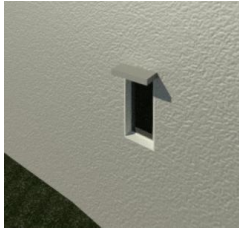
7.3.1.2 Palas junto ao vão (dia 20 de junho e 21 de setembro)

Por sua vez este exemplo (tabela 15) permite verificar como será a sombra no local nos dias 20 de junho e 21 de setembro às 10h00, às 12h00 e às 15h00. A simulação 3D em Revit permite ilustrar a sombra nesses dias e nesse horário.

Tabela 18 - Exemplo modelo 3D com pala horizontal, uma com 0.31 cm e com 0.52 cm respectivamente para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura a partir do mês de junho. (Realizado pelo autor)

Altura do Vão	Hora	20 de junho	21 de setembro
1.20 m	10h00		
	12h00		
	15h00		

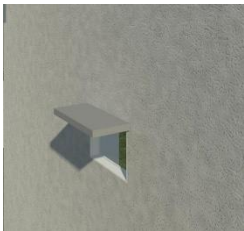
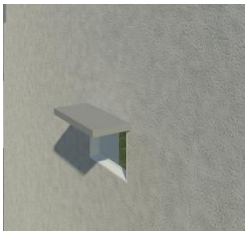
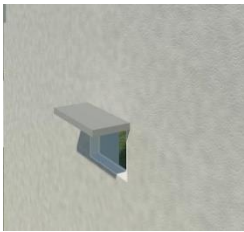
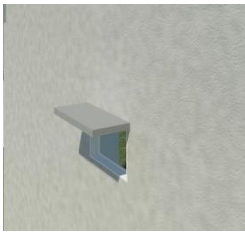
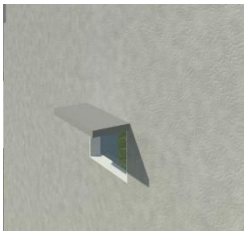
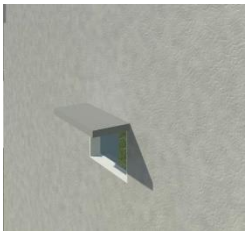
| Integração Arquitetônica de Sombreamento Solar Otimizado

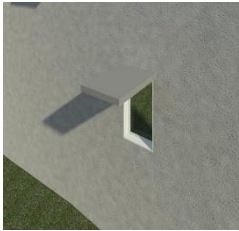
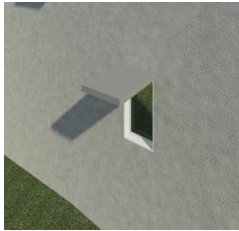
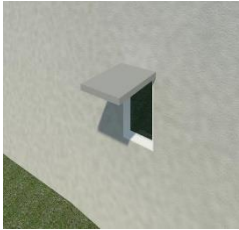
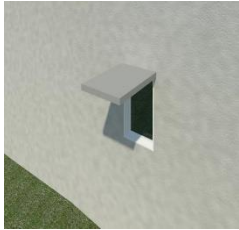
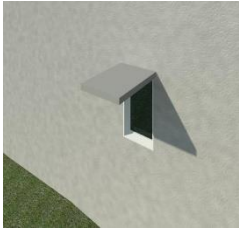

2.00 m	10h00		
	12h00		
	15h00		

7.3.1.3 *Palas junto ao vão (dia 20 de março e 21 de setembro)*

O modo como a sombra se comportará no local nos dias 20 de março e 21 de setembro às 10h00, às 12h00 e às 15h00 está retratado na tabela 19.

