

**Escola de Tecnologias e Arquitetura  
Departamento de Arquitetura e Urbanismo  
Mestrado Integrado e Arquitetura**

Bárbara Isabel Faria Marto Torcato Constantino

Trabalho de projeto submetido como requisito para a obtenção  
do grau de Mestre em Arquitetura

**As implicações do balanço energético nulo no projeto de arquitetura**

Orientador:  
Professor Doutor Vasco Rato, Professor Auxiliar, ISCTE-IUL

**Hotel de charme em Alenquer**  
Tutor:  
Professor Doutor Pedro Mendes, Professor Auxiliar, ISCTE-IUL

Outubro, 2017

---



**As implicações do balanço  
energético nulo no projeto de  
arquitetura**

Trabalho teórico submetido como requisito  
parcial para a obtenção do grau de Mestre em  
Arquitetura

Professor Doutor Vasco Rato, Professor  
Auxiliar, ISCTE-IUL

---



## Resumo

O presente trabalho tem como objetivo compreender e identificar as implicações que o conceito de balanço energético nulo originou no desenvolvimento do caso prático, sendo ele o projeto final de arquitetura.

É na produção e consumo de energia para satisfazer o avanço tecnológico e as atividades quotidianas que grande parte das emissões de gases com efeito de estufa são emitidas. A sua acumulação conduziu a dois grandes problemas climáticos, que potenciam alterações no equilíbrio natural do planeta: o aquecimento global e o buraco da camada de ozono.

Desde o início do século XIX, que o conceito de relação forma-energia deu lugar ao conceito função-forma, conduzindo a uma arquitetura baseada em tecnologias de consumo intensivo de energia. Só no final do século é que os efeitos provocados pelos edifícios no meio ambiente foram reconhecidos, surgindo o conceito de sustentabilidade. Assim sendo, os edifícios são responsáveis por 40% do consumo total de energia e 36% das emissões de CO<sub>2</sub> da UE. A implementação de estratégias de adaptação e mitigação sobre estes eventos climáticos atuam sobre a otimização da eficiência energética do sector da construção. Nesta área foram desenvolvidas diretivas a nível internacional, europeu e nacional,

onde se inclui a reformulação da diretiva referente ao desempenho energético dos edifícios (inicialmente publicada em 2002), que veio reforçar a introdução do conceito “Zero Energy Building” (ZEBs) ou edifício de energia zero nos Estados Membros da UE. O documento afirma que todos os novos edifícios têm de atingir o nível máximo de desempenho, recorrendo a sistemas locais de fornecimento de energia renovável como forma de garantir as necessidades de conforto. Determina que a partir de 2020 todos os novos edifícios devem ser “nearly zero-energy”: edifício com um elevado desempenho energético, onde o consumo anual de energia primária é equilibrado por fontes de energia renovável “on-site” ou “off-site”.

A introdução deste conceito no processo de arquitetura passa pela consciencialização dos valores de proteção contra o clima exterior por meio de estratégias passivas, quer seja no sombreamento, nas soluções construtivas ou na orientação do projeto, para alcançar o menor consumo de energia equilibrando com a produção de energia renovável.

### **Palavras-chave:**

Balanço energético nulo, Arquitetura bioclimática, Eficiência energética



## Abstract

The present work aims to understand and to identify the implications that the concept of null energy balance originated in the development of the practical case, being it the final design of architecture.

The production and consumption of energy to meet the technological advances and the day-to-day activities is responsible for a large part of greenhouse gas emissions are emitted. Their accumulation has led to two major climatic problems that potentiate changes in the planet's natural balance: global warming and the ozone hole.

Since the beginning of the nineteenth century, the concept of form-energy relationship gave way to the function-form concept, leading to an architecture based on energy-intensive technologies. It was not until the end of the century that the effects of buildings on the environment were recognized, and the concept of sustainability emerged. As such, buildings account for 40% of total energy consumption and 36% of EU CO<sub>2</sub> emissions. The implementation of strategies of adaptation and mitigation on these climatic events act on the optimization of the energy efficiency of the construction sector. In this area, directives have been developed at international, european and

national level, including the reformulation of the directive on the energy performance of buildings (initially published in 2002), which reinforced the introduction of the concept Zero Energy Building (ZEBs) in EU Member States. The document states that all new buildings have to reach the maximum level of performance, using local systems of renewable energy supply as a way to guarantee comfort needs. It also determines that from 2020 all new buildings must be "nearly zero-energy": building with a high energy performance, where annual primary energy consumption is balanced by on-site and off-site renewable energy sources.

The introduction of this concept in the architectural process involves the consciousness of the values of protection against the external climate through passive strategies, by the using of shading, the constructive solutions or the orientation of the project, to reach lower energy consumption, balanced by the production of renewable energy.

### **Keywords:**

Zero energy balance, Bioclimatic architecture, Energy efficiency

---



## Agradecimentos

Agradeço ao professor Vasco Rato por me ter dado a possibilidade de desenvolver um tema que combina duas áreas de grande importância para mim. Sem esquecer toda a ajuda, paciência, motivação e inspiração que contagiou em todos os momentos.

Agradeço aos meus pais e ao meu irmão, em particular à minha mãe por me contagiar toda a garra, determinação e capacidade de superação que a define, mostrando-me sempre que o único obstáculo na vida somos nós mesmos.

Agradeço ao Miguel por todo o carinho e palavras de apoio nos momentos certos, nunca me deixando desistir.

Agradeço às minhas amigas de coração Dídia, Francisca, Débora, Tânia, Daniela, Andreia em especial à Aline por toda a força e apoio neste percurso.

Agradeço por fim, mas não menos importante, à Sara e ao Nuno por toda a ajuda e conhecimento que me passaram para a conclusão deste trabalho.

Este trabalho é o culminar de muito esforço, dedicação e persistência ao longo destes cinco anos. Um percurso de momentos altos e baixos, mas de grande aprendizagem e descoberta a nível pessoal e profissional que me definem agora como pessoa. A todos os que contribuíram e me acompanharam no decorrer deste processo agradeço do fundo do coração.

Agradeço ao professor Pedro Mendes pela paciência e por me ter guiado até aqui.



# Parte I - Trabalho da Vertente Teórica

Resumo	
Abstract	
Agradecimentos	
Índice de ilustrações	p.III
Índice de Tabelas	p.V
<b>1. Introdução</b>	
<b>2. Energia, Clima e Conforto</b>	p.21
<b>2.1. Energia</b>	p.23
<b>2.1.1. Consumo de energia ao longo dos tempos – eras da energia</b>	p.23
<b>2.1.2. Principais tipos de energia</b>	p.27
<b>2.1.3. Enquadramento ambiental e energético</b>	p.29
<b>2.1.3.1. Política Energética Internacional</b>	p.29
<b>2.1.3.2. Política Energética Europeia</b>	p.33
<b>2.1.3.3. Política Energética Nacional</b>	p.39
<b>2.2. Clima</b>	p.41
<b>2.2.1. Noção de clima</b>	p.41
<b>2.2.2. Alterações Climáticas</b>	p.45
<b>2.3. Conforto</b>	p.51
<b>2.3.1. Conforto térmico</b>	p.53
<b>2.3.1.1. Fatores pessoais</b>	p.54
<b>2.3.1.2. Fatores ambientais</b>	p.55
<b>2.3.2. Conforto visual</b>	p.57
<b>2.3.3. Qualidade do ar interior</b>	p.59
<b>3. Arquitetura bioclimática</b>	p.63
<b>3.1. Arquitetura solar passiva</b>	p.65
<b>3.1.1. Características exteriores ao edifício</b>	p.67
<b>3.1.1.1. Parâmetros ambientais</b>	p.67
<b>3.1.1.2. Parâmetros físicos</b>	p.71
<b>3.1.2. Parâmetros de projeto de arquitetura</b>	p.73
<b>3.1.3. Sistemas passivos e ativos de captação e armazenamento de energia</b>	p.79
<b>3.2. Conceito Passive House</b>	p.85
<b>3.3. Conceito Net-Zero Energy Building (Net-ZEB)</b>	p.89
<b>4. Caso Prático – Hotel de Charme em Alenquer</b>	p.101
<b>4.1. Princípios gerais para a definição da estratégia de projeto</b>	p.101
<b>4.1.1. Relação conceito e qualidade do edifício</b>	p.101
<b>4.1.2. Análise do local - parâmetros físicos e ambientais</b>	p.103
<b>4.1.3. Desenvolvimento do projeto (estratégia adotada)</b>	p.107
<b>4.2. Modelo e parâmetros de simulação</b>	p.117
<b>4.3. Resultados das simulações apresentando diferentes hipóteses</b>	p.119
<b>4.4. Discussão dos resultados avaliando a componente arquitetónica</b>	p.123
<b>5. Conclusões Finais</b>	p.127
<b>6. Referências Bibliográficas</b>	p.131
<b>Anexo I</b>	p.143



## Índice de Ilustrações

- Figura 1** - Fluxos de energia absorvida e libertada na atmosfera terrestre (Moita, 1987), **p.45**
- Figura 2** - Alterações da temperatura da superfície da Terra entre 1901 e 2012 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014), **p.47**
- Figura 3** – Percentagem de emissões de gases com efeito de estufa segundo o setor económico (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014), **p.48**
- Figura 4** - Processos termodinâmicos do corpo humano (Lechner, 2009), **p.51**
- Figura 5** - Radiação solar direta e difusa (Moita, 1987), **p.68**
- Figura 6** - Parâmetros físicos referentes às condições do local (Moita, 1987), **p.72**
- Figura 7** - Estudo da orientação solar segundo duas implantações sobre o eixo oeste-este e norte-sul (Moita, 1987), **p.74**
- Figura 8** - Proteção dos espaços através da hierarquização do programa (Moita, 1987), **p.75**
- Figura 9** - Ganho direto (Moita, 1987), **p.80**
- Figura 10** - Ganho indireto (Moita, 1987), **p.80**
- Figura 11** - Ganho Isolado, estufa (Moita, 1987), **p.80**
- Figura 12** - Tipos de Sombreamento (Mendonça, 2005b), **p.81**
- Figura 13** - Esquema ventilação cruzada (Mendonça, 2005b), **p.82**
- Figura 14** - Esquema efeito chaminé (Mendonça, 2005b), **p.82**
- Figura 15** - Os cinco princípios base do conceito “Passive House” (Passipedia, n.d.), **p.85**
- Figura 16** - Primeiro exemplar do conceito “Passive House”, a casa Darmstadt-Kranichstein, na Alemanha (Barry, 2016), **p.86**
- Figura 17** -Ligação entre o edifício e as infraestruturas de energia in (Sartori et al., n.d.), **p.94**
- Figura 18** - Representação gráfica do conceito “Net-ZEB” in (Sartori et al., n.d.), **p.96**
- Figura 19** - Vila de Alenquer, (GoogleMaps, 2017), **p.103**
- Figura 20** - Zona alta da Vila de Alenquer, GoogleMaps 2017, **p.104**
- Figura 21** - Temperatura média anual em Alenquer (“Anos meteorológicos de referência para simulação dinâmica” Versão 1.05 de 2014, LNEG), **p.106**
- Figura 22** - Temperaturas máximas e mínimas em Alenquer (“Anos meteorológicos de referência para simulação dinâmica” Versão 1.05 de 2014, LNEG), **p.106**
- Figura 23** - Humidade Relativa Média em Alenquer (“Anos meteorológicos de referência para simulação dinâmica” Versão 1.05 de 2014, LNEG), **p.106**
- Figura 24** - Diagrama da relação dos espaços do programa, **p.108**
- Figura 25 e 26** - Piso 0, cota 77 e Piso 1, cota 80, **p. 110**
- Figura 27 e 28** - Planta Piso 2, cota 83 e Planta Piso 3, cota 86, **p.111**
- Figura 29 e 30** - Planta Piso 4, cota 89 e Planta de Cobertura, **p.112**
- Figura 31** - Soluções construtivas adotadas, **p.113**
- Figura 33** - Modelo parcial do edifício em Sketchup, 2017, **p.116**
- Figura 34** - Modelo do edifício em Sketchup, 2017, **p.116**
- Figura 35** - Modelo parcial do edifício com sombreamento em Sketchup, 2017, **p.116**