Tabela 19 - Exemplo modelo 3D com pala horizontal, uma com 0.96 m e com 161 cm respectivamente para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura a partir do mês de março e setembro. (Realizado pelo autor)

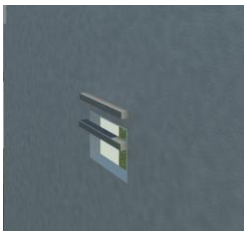

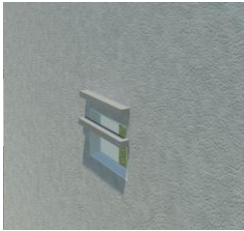
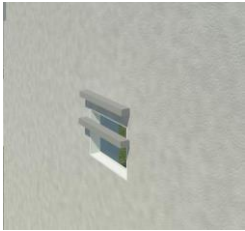
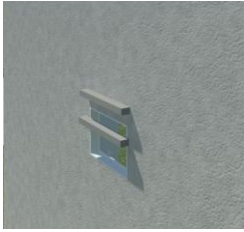
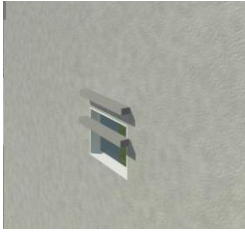
Altura do Vão	Hora	20 de março	21 de setembro
1.20 m	10h00		
	12h00		
	15h00		

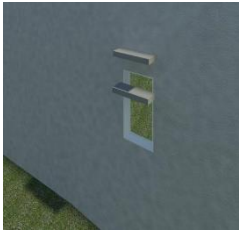
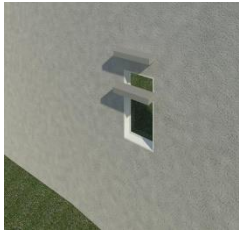
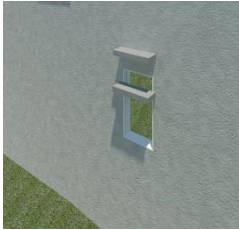
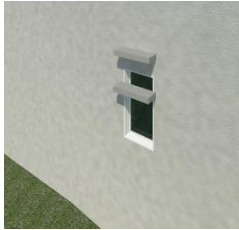


2.00 m	10h00		
	12h00		
	15h00		

7.3.1.4 *Palas duplas (dia 20 de junho e 21 de setembro)*

A seguinte tabela descreve como será a sombra no local nos dias 20 de junho e 21 de setembro às 10h00, às 12h00 e às 15h00.

Tabela 20 - Exemplo modelo 3D com pala horizontal, uma com 0,23 cm e com 0,38 cm respectivamente para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura a partir do mês de junho e setembro. (Realizado pelo autor).







Altura do Vão	Hora	20 de junho	21 de setembro
1.20 m	10h00		
	12h00		
	15h00		

2.00 m	10h00		
	12h00		
	15h00		

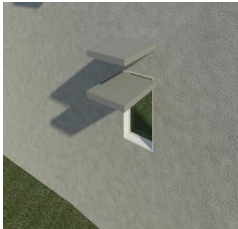
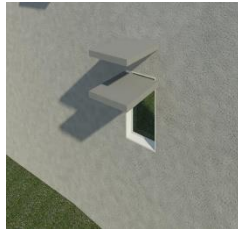
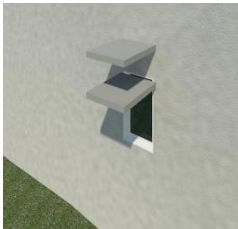
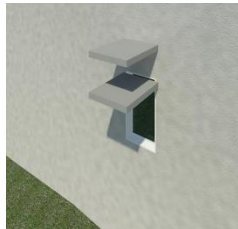
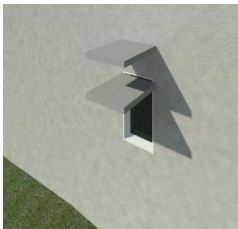

7.3.1.5 *Palas duplas (dia 20 de março e 21 de setembro)*

A seguinte tabela 21 serve de exemplo de como se comporta a sombra nestes períodos escolhidos para estudo, entre 20 de março e 21 de setembro entra às 10h00, às 12h00 e às 15h00. Com o 3D realizado em Revit compreende-se o comportamento da sombra nestas condições.