- Figura 36** - Carga de avac e cargas internas anuais, com base de conforto 20-25°C sem sombreamento, **p.120**
- Figura 37** - Carga de avac e cargas internas anuais, com base de conforto 20-25°C com sombreamento, **p.120**
- Figura 38** - Carga de avac e cargas internas anuais, com base de conforto 19-27°C sem sombreamento, **p.120**
- Figura 39** - Carga de avac e cargas internas anuais, com base de conforto 19-27°C com sombreamento, **p.120**
- Figura 40** - Comparação da simulação n.º1 e n.º2, **p.123**
- Figura 41** - Comparação da simulação n.1 e n.º3, **p.124**
- Figura 42** - Comparação da simulação n.2 e n.º4, **p.125**
- Figura 43** - Comparação da simulação n.º1 e n.º4, **p.125**
- Figura 44** - Hotel: gráfico do período de ocupação de Segunda a Sexta (Autodesk, 2015), **p.143**
- Figura 45** -Hotel: gráfico do período de ocupação de Sábado (Autodesk, 2015), **p.143**
- Figura 46** - Hotel: gráfico do período de ocupação de Domingo (Autodesk, 2015), **p.144**
- Figura 47** - Administração: gráfico referente ao período de ocupação de Segunda a Sexta (Autodesk, 2015), **p.144**
- Figura 48** - Administração: gráfico referente ao período de ocupação de Sábado (Autodesk, 2015), **p.145**
- Figura 49** - Administração: gráfico referente ao período de ocupação de Domingo (Autodesk, 2015), **p.145**
- Figura 50** - Restaurante: gráfico referente ao período de ocupação de Segunda a Sexta (Autodesk, 2015), **p.146**
- Figura 51** - Restaurante: gráfico referente ao período de ocupação de Sábado (Autodesk, 2015), **p.146**
- Figura 52** - Restaurante: gráfico referente ao período de ocupação de Domingo (Autodesk, 2015), **p.147**

## Índice Tabelas

**Tabela 1** - Definições de edifícios Net-zero e zero-energy organizados por ordem de aparecimento in (CHARLES J. KIBERT & FARD, 2012) || **p.91**

**Tabela 2** - Hierarquia do fornecimento de energia renovável num edifício ZEB (Torcellini et al., 2006) || **p.98**

**Tabela 3** - Campos de trabalho para o desenvolvimento do projeto de arquitetura || **p.102**



# **1.Introdução**

## **Enquadramento geral do tema**

A questão atual de implementar uma estratégia de projeto de arquitetura mais consciente e adequado ao clima e à redução do consumo de energia é uma temática emergente no âmbito da arquitetura, face às alterações climáticas visíveis ao longo dos anos e ao elevado consumo de energia do parque edificado. Ao longo dos anos têm surgidos conceitos e estratégias que analisam e compreendem as condições do clima e produzem respostas na área de arquitetura de forma a estabelecer o equilíbrio entre os dois temas. Alguns dos principais conceitos abordados no presente trabalho são a Arquitetura Bioclimática, a Passive House e o Net-ZEB.

No âmbito do Mestrado Integrado em Arquitetura, do ISCTE-IUL, do ano letivo 2016/2017, foi proposta a realização de um trabalho de projeto final com base em duas vertentes, uma teórica e outra prática.

O tema escolhido para a vertente teórica tem como base um tópico emergente na área da arquitetura relacionado com a eficiência energética nos edifícios face à questão das alterações climáticas do planeta. Para uma melhor compreensão e análise dos assuntos era essencial incorporar a vertente teórica na vertente prática, obtendo assim uma entendimento mais direto e realista.

É essencial dotar de conhecimento mais especializado os agentes responsáveis pelo parque edificado, nomeadamente os arquitetos, que assume 40% do consumo total de energia e 36% das emissões de CO<sub>2</sub> da EU. O entendimento e implementação destas estratégias no processo de projeto em conjunto com todo o desenvolvimento do conceito arquitetónico promove um edifício mais consciente em relação ao clima e mais eficiente ao nível do consumo de energia sem comprometer a qualidade arquitetónica.



## Principais objetivos e organização

O objetivo deste trabalho teórico assenta na identificação e compreensão das implicações que surgiram durante a conceção do projeto final de arquitetura na vertente prática, assumindo em todas as fases de desenvolvimento do projeto as exigências climáticas e energéticas necessárias para alcançar um edifício de balanço energético nulo. Para aplicar os conceitos estruturantes do tema, o presente trabalho desenvolve-se sobre dois capítulos de contextualização e um capítulo relativos ao caso prático.

O capítulo 2 enquadra os três temas base para entender os conceitos energéticos relativos ao projeto de arquitetura, sendo eles energia, clima e conforto. No tópico da energia é feita uma contextualização sobre o consumo de energia desde a pré-história até ao século XXI, associado ao crescimento populacional e económico bem como à procura de melhor qualidade de vida do Homem. Ainda sobre este tema é realizado o enquadramento das políticas energéticas a nível internacional, europeu e nacional. Em seguida, o tópico do clima faz referência às alterações climáticas que têm ocorrido no planeta ao longo dos anos e como é fundamental adotar estratégias de adaptação e mitigação face aos eventos

registados e às previsões assinaladas. Por último, é abordado o tópico do conforto onde é apresentada a noção de conforto térmico, conforto visual e qualidade do ar interior que afetam diretamente a forma como o ocupante habita um espaço ou edifício.

O enfoque do capítulo 3 é o tema da Arquitetura Bioclimática, onde são abordados os conceitos fundamentais cujo principal fator determinante é aliar a consciência climática à eficiência energética garantindo o conforto do ocupante. Eles são arquitetura solar passiva, Passive House e Net-ZEB.

O capítulo 4 apresenta o processo relativo ao caso prático, começando por analisar as condições climáticas de Alenquer e compreender quais as exigências energéticas, para fazer corresponder nas soluções construtivas adotadas, na disposição programática e outras estratégias passivas necessárias. Concluída a forma do projeto, é utilizado um programa de simulação energética, EnergyPlus para obter resultados sobre as condições de ambiente interior e analisar os parâmetros de consumo energético. Este trabalho foi redigido de acordo com o novo acordo ortográfico da língua portuguesa e segundo a normas bibliográfica APA.



## **2. Energia, Clima e Conforto**

Este capítulo analisa a questão do aumento do consumo de energia para satisfazer as necessidades de conforto e energéticas que acompanham o desenvolvimento das sociedades desde a pré-história até ao século XXI.



## 2.1 Energia

### 2.1.1. Consumo de energia ao longo dos tempos – eras da energia

As Eras da Energia que sucederam desde a pré-história até ao século XXI são marcadas pela transição da fonte de energia utilizada. Começou por ser apenas o uso do fogo (energia biomassa) e a força somática para cumprir as funções básicas do Homem, como obter alimentos e construir abrigo. A primeira transição de energia sucede com a substituição da força humana nas atividades agrícolas pela

força animal, através da sua domesticação, e o aprimoramento de ferramentas e utensílios que auxiliavam as atividades do dia-a-dia face ao aperfeiçoamento do uso do fogo. A segunda transição é determinada pela implementação de processos de captação de energia por rodas de água e moinhos de vento que tiravam proveito da força da água e do vento. Com a introdução destes motores movidos a água durante a Idade Média, são desenvolvidos navios à vela capazes de fazer viagens intercontinentais, o que possibilitou o início da globalização. A terceira transição de energia ocorre no século XX e estabelece um período decisivo no uso intensificado de recursos não renováveis. A implementação da força mecânica em substituição da força animal e a introdução de combustíveis fósseis para produção de energia vêm responder à escassez de recursos provenientes da energia biomassa. A quarta transição decorre no século XXI com a implementação do sistema elétrico na vida quotidiana do Homem e o aparecimento de novas fontes de energia como a energia nuclear, as turbinas de vento e as células fotovoltaicas (Smil, 2004).

A 1ª Era da Energia sucedeu há 300 000 anos, no designado período da pré-história. O Homem utilizava a sua própria energia e força para garantir a provisão de alimentos e a construção de abrigo fundamentais para a sua sobrevivência. Com o aprimoramento das ferramentas disponíveis, este conseguia desempenhar as funções básicas com mais eficácia. Através da agricultura o Homem produzia fontes de energia (na forma de plantas) por meio de processos de fotossíntese como forma de garantir a sua sobrevivência (Burke III & Pomeranz, 2009)(Smil, 2004). O aumento da disponibilidade de alimentos proporcionou o crescimento populacional, que por sua vez conduziu à expansão das áreas de culturas à sua exploração intensificada. O aproveitamento da força mecânica dos animais veio a dar resposta à necessidade de melhorar as condições das colheitas que outrora dependiam da força humana. O aperfeiçoamento do uso do fogo permitiu a sua utilização para fins de aquecimento e confeção de alimentos nas atividades básicas do Homem (há cerca de 250 000 anos). Para além do fogo, o carvão vegetal servia para converter madeira em combustível de alta densidade energética, atividade que potenciou

a desflorestação das florestas. A 1ª transição de energia é assinalada pela domesticação de animais e o aproveitamento do fogo para produzir metais e outros materiais duradouros que tinham como objetivo elevar o rendimento de energia do Homem.

Na procura de maior eficiência e diversificação de novos processos de captação de energia, surgem os primeiros motores movidos a água. No início incluíam pás de rotação horizontais que encaminhavam a água para calhas de madeira montadas sobre um eixo fixado a uma pedra do moinho, sendo posteriormente substituídas por pás de rotação verticais. Ao longo do período da Idade Média continuou o domínio sobre os animais em paralelo com a evolução dos motores movidos a água e vento mais eficazes, principalmente os de água que se disseminaram rapidamente e se tornaram os principais motores mais poderosos da era moderna. Deles surgiram os navios com velas quadradas equipados com armas de guerra, que aproveitavam a energia do vento para se deslocarem. Este novo meio possibilitou as primeiras grandes viagens entre continentes que deram início à globalização. Já no início do séc. XVIII a exploração intensiva das florestas para obter

matéria-prima estava a esgotar os recursos disponíveis, alertando para a necessidade de substituir as fontes principais de energia. A 2ª transição assenta na substituição da força muscular (energia somática) por rodas de água e moinhos de vento.

Na passagem para a era moderna eram utilizados quatro tipos de forças geradoras de energia: animal, motores movidos a água, moinhos de vento e motores a vapor. Dada a escassez de madeira face ao aumento das exigências de aquecimento, confeção de alimentos, construção de casas e barcos, as fontes energéticas foram reajustadas. Da biomassa passou para combustíveis fósseis e da força animal para força mecânica, através de motores mais eficazes. Durante este período culmina a Revolução Industrial em Inglaterra, país pioneiro na substituição de madeira por carvão durante os séculos XVI e XVII. James Watt aperfeiçoou a máquina a vapor de Thomas Newcomen, transformando-a num motor de alta pressão multifacetado utilizado não só na indústria, mas também no sector dos transportes: o desenvolvimento de navios a vapor permitia viagens intercontinentais via mar e de locomotivas a vapor por via terrestre. A 3ª transição de energia ocorre no século XX,

com a substituição da força animal por força mecânica (motores) e a substituição de energia biomassa por combustíveis fósseis (primeiro carvão durante 1800-1914, e depois petróleo e gás natural desde 1880 até ao presente) (Burke III & Pomeranz, 2009)(Smil, 2004).

Ao entrar no século XXI, é evidente o domínio dos combustíveis fósseis como fonte principal de energia, principalmente para satisfazer as necessidades de transporte. Paralelamente é implementado nas cidades o sistema elétrico que permitia gerar, transmitir e utilizar eletricidade nas atividades diárias e o sector da indústria. A necessidade de melhorar a qualidade de vida é o principal impulsionador do alto consumo de energia, da necessidade de uma maior colheita de alimentos, da acumulação de bens e de uma mobilidade mais eficiente. Como resultado destes estímulos observa-se o crescimento populacional acentuado, a ascensão da economia, a expansão do comércio mundial e a globalização. A 4ª transição de energia sucede durante o século XXI, marcada pela construção da primeira estação geradora de eletricidade, pelo aparecimento de novas fontes de energia: nuclear, turbinas de vento, células fotovoltaicas, e pela

diminuição do consumo de carvão face ao aumento de hidrocarbonos, primeiro crude e depois gás natural (Smil, 2004).

## 2.1.2. Principais tipos de energia

se considerem inesgotáveis, onde podemos considerar a radiação global, energia biomassa, energia geotérmica, energia eólica, energia hidroelétrica, correntes oceânicas, marés e ondas. A radiação global pode ser aproveitada para a conversão de calor ou eletricidade, através de coletores solares térmicos e de painéis fotovoltaicos. A energia biomassa é obtida através da queima matéria orgânica sólida, líquida e gasosa para a geração de calor e eletricidade. Esta matéria provém de plantas e animais, madeira e desperdícios do processamento da mesma, culturas agrícolas e resíduos, gases de aterro sanitário originários de estrume animal e dejetos humanos, biocombustíveis – etanol e biodiesel. A energia geotérmica é proveniente do aproveitamento das elevadas temperaturas presentes na crosta sólida do Planeta por meio de processos de vapor na produção de eletricidade e no fornecimento de aquecimento. A energia eólica utiliza o movimento do ar para gerar eletricidade. A energia hidroelétrica tira partido do movimento da água de um ponto para outro para produzir energia. As correntes oceânicas, marés e ondas têm como base o aproveitamento do movimento da água do mar, quer seja no meio do oceano,

A energia do planeta Terra pode ser qualificada em três fontes primárias de onde provêm as energias renováveis: radiação solar, energia geotérmica e fontes de energia fóssil armazenadas no núcleo do Planeta, de onde provêm as energias não renováveis. A energia renovável diz respeito aos recursos que têm a capacidade de se regenerar ou que

quer seja pela formação e rebentação das ondas para a geração de eletricidade (Hegger, Fuchs, Stark, & Zeumer, n.d.).