Tabela 21 - Exemplo modelo 3D com pala horizontal, uma com 0.86 m e com 1.43 m respetivamente para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura a partir do mês de março e setembro. (Realizado pelo autor)

Altura do Vão	Hora	20 de março	21 de setembro
1.20 m	10h00		
	12h00		
	15h00		

| Integração Arquitetônica de Sombreamento Solar Otimizado

2.00 m	10h00		
	12h00		
	15h00		

7.3.2 Estudos realizados para vãos com 1.20 metros e 2.00 metros de altura com pala horizontal



7.3.2.1 Palas distanciadas do vão (dia 20 de abril e 21 de agosto)

No exemplo a seguir pode verificar-se como será a sombra no local nos dias 20 de abril e 21 de agosto às 10h00, às 12h00 e às 15h00. O 3D realizado em Revit ajuda a perceber como é a sombra nesses dias e nesse horário.

Tabela 22 - Exemplo modelo 3D com pala horizontal, uma com 0.97 m e com 161 cm respectivamente para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura para os de abril e agosto. (Realizado pelo autor)

Altura do Vão	Hora	20 de abril	21 de agosto
1.20 m	10h00		
	12h00		

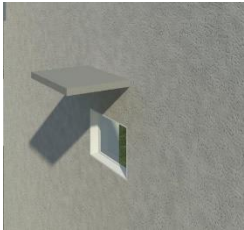
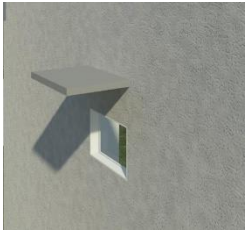
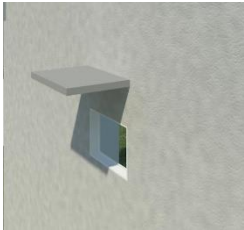
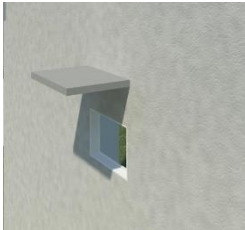
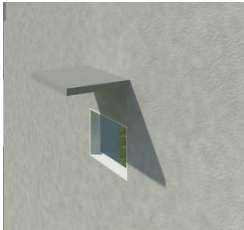
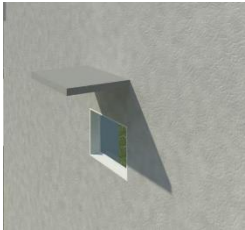
| Integração Arquitetônica de Sombreamento Solar Otimizado

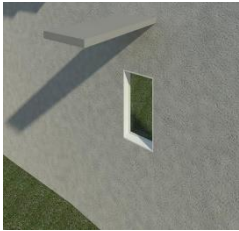
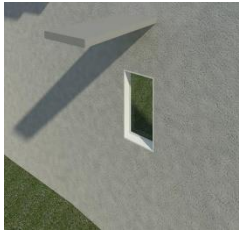
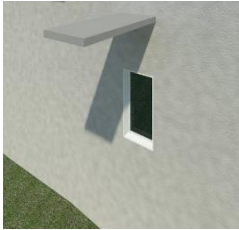



	15h00		
2.00 m	10h00		
	12h00		
	15h00		

7.3.2.2 *Palas distanciadas do vão (dia 25 de março e 16 de setembro)*

Na tabela 23 pode verificar-se como será a sombra no local nos dias 25 de março e 16 de setembro às 10h00, às 12h00 e às 15h00. O 3D realizado em Revit ajuda a perceber como é a sombra nesses dias e nesse horário.

Tabela 23 - Exemplo modelo 3D com pala horizontal, uma com 157 cm e com 261 cm respectivamente para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura nos meses de março e setembro. (Realizado pelo autor)