A energia não renovável refere-se aos recursos que têm uma finitude e/ou não são repostos ao longo do tempo, na sua maioria combustíveis fósseis. São provenientes de reservatórios subterrâneos criados no período carbonífero (há cerca de 360-300 milhões de anos), num habitat terrestre caracterizado por mares rasos e florestas pantanosas. Na superfície, através da fotossíntese, desenvolviam-se plantas, algas e plâncton que depois de morrerem foram cobertos por rochas e outros sedimentos, no manto oceânico. Sujeitos a uma enorme pressão e calor, originaram os recursos fósseis que conhecemos hoje em dia: o crude, o carvão e o gás natural composto por metano (“non-renewable energy - National Geographic Society,” n.d.)(U.S Energy Information Administration, n.d.).

Energia Final é toda a energia recebida aos utilizadores resultante da transformação e processamento da energia primária.

## 2.1.3. Enquadramento ambiental e energético

### 2.1.3.1. Política Energética Internacional

A primeira vez que o tema sobre o estado do ambiente do planeta foi abordado ocorreu na Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano (CNUAH) em 1972, na cidade de Estocolmo. Deste evento, culminou a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) pela Assembleia das Nações Unidas (Agência Portuguesa do Ambiente, n.d.-c)(Oficina Catalana del Canvi Climàtic & Generalitat de Catalunya, 2010).

Seguiu-se a primeira conferência sobre o clima mundial em Génova no ano de 1979, promovida pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM). O enfoque do evento foi o tema do aquecimento global e as suas consequências para a atividade humana. Nesta conferência foi redigida uma declaração que chamava à atenção os governos mundiais para prever e evitar mudanças no clima provocadas pelas atividades humanas que teriam consequências no bem-estar da humanidade, e foi criado o Programa Mundial sobre o Clima

(WCP) que estava ao encargo da Organização Meteorológica Mundial (OMM), do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e do Conselho Internacional para a Ciência (ICSU). Posteriormente, em 1988, o OMM e o PNUMA criaram o Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas cujo objetivo era de elaborar revisões e recomendações sobre o estado das mudanças climáticas do planeta, determinar qual era o impacto social e económico dessas alterações no ambiente e apontar estratégias a adotar para minimizar esses eventos (Oficina Catalana del Canvi Climàtic & Generalitat de Catalunya, 2010)(OMM, 1979).

*“Man today inadvertently modifies climate on a local scale and to a limited extent on a regional scale. There is serious concern that the continued expansion of man’s activities on earth may cause significant extended regional and even global changes of climate. This possibility adds further urgency to the need for global co-operation to explore the possible future course of global climate and to take this new understanding into account in planning for the future development of human society.”(OMM, 1979)*

O conceito de “desenvolvimento sustentável” foi introduzido na agenda política pela Comissão Mundial sobre o Ambiente e o Desenvolvimento com a redação do designado Relatório de Brundtland no ano de 1987. Este documento propõe a sua definição como um desenvolvimento cujo objetivo é satisfazer as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer as suas necessidades. A economia, o ambiente e o bem-estar da sociedade são a base fundamental para o conceito de “desenvolvimento sustentável” (Agência Portuguesa do Ambiente, n.d.-c)(World Commission on Environment and Development, 1987).

A Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento (Cimeira do Rio), que decorreu em 1992, deu continuidade à Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano de 1972. Deste evento foram produzidos documentos que davam resposta à temática do clima e das alterações climáticas, como a Carta da Terra, a Declaração de Princípios sobre Florestas, a Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Agenda 21 e três convenções: a UNFCCC (Convenção-Quadro das Nações Unidas

sobre as Alterações Climáticas), a CBD (Convenção sobre a Diversidade Biológica, ou Convenção da Biodiversidade) e a UNCCD (Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação) (Agência Portuguesa do Ambiente, n.d.-b) (Oficina Catalana del Canvi Climàtic & Generalitat de Catalunya, n.d.). Os documentos com mais realce foram a Agenda 21, que afirmou a importância da responsabilidade de cada país atuar sobre os problemas socio-ambientais (Cupeto, Silva, Abelha, Ribeiro, & Figueiredo, 2007) (L. D. de Oliveira, n.d.)(Cupeto et al., 2007) e a UNFCCC, adotada em 1994, que tinha como intuito principal estabilizar as concentrações de gases com efeito de estufa de origem antropogénica para prevenir interferências perigosas e mais extremas no sistema climático (G. M. Oliveira, 2014)(Nations Conference on the Human Environment, 1972)(Oficina Catalana del Canvi Climàtic & Generalitat de Catalunya, n.d.).

O Protocolo de Quioto datado de 1997, foi o primeiro tratado jurídico internacional que determinou os limites de emissões de gases com efeito de estufa dos países industrializados, incutindo condições diferentes para os países desenvolvidos e em desenvolvimento em

concordância com a quantidade de emissões produzidas individualmente. A redução média das emissões então definida foi de 5% em relação aos níveis de 1990, entre o período de 2008-2012. Entrou em vigor em 2005 com validade até 31 de Dezembro de 2012. No grupo de países que subscreveu este documento ficaram de fora os Estados Unidos da América, a China, a Índia e o Brasil, países que têm uma cota de responsabilidade elevada nas emissões globais de gases com efeito de estufa (Agência Portuguesa do Ambiente, n.d.-f). A revisão deste documento, designado de “Emenda de Doha ao Protocolo de Quioto” viu a sua validade prolongada até 2020, porém só foi aceite por uma grande parte dos países europeus. Ficaram de fora países desenvolvidos como o Japão, a Nova Zelândia, a Federação Russa e o Canadá (G.M. Oliveira, 2014)(United Nations Framework Convention on Climate Change, n.d.-a).

Já em 2015, na conferência de partidos (COP21) em Paris, foram acordadas medidas para combater as alterações climáticas e acelerar as ações e investimentos necessários para um futuro sustentável de baixo carbono. Deste evento resultou o Acordo de Paris que conseguiu unir todas as nações para o propósito

comum de agir contra as mudanças climáticas e adaptar-se aos efeitos que delas advêm, e ainda apoiar os países em desenvolvimento para que também possam atuar sobre os mesmos objetivos. O enfoque principal deste documento é reforçar a resposta global das nações para com as alterações climáticas limitando o aumento da temperatura global do planeta abaixo dos 2 °C em relação aos níveis do período pré-industrial, melhorar a capacidade de os países lidarem com as mudanças no clima e garantir a coesão entre fluxos financeiros e a redução das emissões de gases com efeito de estufa. Para atingir as metas propostas é essencial implementar um novo quadro tecnológico e acompanhar as atividades quer dos países desenvolvidos e em desenvolvimento em correspondência com os seus objetivos nacionais, estando os signatários comprometidos com o reporte regular das suas emissões e implementações (United Nations Framework Convention on Climate Change, n.d.-b)(United Nations Framework Convention on Climate Change, n.d.-c) (United Nations, 2015)(Conselho Europeu, n.d.)(International Energy Agency, 2016).



### 2.1.3.2. Política Energética Europeia

Os princípios gerais que determinaram a política energética da União Europeia vêm responder aos desafios que a ela são impostos, como os preços elevados e voláteis da energia, o aumento da procura energética a nível global, as ameaças crescentes das alterações climáticas, as perturbações no abastecimento, entre outros (União Europeia, n.d.-b)(Stoerring, 2017). Em 2007, o Tratado de Lisboa determinou os objetivos principais da política energética que se mantêm ao longo das estratégias apresentadas: o funcionamento do mercado de energia, a segurança do aprovisionamento energético da União Europeia, a promoção da eficiência energética, das economias de energia e da interligação de redes, e o desenvolvimento de energias novas e renováveis (Stoerring, 2017).

A Comissão Europeia criou para o sector da energia o pacote da União da Energia, publicado em 2015. Tem como objetivo garantir o acesso a energia segura, sustentável e a preços acessíveis para/a uma Europa que importa 53% do total de energia consumida (Conselho Europeu, n.d.). Este pacote pretende atuar em três níveis: desenvolvimento de uma Estratégia-Quadro para a União de Energia que determina os

seus objetivos e as medidas a serem adotadas, a redação de um novo acordo mundial sobre o clima (o Acordo de Paris) e o reforço da comunicação das medidas para alcançar o objetivo de 10% de interligação elétrica até 2020. Os cinco pontos fundamentais de atuação são: a segurança, solidariedade e confiança entre os países da UE, a existência de um mercado interno de energia integrado e de livre circulação dotado de infraestruturas apropriadas que garantem a segurança do aprovisionamento, a independência das importações de energia que assegura a eficiência energética, a descarbonização da economia mais impulsionada pelo Acordo de Paris e o apoio na investigação, inovação e competitividade das tecnologias limpas e hipocarbónicas (Comissão Europeia, n.d.). A Estratégia-Quadro da Comissão refere-se ao plano de ação sobre o clima e a energia para 2030, tendo como base três princípios fundamentais: a segurança do aprovisionamento, a competitividade e a sustentabilidade (União Europeia, n.d.-b) (Conselho Europeu, n.d.). São desenvolvidos outros documentos e estratégias que vão reforçando as metas e objetivos definidos pelas políticas internacionais.

O Pacote legislativo Energia-Clima aprovado pelo Parlamento Europeu em 2008, integrou a Política Climática UE 2020 e visava a redução de 20% das emissões de gases com efeito de estufa, o aumento da quota-parte das energias renováveis no consumo de energia e da eficiência energética em 20% até 2020. Este documento abrangia propostas ao nível do comércio de licenças de emissões, da captura e armazenagem do carbono e de energia proveniente de fontes renováveis, da contribuição de cada Estado-Membro para a redução das emissões de gases com efeito de estufa e das emissões de CO<sub>2</sub> dos automóveis, e de especificações para os carburantes (Agência Portuguesa do Ambiente, n.d.-e) (Parlamento Europeu, 2008).

A Estratégia Europeia de Adaptação às Alterações Climáticas, publicada pela Comissão Europeia em 2013, fundamentava-se em três pontos: promover a ação dos Estados-Membros na adoção de estratégias de adaptação, disponibilizar informação mais desenvolvida para facilitar a tomada de decisões e promover a adaptação nos sectores mais vulneráveis (agricultura, pescas e política de coesão) com infraestruturas mais resilientes, e adotar seguros contra catástrofes

naturais ou de origem antropogénica (Agência Portuguesa do Ambiente, n.d.-a) (Agência Europeia do Ambiente, 2017).

Para fazer cumprir os acordos a nível internacional, a União Europeia estipulou os seus próprios objetivos em matéria de energia e clima em três etapas: 2020, 2030 e 2050 (União Europeia, n.d.-b) (União Europeia, n.d.-a) (Agência Portuguesa do Ambiente, n.d.-g).

Objetivos para 2020:

»Redução das emissões de gases com efeito de estufa em pelo menos 20%, comparativamente aos níveis de 1990.

»Aumento para 20% da cota de energia de fontes renováveis.

»Melhorar a eficiência energética para reduzir em 20% o consumo de energia primária.

Objetivos para 2030:

»Redução das emissões de gases com efeito de estufa em 40%, comparativamente aos níveis de 1990.

»Aumento para 27% da cota de energia de fontes renováveis.

»Transferir 15% de eletricidade produzida na UE para outros países da UE.

Objetivos 2050:

»Redução das emissões de gases com efeito de estufa em 80-95% em comparação aos níveis de 1990.

»Manter o aumento da temperatura global do planeta abaixo os 2 °C.

Não só é importante limitar mais alterações climáticas no futuro próximo através da implementação de estratégias a cumprir a nível internacional e europeu, mas também a adaptação às mudanças climáticas no presente pode minimizar e prevenir consequências mais drásticas no futuro. Este tipo de intervenção enquadra-se ao nível local e regional, podendo ser implementado na construção de proteções contra inundações, na escolha de espécies de árvores mais resistentes a tempestades e incêndios, na adaptação dos edifícios à ocorrência de eventos meteorológicos extremos e às condições climáticas futuras, entre outros exemplos (União Europeia, n.d.-a)(European Commission, n.d.-a).

Os edifícios são responsáveis por 40% do consumo total de energia e 36% das emissões de CO<sub>2</sub> da UE, principalmente os edifícios com mais de 50 anos que

contabilizam 35% do seu parque edificado. Melhorar a sua eficiência energética permite a redução do consumo de energia total em 5-6% e as emissões de CO<sub>2</sub> em 5%. Dentro do tema da eficiência energética dos edifícios, a União Europeia tem vindo a desenvolver políticas energéticas com o propósito de implementar medidas que reduzam o consumo de energia no parque edificado (European Commission, n.d.-b).

Na área da eficiência energética foram redigidos vários planos de ação, em 2000, 2006 e 2012. Estes documentos indicavam medidas no sector público e dos edifícios, nas obrigações de fornecimento e cogeração de energia e na área do financiamento. Em 2016, foi proposta uma nova atualização da diretiva relativa à Eficiência Energética que visava ajustar as medidas aplicadas nos documentos anteriores como meio de garantir o cumprimento das metas estipuladas para 2020 e 2030 (European Council for an Energy Efficient Economy, n.d.)(European Commission, n.d.-d)(European Commission, n.d.-b).

Na área da eficiência energética dos edifícios, o primeiro documento publicado foi a diretiva n.º 93/76/CEE (SAVE) a 13 de

Setembro de 1993 pela então Comunidade Económica Europeia. Nele são definidos os novos objetivos da política energética comunitária para 1995 e a limitação das emissões de CO2 por meio do aumento da eficiência energética, incluindo os seguintes programas (Comissão Europeia, 1993):

- »Certificação energética dos edifícios.
- »Faturação das despesas de aquecimento, ar condicionado e água quente sanitária com base no consumo real.
- »Financiamento por terceiros dos investimentos em eficiência energética no sector público.
- »Isolamento térmico dos edifícios novos;
- »Inspeção periódica de caldeiras.
- »Auditorias energéticas nas empresas com elevado consumo de energia.

A 16 de Dezembro de 2002 foi publicada a diretiva n.º 2002/91/CE relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios (EPBD). Este documento entrou em vigor a 4 de Janeiro de 2003 como sendo o principal instrumento legislativo europeu que visava a melhoria da eficiência energética do parque edificado europeu, para cumprir as metas

do Protocolo de Quioto. Os quatro pontos fundamentais deste documento são (EuroACE, n.d.)(Parlamento Europeu & Europeia, 2003):

- »Implementação de uma metodologia de cálculo para avaliar o desempenho energético integrado dos edifícios.
- »Criação de um sistema de certificação de energia para os edifícios novos e existentes, incluindo também os edifícios do domínio público.
- »Inspeções regulares dos sistemas de aquecimento e ar condicionado.
- »Introdução de padrões mínimos de desempenhos energético para edifícios novos e existentes que sofram renovações extensas.

A revisão da diretiva de Desempenho Energético dos Edifícios foi publicada a 19 de Maio de 2010 e designada de EPBD Recast – diretiva n.º 2010/31/EU. Entrou em vigor a 18 de Junho de 2010 com o objetivo de atualizar e reforçar as metas delineadas na diretiva anterior. Os princípios base deste documento são (EuroACE, n.d.):

- »Desenvolvimento de uma estrutura de metodologia comparativa para o cálculo nos

níveis de custo-ótimo dos requisitos mínimos de desempenho energético.

»Até Dezembro de 2020, todos os novos edifícios (Dezembro de 2018 para os edifícios públicos) devem ser “nearly-zero energy”.

»Implementação de incentivos financeiros para agilizar a transição dos edifícios a “nearly-zero energy”.

»Certificação obrigatória para todos os edifícios que sejam construídos, vendidos ou alugados.

»Aplicação de sanções quando se observe o incumprimento destas normas.

No seguimento do Acordo de Paris em 2015, o Conselho Europeu considera fundamental a atualização das políticas energéticas para atingir as metas propostas até 2030 em simultâneo com a transição para uma economia de baixo carbono implementada pela União de Energia. A Comissão Europeia propõe assim a reformulação da diretiva a 30 de Novembro de 2016 como forma de simplificar as regras existentes e promover o uso de tecnologia inteligente nos edifícios face às mudanças dos mercados energéticos globais. O novo pacote legislativo designado “Clean Energy for All Europeans” pretende

atuar sobre os temas da eficiência energética, energias renováveis, o “desenho” do mercado da eletricidade, a segurança do fornecimento de energia e a administração de regras para a União de Energia. Também inclui medidas para acelerar a inovação energética limpa e renovar os edifícios do território Europeu. Os três objetivos principais deste novo pacote são: a eficiência energética em primeiro lugar, o alcance da liderança global no uso de energias renováveis e a implementação de acordos justos para os consumidores. Também foi criada uma base de dados para os edifícios – “EU Building Stock Observatory” que possibilita o acompanhamento do desempenho energético dos edifícios na Europa (European Commission, n.d.-c) (EuroACE, n.d.)(European Commission, 2016).



### 2.1.3.3. Política Energética Nacional

De modo a atingir as metas e compromissos nacionais no contexto das políticas europeias de energia e de combate às alterações climáticas, os governos portugueses têm desenvolvido uma política energética com base na racionalidade económica e na sustentabilidade, transpostas em medidas de eficiência energética e no recurso a energias renováveis. Os objetivos principais passam pela redução significativa das emissões de gases com efeito de estufa de forma sustentável, o reforço da diversificação das fontes de energia primária como forma de aumentar a segurança de abastecimento do país, o aumento da eficiência energética da economia, principalmente no sector do Estado com a diminuição da despesa pública e no uso eficiente de recursos, e a contribuição para o aumento da competitividade da economia com a redução dos consumos e custos associados ao funcionamento das empresas e à gestão da economia doméstica. Desde 2010, Portugal adotou a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAA) aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 24/2010 de 18 de março de 2010. A primeira fase de trabalhos decorreu entre 2010 e 2013, porém as suas metas foram estendidas até

2020, acompanhando o desenvolvimento das políticas energéticas. Os seus objetivos visam melhorar o nível de conhecimento sobre as alterações climáticas, implementar medidas de adaptação e promover a integração da adaptação em políticas sectoriais (Santos et al., 2015) (Presidência do Conselho de Ministros, 2010).

A definição das linhas estratégicas para o sector da energia foi determinada pela Estratégia Nacional de Energia (ENE 2020), aprovada em Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010, de 15 de Abril de 2010. Esta estratégia pretende potenciar o crescimento da economia, a promoção da concorrência nos mercados da energia, a criação de valor e emprego qualificado em sectores com elevada incorporação tecnológica, e principalmente elevar a produção e exportação de energias alternativas como forma de reduzir a dependência energética do exterior e das emissões de gases com efeito de estufa (Presidência do Conselho de Ministros, 2010) (APREN - Associação de Energias Renováveis, n.d.).

São também desenvolvidos outros programas e instrumentos de planeamento energético: ao nível da mitigação de emissões são implementados o Programa Nacional

para as Alterações Climáticas (PNAC), o Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão (PNALE) e o Fundo Português de Carbono (FPC) (Presidência do Conselho de Ministros, 2010). No que se refere à eficiência energética e energias renováveis, foram aprovados e publicados a 10 de Abril de 2013, na Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013, o PNAEE (Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética) 2013-2016 e o PNAER (Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis) 2013-2020. Ambos estão em articulação com o PNAC (Programa Nacional para as alterações Climáticas) (Presidência do Conselho de Ministros, 2013).

O PNAEE 2016 ou Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética tem como princípios base o desenvolvimento de novas ações e metas para 2016 em conjunto com o PNAER, considerando a redução de energia primária até 2020 indicada na directiva 2012/27/EU. Este plano integra três meios de atuação: ação, por meio da adequação de medidas ao atual contexto económico-financeiro para a redução do custo global do programa nacional de eficiência energética, a monitorização através da revisão dos métodos de avaliação de resultados e do impacto do

programa nacional de eficiência energética, e a governação por meio da redefinição do modelo de governação do PNAEE. As áreas de atuação abrangidas por este plano são: transportes, residencial e serviços, indústria, estado, comportamentos e agricultura (Presidência do Conselho de Ministros, 2013).

O PNAER ou Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis determina os objetivos em relação à quota de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto de energia em 2020, considerando a energia consumida nos sectores dos transportes e da climatização (aquecimento e arrefecimento). Estabelece a meta de 31% de utilização de energia renovável no consumo final bruto de energia e 10% para o consumo energético nos transportes até 2020. Prevê ainda a inclusão de 59,6% de energia renovável na eletricidade até 2020 (Portal do Estado do Ambiente Portugal, 2017)(Agência para a Energia, 2013) (Presidência do Conselho de Ministros, 2013).

No sector da Administração pública é implementado o eco.AP ou Programa de Eficiência Energética na Administração Pública. Publicado a 12 de Janeiro de 2011 na Resolução do Conselho de Ministros

n.º 02/2011, tem como objetivo atingir um nível de eficiência energética de 30% nos organismos e serviços da Administração Pública até 2020, implementando iniciativas que dinamizem medidas para a melhoria da eficiência energética neste sector (Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética, n.d.)(Eco.Ap - Programa de Eficiência Energética na Administração Pública, 2015).

Os primeiros documentos referentes à eficiência energética dos edifícios foram publicados em 1990 com as primeiras versões do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e do Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE). A primeira revisão a estas disposições regulamentares ocorreu em 2006 com a transposição da diretiva n.º 2002/91/CE (EPBD) para direito nacional, resultando num pacote legislativo constituído por três Decretos-Lei, publicados a 4 de Abril de 2006 (Ministério da Economia e da Inovação, 2006) (Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações, 2006a)(Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações, 2006b) (Agência Portuguesa do Ambiente, n.d.-d):

»Decreto-Lei 78/2006 – validou a

criação do Sistema Nacional de Certificação Energética e de Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE). Os objetivos deste sistema são assegurar a aplicação regulamentar, no que diz respeito às condições de eficiência energética, à utilização de sistemas de energias renováveis e às condições de garantia da qualidade do ar interior (em conformidade com o RCCTE e o RSECE).

»Decreto-Lei 79/2006 – aprovou a revisão do RSECE. Este documento estabelece as condições de projeto de novos sistemas de climatização, os limites máximos de consumo de energia dos grandes edifícios de serviços existentes, particularmente o consumo de energia para a climatização, condições de manutenção dos sistemas de climatização, incluindo os requisitos necessários para assumir a responsabilidade pela sua condução, e condições de monitorização e de auditoria de funcionamento dos edifícios em relação aos consumo de de energia e da qualidade do ar interior.

»Decreto-Lei 80/2006 – validou a revisão do RCCTE. Este documento determina as regras de projeto para todos os edifícios de habitação e para os edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados de

forma a garantir a satisfação das exigências de conforto térmico (aquecimento, arrefecimento e ventilação) sem um consumo de energia excessivo, e a redução de situações patológicas nos elementos de construção provocadas pela existência de condensações superficiais ou internas que podem afetar a durabilidade desses mesmos elementos e a qualidade do ar interior.

Em 2013, a diretiva nº 2010/31/EU (EPBD – recast) foi transposta para o direito nacional através de um novo Decreto-Lei, nº 118/2013, que veio substituir os três diplomas anteriores. Este novo documento visa assegurar e promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios através do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), que integra o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) (Ministério da Economia e do Emprego, 2013).

## 2.2.Clima

### 2.2.1.Noção de Clima

O termo clima refere-se ao estado atmosférico local que pode ser caracterizado por variáveis meteorológicas. São atribuídas dimensões temporais para diferenciar a percepção das condições do ambiente que nos rodeia: o “tempo climático” indica um estado momentâneo da atmosfera que ocorre entre uma hora e alguns dias as “condições meteorológicas” referem-se às características do tempo climático, que acontecem durante alguns dias até uma semana, no máximo durante uma estação de ano, o “clima”, que representa o padrão médio da atmosfera terrestre num período de 30 a 40 anos (Gutro, 2005)(Hegger et al., n.d.).

Dentro da denominação geral de “clima” existem três escalas classificadas pela sua dimensão/delimitação espacial. O macroclima aplica-se à escala global ou continental, definindo grandes regiões que podem compreender as centenas até aos milhares de quilómetros. Existem quatro macroclimas que dividem a Terra em quatro zonas: zona polar, de clima frio; zona temperada, de clima temperado; zona subtropical, de clima seco e quente; e zona tropical, de clima húmido e quente (Gutro, 2005)(Hegger et al., n.d.). Um macroclima

é composto por um conjunto de mesoclimas que estão associados a uma região e variam consoante a altitude e o declive do território, a existência de corpos de água e diferentes tipos de vegetação, e a presença de áreas urbanas. Por sua vez, os mesoclimas são constituídos por um conjunto de microclimas que definem a condição climática de uma zona num raio de menos de 500 metros. São caracterizados pelas condições de humidade, temperatura, vento da atmosfera perto do solo, pela vegetação e tipo de solo, pela latitude e altitude do local e pela estação do ano (The Editors of Encyclopaedia Britannica, 2007)(Arnfield, 2009).