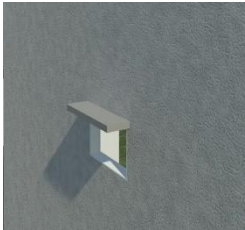
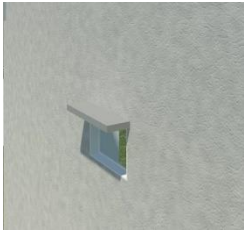
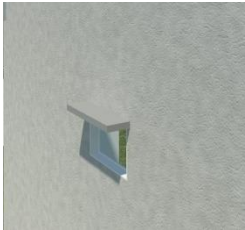
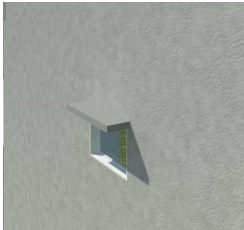
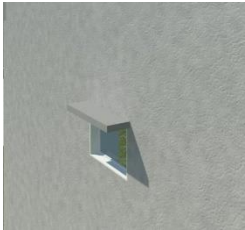
Altura do Vão	Hora	25 de março	16 de setembro
1.20 m	10h00		
	12h00		
	15h00		

2.00 m	10h00		
	12h00		
	15h00		

7.3.2.3 Palas junto ao vão (dia 20 de abril e 21 de agosto)

Na tabela 24 pode verificar-se como será a sombra no local nos dias 20 de abril e 21 de agosto às 10h00, às 12h00 e às 15h00. O 3D realizado em Revit ajuda a perceber como é a sombra nesses dias e nesse horário.

Tabela 24 - Exemplo modelo 3D com pala horizontal, uma com 0.60 m e com 101 cm respetivamente para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura nos meses de abril e agosto. (Realizado pelo autor)

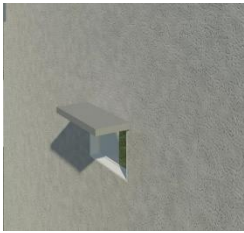
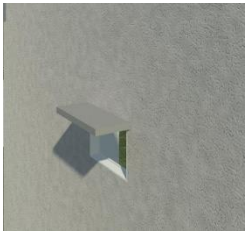
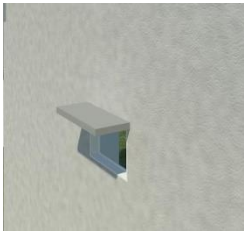
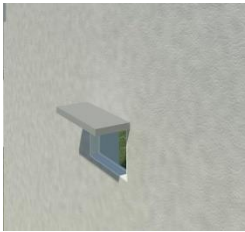
Altura do Vão	Hora	20 de abril	21 de agosto
1.20 m	10h00		
	12h00		
	15h00		

2.00 m	10h00		
	12h00		
	15h00		

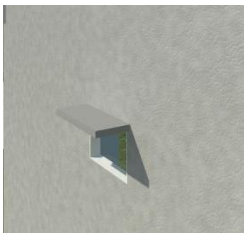
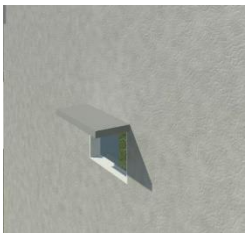
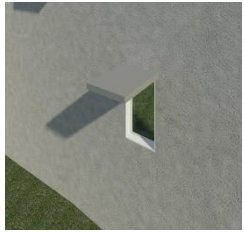
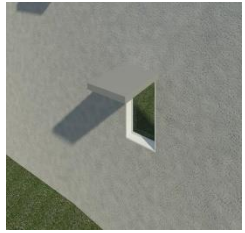




7.3.2.4 *Palas junto ao vão (dia 25 de março e 16 de setembro)*

Na tabela 25 pode verificar-se como será a sombra no local nos dias 25 de março a 16 de setembro às 10h00, às 12h00 e às 15h00. O 3D realizado em Revit ajuda a perceber como é a sombra nesses dias e nesse horário.

Tabela 25 - Exemplo modelo 3D com pala horizontal, uma com 0.89 m e com 1.49 m respetivamente para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura nos meses de março e setembro. (Realizado pelo autor)