De forma a poder compreender o clima é necessário analisar quais são os fatores que o influenciam bem como os elementos climáticos que permitem fazer a sua leitura. Os fatores climáticos englobam todos os elementos naturais na Terra que influenciam o estado do clima, como a latitude geográfica, a elevação em relação ao nível do mar, a proximidade com os corpos de água, a localização em relação a formações rochosas (montanhas), o tipo de vegetação de cobertura do solo, e a ocupação do território (temperaturas mais baixas em florestas em oposição a temperaturas mais

altas em zonas urbanizadas). As variáveis meteorológicas que ajudam a compreender e medir as propriedades do sistema climático incluem/abrange a temperatura, humidade, e pressão do ar, precipitação, evaporação, nebulosidade, velocidade e direção do ar e radiação solar (direta e indireta) (Gutro, 2005)(Hegger et al., n.d.)(Lechner, 2009).

## 2.2.2. Alterações Climáticas

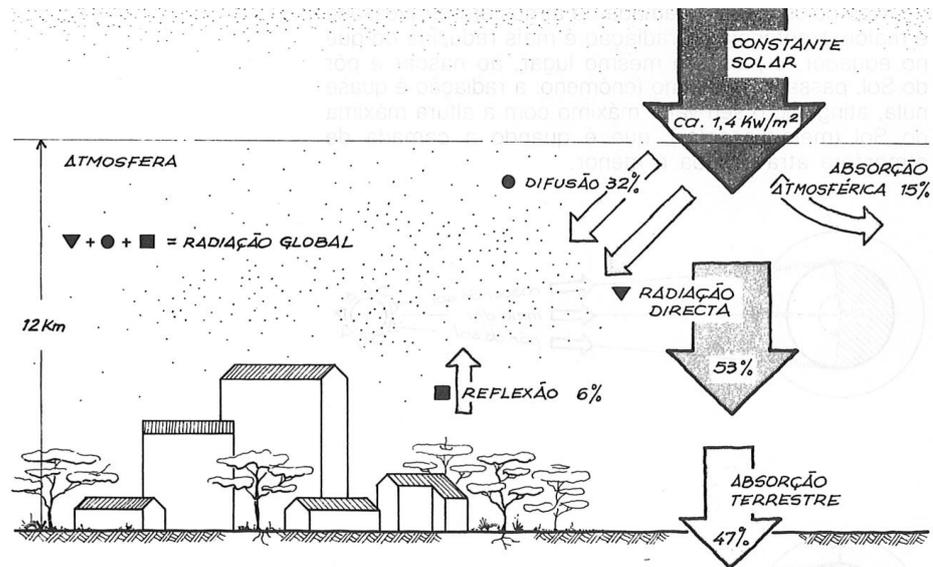


Figura 1 - Fluxos de energia absorvida e libertada na atmosfera terrestre (Moita, 1987)

A capacidade do planeta de equilibrar as diferenças de temperatura está associada a um sistema climático composto por fatores dinâmicos do ambiente: a atmosfera, o oceano, as superfícies terrestres e os seres vivos. A sua principal fonte de energia é a radiação solar. Da radiação total emitida pelo Sol, 30% é refletida pela atmosfera e pela superfície da terra de volta para o espaço, e os restantes 70% são absorvidos e transformados pelo sistema

climático e pelos seus componentes, sendo posteriormente irradiados de volta à atmosfera. O fluxo de energia absorvida e libertada na atmosfera garantem o equilíbrio radioativo do planeta, essencial para manter uma temperatura estável durante longos períodos de tempo (Lindsey, 2009b) (US Environmental Protection Agency, n.d.-a) (Walsh et al., 2014) (von Schuckmann et al., 2016).

As alterações climáticas acentuam-se quando existem interferências no limite de radiação da terra e no desequilíbrio climático influenciado por fatores naturais e antropogénicos. Entende-se por natural tudo o que se relaciona com a natureza: atividades vulcânicas, produção da energia solar e ciclos naturais de carbono. Já os fatores antropogénicos referem-se à libertação de partículas, produção de gases com efeito de estufa como resultado da queima de combustíveis fósseis, a desflorestação, a poluição através de aerossóis e alterações na capacidade de reflexão da superfície terrestre, o chamado albedo (von Schuckmann et al., 2016)(Lindsey, 2009a).

O crescimento populacional e económico, e a intensificação da era industrial desde 1750 determinaram o aumento substancial das emissões de gases com efeito de estufa de origem antropogénica. Estas emissões libertaram grandes concentrações de dióxido de carbono, metano e óxido nítrico (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014) que, em excesso, afetam a proteção da Terra contra os raios solares nocivos e impedem a dissipação de calor para o espaço. Num ciclo natural do efeito de estufa,

o sol irradia energia sobre o planeta. Parte dessa energia é absorvida por gases presentes na atmosfera que depois é libertada para o sistema climático como forma de equilibrar a temperatura do planeta. Sem este processo, a superfície da terra estaria demasiado fria para existir vida humana (Walsh et al., 2014). Porém, a acumulação excessiva destes gases na atmosfera, absorve o calor que deveria ser irradiado de volta ao espaço e faz aumentar a temperatura do planeta.

Os gases prejudiciais ao meio ambiente são: o CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), o CH<sub>4</sub> (metano), o N<sub>2</sub>O (óxido de nitrogénio), o H<sub>2</sub>O (vapor de água) e gases compostos com flúor (CFCs, HCFCs, PFCs e SF<sub>6</sub>). A sua presença em excesso culminou em dois grandes problemas: a deterioração da camada do ozono pela libertação de gases compostos com flúor, em particular CFCs e HCFCs presentes nos aerossóis, refrigerantes e pesticidas, e o aquecimento global pela queima de combustíveis fósseis (Walsh et al., 2014)(US Environmental Protection Agency, n.d.-b)(US Environmental Protection Agency, n.d.-a).

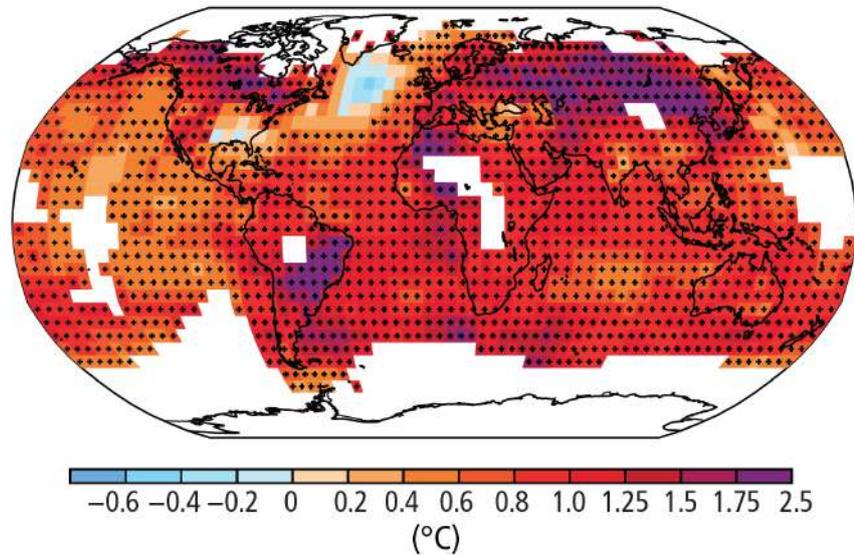


Figura 2 - Alterações da temperatura da superfície da Terra entre 1901 e 2012 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014)

O relatório do painel intergovernamental sobre mudanças climáticas (AR5), publicado em 2014 faz referência às mudanças visíveis no sistema climático durante as últimas décadas. Em principal destaque está o aumento da temperatura da atmosfera consecutivo desde a época de 1950 e mais acentuadamente nas últimas três décadas, de 1983 a 2012, em sequência do aumento de temperatura dos oceanos entre 1971 e 2010 pela absorção de

cerca de 90% da energia do sistema climático. O acréscimo da temperatura conduziu à acidificação das águas, à diminuição dos níveis de concentração de oxigênio, ao descongelamento da criosfera pelo menos nas últimas duas décadas e aumentou o nível médio global do mar em 0.19 metros, um valor bastante elevado em comparação com os dois milênios anteriores (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014).

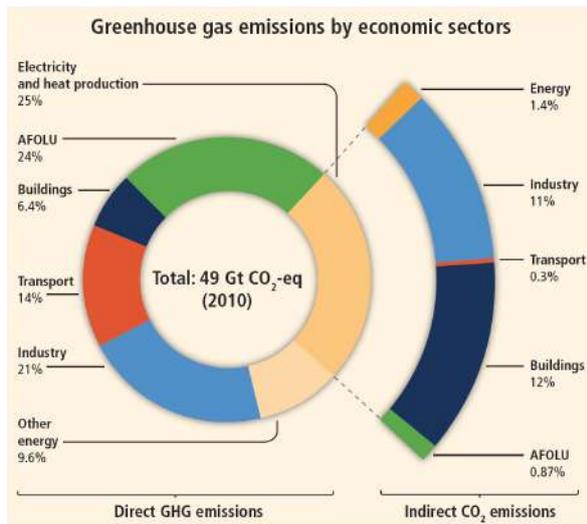


Figura 3 – Percentagem de emissões de gases com efeito de estufa segundo o setor económico (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014)

Estas alterações climáticas tiveram um grande impacto sobre os sistemas naturais e humanos do planeta. O aquecimento da atmosfera e dos oceanos alterou o ciclo de água global, despoletou o aumento do número de dias e noites mais quentes (diminuindo dias frios), desastres meteorológicos, mudanças na precipitação que modificaram o sistema hidrológico, e a quantidade e qualidade dos recursos hídricos (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014).

O IPCC faz as seguintes projeções das alterações que podem ocorrer nos próximos anos (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014): temperatura média global da superfície terrestre poderá aumentar entre 0,3 °C até 0,7 °C entre 2016 e 2035, sendo provável que ultrapasse os 1,5 °C a 2 °C no final do século XXI (2081-2100). O nível médio global do mar e a sua temperatura global vão continuar a aumentar durante o século XXI e é possível que seja mais frequente a existência de temperaturas extremas quentes ao invés de temperaturas frias. Se a situação não se inverter, e os níveis de emissões de gases com efeito de estufa não reduzirem, é muito provável que aumente o risco de doenças graves e problemas de subsistência como consequência de tempestades, do aumento do nível do mar e a inundação das regiões litorais, períodos de calor extremo, risco de perda de meios de subsistência rural que afetam a disponibilidade de água e comida, principalmente para as populações menos favorecidas, risco de perda de ecossistemas e biodiversidade (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014).

A adaptação e mitigação são estratégias fundamentais para limitar mais alterações

climáticas. Se as emissões de gases com efeito de estufa diminuírem nas próximas décadas, é possível controlar o aquecimento global ao implementar estratégias de adaptação que contribuem para um clima mais resiliente e um desenvolvimento sustentável. Para que as estratégias possam ser implementadas de forma eficaz as políticas e a cooperação entre pessoas, governos e sectores privados têm de estar em consenso a nível nacional, regional e internacional. A descarbonização da produção de eletricidade é um dos componentes chave para as estratégias de redução da intensidade de carbono para a produção de energia. Para isso é essencial o incremento de tecnologias de geração de eletricidade de baixo ou mesmo zero carbono (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014).

Para diminuir a intensidade destas mudanças no ambiente é necessário alterar o consumo e o comportamento económico da população mundial numa meta entre 10 e 20 anos. Ainda assim as estruturas construídas são feitas para durar, bem como o elevado consumo de recursos e energia envolvida no processo de construção. É essencial desenvolver um novo conceito de arquitetura sustentável que possibilite o máximo conforto, economia

e qualidade arquitetónica com mínimo uso de energia e recursos (Hegger et al., n.d.).



## 2.3. Conforto

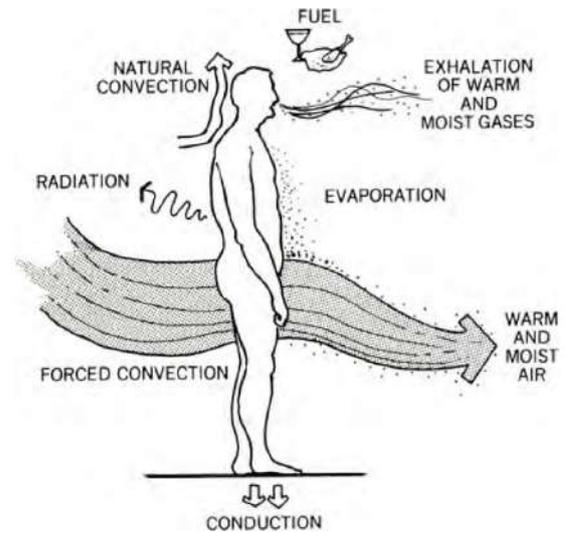


Figura 4 - Processos termodinâmicos do corpo humano (Lechner, 2009)

A noção de conforto para o ser humano tem como base a sua percepção a fatores de influência externa, como as condições do ambiente (conforto térmico, acústico, visual e a qualidade do ar), e fatores pessoais: idade, gênero, constituição física, vestuário, atividade física (Hegger et al., n.d.). O organismo do corpo humano produz calor para manter as suas funções corporais e metabólicas essenciais para sua sobrevivência. Este calor é obtido através da transformação dos nutrientes provenientes dos alimentos

em energia química (Hegger et al., n.d.). Para assegurar uma temperatura corporal constante, o corpo humano possui quatro mecanismos capazes de regular os fluxos de calor que equilibrando a quantidade de calor produzido e libertado (Lechner, 2009). Os quatro processos termodinâmicos são: condução (controlo através do vestuário), convecção (movimento do ar no ambiente), radiação (perdas/ganhos de calor através da radiação térmica) e evaporação (libertação de suor)(Ward, 2004)(Hegger et al., n.d.).



### 2.3.1. Conforto Térmico

os ocupantes vão recorrer a alternativas de alto consumo energético para satisfazer as suas necessidades (como exemplo temos os aquecedores de espaços e ar condicionados aplicadas nas janelas) (AUTODESK Sustainability Workshop, n.d.). Se forem tidas em consideração as variáveis de conforto térmico dentro do contexto climático do edifício, bem como os mecanismos que estão relacionados com a fisiologia humana, é possível desenhar edifícios que asseguram as condições de conforto de forma mais económica comparativamente com as soluções de AVAC. A construção de edifícios mais eficientes/inteligentes garante a possibilidade de uma utilização reduzida/limitada de recursos para aquecimento e arrefecimento consoante as estações, diminuindo o consumo de energia (Raish, n.d.).

O conforto térmico é a condição da mente que expressa a satisfação com o ambiente térmico e é considerada por uma avaliação subjetiva, segundo ANSI/ASHRAE Standard. A sua perceção varia segundo fatores físico e psicológicos de carácter individual de cada pessoa (Paliaga et al., 2012).

Num edifício energeticamente eficiente, o conforto térmico dos ocupantes é um requisito essencial/fundamental. Se as condições de conforto não estiverem reunidas,

O tema deste subcapítulo irá abordar os seis fatores primários que definem as condições de conforto térmico divididos por duas categorias: fatores pessoais relativos ao ocupante (taxa metabólica e o isolamento da roupa) e fatores ambientais, determinados pelas variáveis climáticas (temperatura do ar e temperatura radiante, velocidade e humidade do ar)(Paliaga et al., 2012).

### 2.3.1.1. Fatores Pessoais

características físicas individuais que variam de pessoa para pessoa, como o gênero, a idade, a altura, o peso e ainda o nível de atividade física (mais ativa produz mais calor, ao invés de quando está inativo a produção de calor é mais reduzida)(Ward, 2004) (Hegger et al., n.d.)(Health and Safety Executive, n.d.).

Já o vestuário permite equilibrar as variações de temperatura ao nível mais exterior do corpo humano, controlando as perdas e os ganhos de calor consoante as suas necessidades térmicas. São as propriedades de isolamento do vestuário que conferem a capacidade de adaptação da pessoa conforme a temperatura num ambiente interior ou exterior. Esta resistência à transferência de calor expressa-se por unidades *clo* e é claramente distinta nas duas estações do ano mais extremas (verão e inverno). Durante a estação de verão face as temperaturas ambiente altas e a necessidade de libertar humidade e arrefecimento, o valor de *clo* é baixo. Porém na estação de inverno, as necessidades são inversas, com temperaturas ambiente baixas é essencial utilizar vestuário com um valor de *clo* alto como forma de garantir o isolamento, mas manter a permeabilidade ao vapor de água. (Lechner, 2009)(Paliaga et al., 2012).

Para garantir a neutralidade térmica, o corpo humano não pode sentir nem demasiado calor nem demasiado frio. Esta noção de conforto é determinada por dois indicadores pessoais: a taxa metabólica, ao nível mais interior do corpo, e o vestuário, ao nível mais exterior do corpo (Ward, 2004) (Hegger et al., n.d.).

A libertação de calor tem de ser proporcional à produção de calor através do metabolismo, de forma a garantir o equilíbrio térmico do corpo humano. Segundo a ANSI/ASHRAE (Paliaga et al., 2012), a taxa metabólica refere-se à taxa de transformação de energia química em calor e trabalho mecânico face as atividades metabólicas dentro do organismo. Esta tem em conta as

### 2.3.1.2. Fatores Ambientais

temperatura se encontra entre os 25°C e 28°C e no Inverno entre os 15°C e 21°C (Brelilh, 2013). Se a temperatura for superior a 37°C o corpo começa a aquecer. Também a diferença de temperatura entre o ar e a temperatura média radiante influenciam a sensação térmica do ocupante. Esta condição indica a temperatura média de todas as superfícies do espaço interior (paredes, teto, janela(s) e pavimento) (Lechner, 2009)(Ward, 2004) (Pedro & Mourão, 2012)(Hegger et al., n.d.).

A velocidade do ar interior afeta a capacidade de remoção de calor por convecção e radiação do corpo, por isso quanto mais rápido o ar passar maior será a quantidade de calor removida. Para manter o equilíbrio, a velocidade de deslocação do ar não deve ser superior a 0,25 m/s no verão e 0,15 m/s no inverno. A libertação de calor do corpo humano pode ser feita também através da evaporação de humidade da pele. Em relação à percentagem média de humidade relativa num ambiente interior, é aconselhável estar entre os 30-60%. O nível de desconforto ocorre quando a humidade do ar se encontra nos 90% e afeta a capacidade de libertação deste processo (Lechner, 2009)(Ward, 2004) (Pedro & Mourão, 2012)(Hegger et al., n.d.).

Manter as condições de conforto do ocupante exige o controlo de vários fatores ambientais. Eles são: a temperatura do ar (°C/°F) e temperatura radiante (MRT), e a velocidade (m/s) e humidade relativa do ar. A temperatura do ar define a taxa de calor libertado pelo corpo por convecção. Na Europa, dependendo das condições do clima exterior, durante o período de Verão o ocupante pode estar em conforto quando a



### 2.3.2. Conforto Visual

Para o ocupante poder realizar qualquer tipo de atividade dentro de um espaço com qualidade têm de estar reunidas condições de conforto visual. Minimizar o encadeamento e reflexos, controlar o excesso de claridade e garantir iluminação ambiente equilibrada em todo o espaço são alguns dos requisitos principais para obter conforto visual (Lechner, 2009). A luz natural melhora o conforto visual e psicológico, bem como influencia o desempenho, a atividade, a satisfação e a capacidade de aprender do ser humano (BPIE | Buildings Performance Institute Europe, 2015). É fundamental adotar estratégias passivas que maximizem a captação de iluminação natural para o interior dos edifícios que possibilitem reduzir o consumo de energia e o recurso a fontes artificiais, e em simultâneo garantam um espaço visualmente

confortável (Lechner, 2009)(BPIE | Buildings Performance Institute Europe, 2015).

Associadas às estratégias passivas é importante referir questão dos ganhos e perdas de calor em articulação com as estações do ano, associadas ao desenho e posicionamento dos envidraçados nos espaços. Durante o verão é essencial garantir iluminação natural suficiente e distribuída pelo espaço sem que ocorram ganhos significativos de calor quando as necessidades são de arrefecimento, enquanto que no inverno é indispensável captar o máximo de iluminação solar e obter ganhos de calor quando possível sem ter grandes perdas de calor interior. As superfícies interiores dos espaços devem ter cores claras para maximizar a penetração e difusão da luz e minimizar o encadeamento (Lechner, 2009).

A iluminação pode ser implementada de quatro formas: direta (assegura altos níveis de contraste visual entre superfícies adjacentes), indireta (a luz é direcionada para a zona oposta a iluminar), semidirecta (possibilita a redução de contraste entre superfícies através da distribuição da luz) e difusa (mais aplicada em iluminação vertical e horizontal, pois é distribuída em todas as direções e oferece pouco contraste visual)(Ward, 2004).



### 2.3.3. Qualidade do ar interior

A par das questões ambientais relacionadas com a poupança de energia face às alterações climáticas que o planeta tem observado, existe a questão da poluição do ar local e regional proveniente da queima de combustíveis fósseis (Alvarez et al., 1996). Com a implementação de estratégias para a redução do consumo de energia dos edifícios, é importante desenvolver uma envolvente estanque que não comprometa a qualidade do ar interior que influencia a saúde e o bem-estar dos ocupantes (BPIE | Buildings Performance Institute Europe, 2015)(Ward, 2004).

O ser humano passa cerca de 60-90% das suas vidas no interior de edifícios (Jantunen, Oliveira Fernandes, Carrer, & Kephelopoulos, 2011). Este ambiente está em contacto com poluentes exteriores e interiores que comprometem as condições de salubridade dos espaços, sendo essencial fazer a sua renovação (Franchi, Carrer, Kotzias, & Viegli, 2004)(Ward, 2004).

Os utilizadores do edifício podem admitir diferentes tolerâncias e expectativas em relação à qualidade do ar. Pessoas com problemas respiratórios ou problemas de saúde no geral são os utilizadores mais vulneráveis aos níveis de qualidade. Quando as condições

de salubridade não estão reunidas, a saúde do utilizador pode estar comprometida (EPA, 1991)(Franchi et al., 2004).

Segundo a (EPA | Environmental Protection Agency, 1991), o termo “Síndrome do Edifício Doente” (SED), em inglês “Sick Building Syndrome” (SBS) refere-se a situações em que os utilizadores de um edifício experienciam efeitos de saúde e conforto que aparentam estar ligados ao período que esses utilizadores permaneceram no edifício, porém não é possível identificar uma causa ou doença. Ventilação inadequada, contaminantes químicos provenientes de fontes exteriores e/ou interiores e contaminantes biológicos são algumas das causas que originam esta síndrome.

Para compreender a qualidade do ar interior e os seus intervenientes é fundamental analisar quatro elementos que a afetam: a existência de fontes de contaminação interior e exterior ou fontes dentro do sistema mecânico do edifício, a falta de controlo das condições do ambiente interior por parte do sistema AVAC face a presença de contaminantes do ar e na garantia das condições de conforto térmico (temperatura e humidade), os fluxos de ar onde circulam poluentes e os próprios utilizadores. A circulação que os

poluentes podem efetuar dentro do edifício são influenciados pelas ações dos sistemas de ventilação mecânica, pelas atividades humanas (circulação, abrir/fechar janelas e portas) e pelas forças naturais (vento e efeito chaminé) (EPA, 1991)(Franchi et al., 2004).

Os principais poluentes do ar são: o fumo do consumo de tabaco, pesticidas, alérgenos (ácaros, baratas, pelos de animais, polens, poeiras), poluentes orgânicos (compostos orgânicos voláteis e formaldeído), poluentes inorgânicos (monóxido de carbono CO, dióxido de carbono CO<sub>2</sub> e dióxido de nitrogênio NO<sub>2</sub> e NO) e biocontaminantes (vírus e bactérias). Estes poluentes podem provir de pelo menos quatro fontes: exteriores ao edifício, dos equipamentos, de atividades humanas, e de componentes do edifício (EPA, 1991)(Franchi et al., 2004).

As fontes poluentes exteriores ao edifício podem surgir de exterior contaminado com pólen, poeiras, fungos, gases industriais e de exaustão de veículos, de emissões de fontes poluentes próximas ao edifício, da existência de humidade ou águas paradas que fomentam o crescimento de bactérias, do uso de pesticidas e da contaminação do solo (EPA, 1991)(Franchi et al., 2004).

As fontes poluentes dos equipamentos do edifício podem originar de sistemas AVAC contaminados com poeiras, sujidade, bacterias, formações microbiológicas em desumidificadores, da má ventilação de produtos de combustão e de processos de limpeza (EPA, 1991)(Franchi et al., 2004).

As fontes poluentes provenientes de atividades humanas podem ter origem em atividades pessoais, como fumar, cozinhar, utilização de perfumes ou apenas do odor corporal de uma pessoa, e de atividades de limpeza e manutenção onde são utilizados químicos (EPA, 1991)(Franchi et al., 2004).

As fontes poluentes de componentes do edifício ou de mobiliário podem existir em locais onde se acumula sujidade, poeira, em condições não-sanitárias, quando existem danos provocados por água ou humidade, e em situações em que são libertados químicos pelos componentes do edifício ou por mobiliário (EPA, 1991)(Franchi et al., 2004).

Para evitar problemas na qualidade do ambiente interior é fundamental assegurar determinados aspetos na utilização e manutenção do edifício: implementar uma ventilação eficiente e adequada às necessidades bem como a sua manutenção

e limpeza, prevenir a formação de bolor e fungos em ambientes de humidade, garantir a uniformização da temperatura através da mistura de fluxos de ar pelo sistema de ventilação, impedindo a variação da temperatura consoante a altura do espaço (mais calor em cima, mais frio em baixo), e controlar as emissões provenientes de fontes poluentes, como odores e contaminantes. Um dos métodos para o fazer, é introduzir ar exterior no espaço de forma a remover os poluentes, quando existe um sistema de ventilação eficiente. Também é possível isolar os odores e contaminantes, dotando o edifício com um sistema de AVAC que controle os níveis de pressão dentro dos espaços, ou introduzindo sistemas de exaustão que criem pressão negativa em redor da fonte contaminante (EPA, 1991)(Franchi et al., 2004).