Altura do Vão	Hora	25 de março	16 de setembro
1.20 m	10h00		
	12h00		





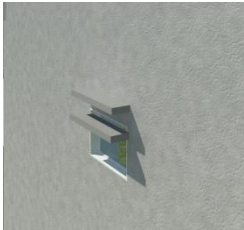

| Integração Arquitetônica de Sombreamento Solar Otimizado

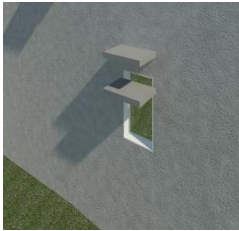
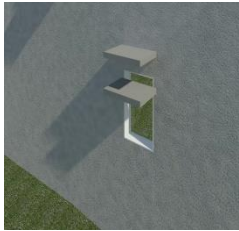
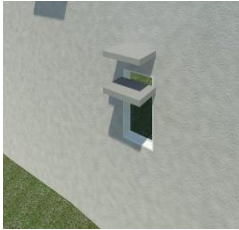
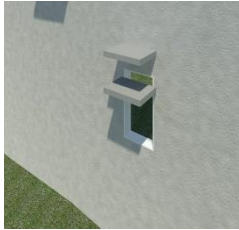


	15h00		
2.00 m	10h00		
	12h00		
	15h00		

7.3.2.5 *Palas duplas (dia 20 de abril e 21 de agosto)*

Na tabela 26 pode verificar-se como será a sombra no local nos dias 20 de abril e 21 de agosto às 10h00, às 12h00 e às 15h00. O 3D realizado em Revit ajuda a perceber como é a sombra nesses dias e nesse horário.

Tabela 26 - Exemplo modelo 3D com duas palas horizontais, uma com 0.48 cm e com 0.80 cm respetivamente para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura, nos meses de abril e agosto. (Realizado pelo autor)


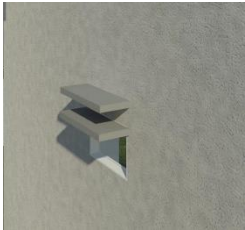

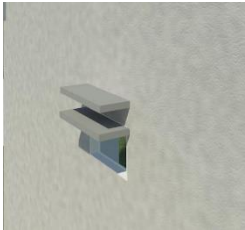
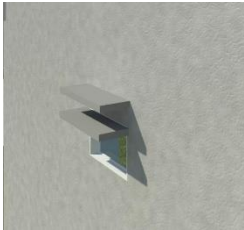
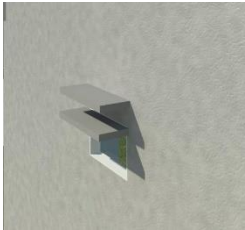
Altura do Vão	Hora	20 de abril	21 de agosto
1.20 m	10h00		
	12h00		
	15h00		

2.00 m	10h00		
	12h00		
	15h00		

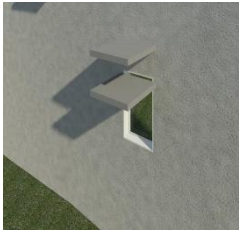
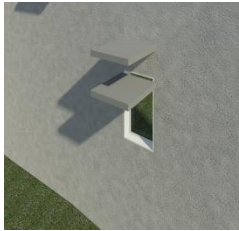
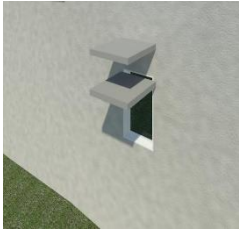
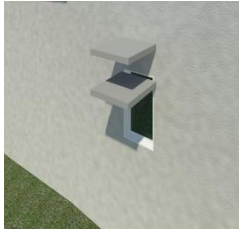
7.3.2.6 *Palas duplas (dia 25 de março e 16 de setembro)*

Na seguinte tabela pode verificar-se como será a sombra no local nos dias 20 de abril e 21 de agosto às 10h00, às 12h00 e às 15h00. O 3D realizado em Revit ajuda a perceber como é a sombra nesses dias e nesse horário.

Tabela 27 - Exemplo modelo 3D com duas palas horizontais, uma com 0.78 m e com 130 cm respetivamente para os vãos de 1.20m de altura e 2.00m de altura, nos meses de março e setembro. (Realizado pelo autor)

Altura do Vão	Hora	25 de março	16 de setembro
1.20 m	10h00		
	12h00		
	15h00		

| Integração Arquitetônica de Sombreamento Solar Otimizado

2.00 m	10h00		
	12h00		
	15h00	