### 3. Arquitetura Bioclimática

Alcançar o conforto térmico do ocupante através da interação energética com o clima exterior é o objetivo fundamental da arquitetura bioclimática. Desde o início do século XIX que o conceito de relação forma-energia deu lugar ao conceito função-forma, conduzindo a uma arquitetura baseada em tecnologias de consumo intensivo de energia. Só a partir de 1980 é que as consequências que os edifícios provocaram no meio ambiente foram reconhecidas, introduzindo assim o conceito de sustentabilidade. A arquitetura bioclimática vem reintroduzir os valores de proteção contra o clima exterior recorrendo o menor consumo de energia, por meio de três áreas: energia, bem-estar e saúde do ser humano e sustentabilidade. Para isso a estratégia bioclimática vai atuar sobre as variáveis climáticas do local, as soluções construtivas e os fatores ambientais que influenciam o conforto do ocupante (Manzano-Agugliaro, Montoya, Sabio-Ortega, & García-Cruz, 2015).



### 3.1. Arquitetura Solar Passiva

Na concepção do projeto de arquitetura são tidos em consideração os seguintes aspetos: a análise das condições climáticas (temperatura exterior ao longo do ano e as amplitudes térmicas), a escolha da implantação e orientação do edifício para otimizar os ganhos solares em paralelo com sombreamento eficiente, a função do edifício, o modo de ocupação e operação (Gonçalves & Graça, 2004). Um sistema solar passivo tem como objetivo captar e transmitir a energia solar térmica de forma natural por meio de processos de convecção, condução e radiação sem recursos mecânicos. Porém, podem ser apoiados por outros dispositivos exteriores desde que o consumo de energia não ultrapasse 2% da energia captada (Mendonça, 2005a)(Moita, 1987). Para adotar uma estratégia passiva na concepção do projeto é essencial analisar os parâmetros ambientais e físicos, relacionados com as características exteriores ao edifício (variáveis climáticas e condições do sítio), e os parâmetros do projeto de arquitetura, que focam na construção do edifício e na envolvente do edifício (implantação, orientação, forma e soluções construtivas) (Moita, 1987).



### 3.1.1. Características exteriores ao edifício

#### 3.1.1.1. Parâmetros ambientais: variáveis climáticas

A análise das variáveis climáticas é fundamental para a compreensão do ambiente exterior ao edifício e determina as suas exigências energéticas. Elas são a radiação solar, a temperatura e humidade do ar, a precipitação, o vento e as condições do céu.

O planeta Terra gira em torno do Sol numa órbita elíptica e em torno do seu próprio eixo, com uma inclinação de 23,5° em relação à sua órbita elíptica (Moita, 1987). As características do seu percurso e inclinação assinalam as estações do ano, com o planeta a aproximar-se do sol durante uma parte do ano (período de Verão no hemisfério sul e Inverno no hemisfério norte) para depois se afastar (período de Inverno no hemisfério sul e Verão no hemisfério norte). A sua inclinação também define a quantidade de luz solar que a superfície terrestre recebe: dias mais longos no hemisfério norte entre o equinócio da Primavera, a 23 de Março, até ao equinócio do Outono, a 22 de Setembro, e dias mais curtos no hemisfério sul durante o mesmo período. Nos seis meses seguintes a condição inverte-se, com dias mais curtos no hemisfério norte e dias mais longos no hemisfério sul. A rotação sobre o seu próprio eixo determina a

variação das horas de luz solar disponíveis, sendo que nos períodos de início e final do dia a altura solar é a mais baixa e é a meio do dia (meio-dia solar) que atinge o seu máximo. É nesse período também que é recebida a maior quantidade de energia vinda do sol, embora possa não corresponder a maiores ganhos solares o que depende do ângulo formado entre a radiação solar e a superfície onde incide (Ministry of New and Renewable Energy, n.d.).

A radiação emitida pelo Sol que chega à atmosfera do planeta Terra faz aquecer o ar da sua superfície, criando zonas de pressão alta e pressão baixa tendo em conta as massas de terra e de água (e as suas capacidades de absorção e condutividade) (Lechner, 2009). Na sua passagem pela atmosfera, a radiação solar que não é absorvida nem refletida divide-se em dois tipos: radiação direta, que chega sem obstruções, e radiação difusa, que antes de chegar à superfície terrestre foi dispersada e refletida por elementos presentes na atmosfera, como partículas de moléculas de ar, vapor de água, poeira e/ou poluentes. A soma destas duas radiações designa-se de radiação solar global e a sua unidade de medida, W/m<sup>2</sup>, indica a intensidade dos raios solares por unidade de tempo por

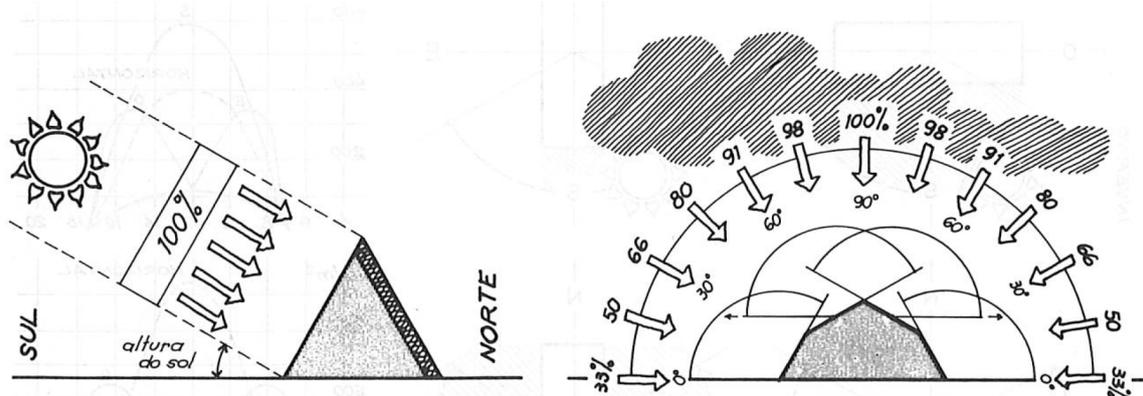


Figura 5 - Radiação solar direta e difusa (Moita, 1987)

unidade de área (Hegger et al., n.d.)(Ministry of New and Renewable Energy, n.d.).

A quantidade de radiação solar incidente é afetada por cinco fatores: a localização geográfica, a paisagem e clima local, a estação do ano e a hora do dia. Dada a forma aproximadamente esférica do planeta Terra, os ângulos de incidência solar na superfície terrestre variam entre os  $0^\circ$  (paralelo à linha do horizonte) e  $90^\circ$  (perpendicular à superfície, zona do equador), e determinam a quantidade de energia recebida. Quanto menor for o ângulo de incidência maior é a distância que percorrem na atmosfera e menor será a sua intensidade, sendo dispersados

e difundidos durante o seu percurso. As regiões polares são exemplo disso pois não recebem radiação solar com ângulos muito reduzidos por se encontrarem nas zonas mais distantes da linha do equador (U.S Department of Energy, 2013). Para o projeto de arquitetura, a radiação solar é a fonte principal de energia para obter aquecimento e iluminação naturais (Barreiro, 2016).

A temperatura do ar caracteriza-se pela quantidade de energia térmica que está presente no ar e que varia ao longo do dia pela rotação da Terra e consoante as estações do ano pelo seu movimento de translação (GeoEnciclopedia, n.d.). É ainda influenciada

por fatores locais, como a presença de água e as condições do do céu, a altitude em relação ao nível do mar (a temperatura do ar desce 1°C por cada 300m de altitude (Hegger et al., n.d.)(Lechner, 2009) e pelo vento (quanto maior for a velocidade do vento menor será a influencia dos fatores locais na temperatura (Ministry of New and Renewable Energy, n.d.). A sua leitura pode ser feita através de duas unidades de medida: graus Celsius (°C) e Fahrenheit (F)(GeoEnciclopedia, n.d.). A temperatura do solo está diretamente ligada com a temperatura do ambiente, pois a sua superfície está em permanente contacto com as alterações do clima (Zareaian & Zadeh, 2013). No que diz respeito ao projeto de arquitetura, a temperatura do ar influencia a escolha das características das soluções construtivas que têm em conta os valores máximos e mínimos da temperatura do local ao longo do ano (Zareaian & Zadeh, 2013).

A humidade do ar existe quando o vapor de água se mistura com a atmosfera. A condensação deste vapor origina a formação de nuvens, chuva, neve e geada. O limite de absorção do vapor de água da atmosfera varia consoante a temperatura do ar (Weather & Climate, n.d.), e pode ser medida de

duas formas: humidade absoluta, referente à quantidade de vapor de água presente no ar, com unidade de medida g/m<sup>3</sup> ou Pa; humidade relativa, medida em percentagem, indica o rácio entre o teor de vapor de água na atmosfera e a capacidade máxima do ar de reter o vapor (Hegger et al., n.d.). Níveis altos de humidade no ar reduzem a evaporação de água e suor, e combinados com temperaturas altas provocam desconforto (Ministry of New and Renewable Energy, n.d.).

O vento resulta do movimento do ar na presença de diferenças de pressão de massas de ar. Partículas de ar em regiões com condições de alta pressão convergem para regiões de baixa pressão, até não existirem mais diferenças (Hegger et al., n.d.). Quanto maior for a diferença mais rápido será a sua movimentação. Caracteriza-se pela sua direção e velocidade. Para o projeto de arquitetura é importante ter em conta a direção e velocidade do vento de forma a compreender o movimento dos ventos predominantes, indispensável no planeamento do edifício para garantir a sua proteção e fomentando a ventilação natural para a renovação do ar interior (Zareaian & Zadeh, 2013).

As condições do céu são determinadas

pela existência ou não de nuvens e pela duração da luz solar. Num dia de céu limpo a intensidade de radiação solar é elevada, ao invés de dias encobertos que promovem o arrefecimento da envolvente dos edifícios (Ministry of New and Renewable Energy, n.d.).

### 3.1.1.2. Parâmetros físicos

Os parâmetros físicos dizem respeito às características do local a intervir, sendo elas a topografia, a vegetação e a existência ou não de corpo de água.

A leitura das condições topográficas do local é um dos primeiros dados a ter em consideração, em conjunto com as variáveis climáticas, na questão do acesso solar e com objetivo de melhorar desde o início o desempenho energético de um edifício (Pedro & Mourão, 2012). A orientação da encosta determina a quantidade de radiação solar incidente no local: uma vertente a sul tem mais exposição solar do que uma vertente a norte. Assim sendo, uma encosta virada a norte, principalmente se o declive for superior a 15%, é a orientação menos favorável. Se a pendente for a nascente ou poente, é de privilegiar a orientação a nascente pois esta tem uma probabilidade de sobreaquecimento menor que a vertente poente. A melhor vertente será sul-sudeste, onde é possível obter a maior captação de ganhos solares durante a estação de aquecimento (Hernández, 2013). Também é importante ter em conta na escolha do local, as zonas de pouca humidade e sombra, com proteção

dos ventos dominantes de forma a reduzir o perfil de necessidade energética do edifício (Moita, 1987)(C.J. Kibert, 2008). Numa zona urbana é essencial garantir o afastamento entre os edifícios de forma a assegurar uma maior incidência de radiação solar em todo o volume durante o inverno (Hernández, 2013).

A vegetação atua como elemento de regularização das condições climáticas, ao ser utilizada e posicionada como complemento das estratégias passivas (Moita, 1987). Tem a capacidade de reduzir o ruído, as poeiras e até a poluição do ar. Permite diminuir os níveis de dióxido de carbono e aumentar os níveis de oxigénio na atmosfera. Durante o inverno, promovem o aquecimento ao reduzirem as infiltrações e ao criar espaços de ar junto ao edifício que servem como isolamento. Na estação de verão, a sua sombra é mais vantajosa em comparação com sombras fabricadas pelo Homem, pois a constituição de uma árvore garante várias camadas de folhas que são constantemente ventiladas e que promovem a evaporação, não só mantendo-as sempre frescas mas também o ar que as rodeia (Lechner, 2009). O tipo e densidade da folhagem pode ser ajustada segundo as necessidades locais: uma folhagem persistente

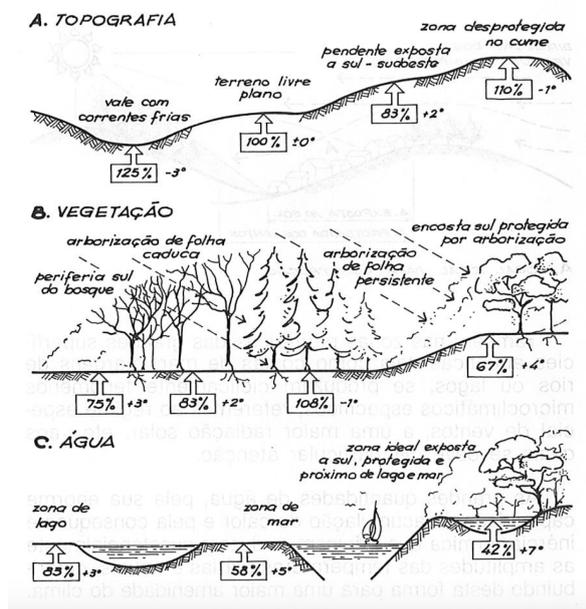


Figura 6 - Parâmetros físicos referentes às condições do local (Moita, 1987)

e mais densa tem uma maior capacidade de proteger contra os ventos dominantes enquanto que uma vegetação de folha caduca acompanha o ciclo das estações do ano (durante o verão faz sombra e no inverno a folha cai, deixando passar a radiação solar)

(Moita, 1987). A existência de vegetação junto a edifícios ou áreas urbanas possibilita o equilíbrio térmico do ambiente envolvente, ao promover a evapotranspiração que faz aumentar a humidade relativa da atmosfera, e reduz a probabilidade de inundação ao melhorar a capacidade de infiltração do solo na área envolvente (Hernández, 2013).

Os “corpos de água” têm a capacidade de absorver grandes quantidades de calor do ambiente. Estes elementos podem estar presentes na forma de mar, lagos, rios, lagoas ou até mesmo fontes. Conseguem reduzir as variações de temperatura entre o dia e a noite, influenciando os fluxos do vento pelas diferenças de temperatura que existem na capacidade de armazenamento de calor da água e do solo. Durante o dia a superfície terrestre aquece mais rápido do que a água, assim sendo, as massas de ar que estão sobre ela aquecem e sobem na atmosfera sendo repostas por massas de ar frio, mais pesadas, que estavam sobre a superfície da água. Durante a noite, como a Terra arrefece mais rápido os fluxos de ar invertem (Ministry of New and Renewable Energy, n.d.).

### 3.1.2. Parâmetros de projeto de arquitetura

ser compacta, com o objetivo de permitir uma melhor rentabilização do espaço e a redução de perdas de calor relacionadas com a dimensão da superfície que envolve o volume do edifício. Estes fluxos de calor estão associados ao coeficiente de forma do edifício, que define o quociente da sua superfície exterior pelo volume habitável. A orientação e disposição da forma deve considerar as melhores orientações solares consoante as exigências climáticas do local: no hemisfério norte o edifício deve desenvolver-se segundo um eixo este-oeste garantindo a fachada de maior dimensão virada para sul e fachadas menores nas outras direções (Pedro & Mourão, 2012)(Moita, 1987).

No que diz respeito à construção do edifício podem ser considerados quatro pontos: a implantação e orientação associada às condições topográficas, a organização programática segundo uma hierarquização dos espaços tendo em conta uma estratégia de proteção térmica, a envolvente do edifício bem como os seus materiais e o sombreamento eficiente de acordo com as condições climáticas.

No geral, em Portugal, durante o inverno as exigências de aquecimento são elevadas, pois o calor gerado para aquecer o espaço no interior do edifício é dissipado para o exterior. Enquanto que no verão, é importante proteger os espaços e dissipar o excesso de calor. Alcançar este equilíbrio térmico interior implica gastos energéticos que podem ser minimizados implementando estratégias passivas e ativas no planeamento do edifício (Isolani et al., 2008)(Pedro & Mourão, 2012)(Gonçalves & Graça, 2004).

A implantação e orientação estão diretamente relacionadas com as condições topográficas e a quantidade de acesso solar de um edifício. A implantação deve

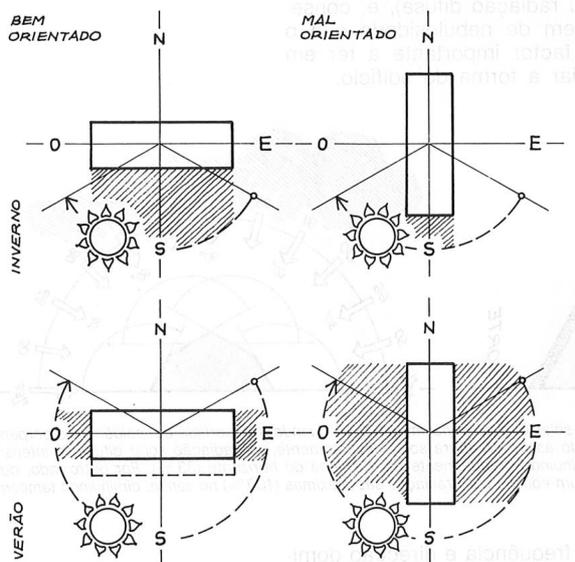


Figura 7 - Estudo da orientação solar segundo duas implantações sobre o eixo oeste-este e norte-sul (Moita, 1987)

sombreamento adaptado as necessidades climáticas, pois é a vertente com maior nível de radiação solar no hemisfério norte (resguardo no verão, captação no inverno). A norte, destinar espaços que não precisem de grandes ou nenhuma aberturas e que a sua utilização seja mais pontual. Esta é a fachada com maiores perdas térmicas pois não recebe radiação direta no inverno e apenas alguma ao nascer do dia e ao pôr do sol durante o verão. A este e oeste, designar os restantes espaços tendo especial atenção à questão do sobreaquecimento (Isolani et al., 2008)(Pedro & Mourão, 2012)(Gonçalves & Graça, 2004).

No seguimento da análise das variáveis climáticas do local e as condições do sítio, a disposição programática do edifício pode ser planeada segundo uma estratégia de proteção dos espaços através da hierarquização do programa em conjunto com os períodos de ocupação, segundo as melhores vertentes solares, respetivamente. A sul, privilegiar todo os espaços de ocupação mais prolongada, com grandes áreas de envidraçados e

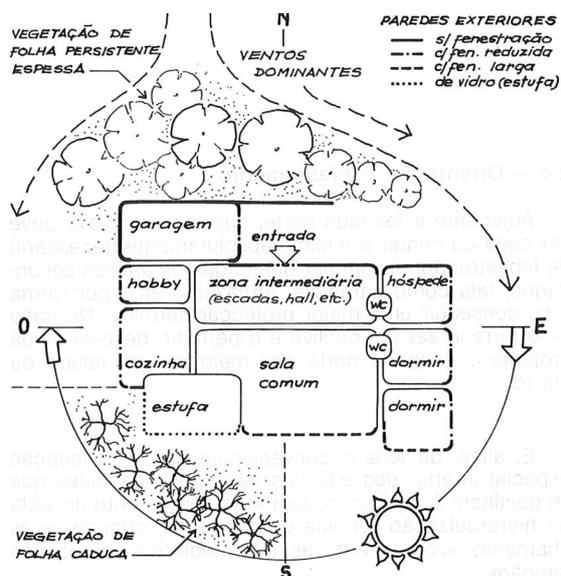


Figura 8 - Proteção dos espaços através da hierarquização do programa (Moita, 1987)

A envolvente do edifício é a superfície que faz a fronteira entre o espaço interior e o ambiente exterior, onde ocorrem transferências de energia por condução, convecção e radiação. É definida pelos elementos arquitetónicos que constituem o edifício: paredes, pavimentos e coberturas.

O tipo de materiais que a constituem influenciam diretamente o conforto do ambiente interior e devem ser articulados

segundo uma estratégia de conservação de energia adequada às necessidades do clima local. Para obter o equilíbrio térmico interior, a envolvente opaca deve incluir duas características: a inércia térmica e a capacidade isolante. No que diz respeito à massa térmica, esta pode ser atribuída na introdução de materiais densos como o betão, que servem de reservatórios de energia e devem ser colocados o mais próximo do ambiente interior. Já o isolamento térmico, deve ser disposto na camada mais exterior da solução construtiva, atuando como elemento retardador e preventivo na transmissão de calor por condução entre o ambiente interior e exterior, reduzindo as perdas e ganhos de calor. Quando as temperaturas diminuem a energia acumulada nesses elementos é devolvida aos espaços (Isolani et al., 2008) (C.J. Kibert, 2008)(Pedro & Mourão, 2012).

Em relação às paredes exteriores, estas devem incluir materiais isolantes térmicos numa aplicação contínua em toda a superfície exterior da envolvente, de forma a evitar pontes térmicas. Desta forma, a solução construtiva impede o aparecimento de zonas de condensação de humidade e a formação de bolores, que só ocorrem quando

a temperatura da superfície interior da parede é inferior à temperatura do ambiente do espaço. Tira ainda proveito do fator da inércia térmica, que absorve o calor durante o dia para depois ser libertado gradualmente durante a noite, reduzindo as flutuações de temperatura (Isolani et al., 2008)(C.J. Kibert, 2008)(Pedro & Mourão, 2012)(Moita, 1987).

As coberturas são o elemento construtivo com maior área exposta ao sol, que está submetido a grandes amplitudes térmicas: durante o período do dia alcança/atinge temperaturas altas face à exposição direta aos raios solares, porém durante o período da noite perde grandes quantidades de energia para a atmosfera por radiação. Esta questão salienta a importância de dotar este elemento construtivo de isolamento adequado às exigências climáticas para controlar os fluxos de energia (Isolani et al., 2008)(C.J. Kibert, 2008)(Pedro & Mourão, 2012)(Moita, 1987). Já os pavimentos em contacto com o solo também requerem proteção térmica através do isolamento para potenciar a inércia térmica do edifício(Isolani et al., 2008)(C.J. Kibert, 2008)(Pedro & Mourão, 2012).

Os materiais de revestimentos também devem ponderados, analisando as

suas as propriedades radiativas: capacidade de absorção e reflexão da radiação solar dada pela sua cor (uma cor mais clara tem uma capacidade de reflexão elevada ao invés de uma cor mais escura que absorve a radiação), transmissibilidade, emissividade, entre outras (Isolani et al., 2008)(C.J. Kibert, 2008)(Pedro & Mourão, 2012).

A envolvente transparente, relativa aos vãos envidraçados exigem um equilíbrio entre a quantidade de luz admitida no espaço, o controlo de ganhos solares e as condições de ventilação natural. O dimensionamento da área de vidro é essencial para controlar o sobreaquecimento dos espaços garantindo ainda a iluminação natural suficiente para o conforto. Numa fachada orientada a sul, a área de envidraçado não deve ser superior a 40% da área total da fachada. Nas fachadas orientadas a este e oeste, a captação de calor não é tão eficaz quanto a fachada a sul, porém são as superfícies mais propensas a conduzir ao sobreaquecimento dos espaços, sendo essencial dota-las de sombreamento ajustado às necessidades climáticas. É também importante limitar as infiltrações de ar não controladas de forma a reduzir as perdas térmicas, mantendo sempre as condições de

salubridade do espaço interior. Utilizar vidros duplos, que garantem maior capacidade de isolamento pelo espaço que existe entre eles, e optar por materiais da caixilharia com baixos valor de condutibilidade térmica: podem ser madeira, PVC ou alumínio com corte térmico (Isolani et al., 2008)(C.J. Kibert, 2008)(Pedro & Mourão, 2012).

O sombreamento adequado deve bloquear a luz direta no verão, mas permitir a penetração de luz durante o inverno. O seu posicionamento tem influência no equilíbrio térmico do espaço, pois ao serem aplicados no interior do espaço podem contribuir/fazer/produzir um aquecimento adicional do ambiente, por meio de convecção. Assim sendo, deve ser posicionado no exterior do edifício por meio de unidades fixas, otimizadas apenas para uma estação do ano (ex.: telheiros, palas, varandas) ou por sistemas externos móveis que podem ser ajustados durante o ano, que fazem acompanhar as variações das estações do ano (ex.: toldos, estores, portadas)(Isolani et al., 2008)(Pedro & Mourão, 2012)(Gonçalves & Graça, 2004).



### 3.1.3. Sistemas Passivos e Ativos de captação e armazenamento de energia

Os sistemas passivos de captação e armazenamento de energia incluem dispositivos que estão incorporados no edifício com a função de contribuir para o aquecimento e arrefecimento natural. Na estação fria é essencial maximizar os ganhos solares e minimizar as perdas de calor para o exterior através das superfícies envidraçadas e da envolvente opaca (fachadas, pavimentos e coberturas). Na estação quente é essencial prevenir e atenuar os ganhos de calor pelo ambiente exterior, através de sombreamento eficiente, promoção de ventilação natural e recurso a vegetação no espaço envolvente (Gonçalves&Graça,2004)(Mendonça,2005b).

No que diz respeito à estação do inverno, os sistemas passivos de aquecimento podem ser categorizados por meio de três processos: ganho direto, indireto e isolado.

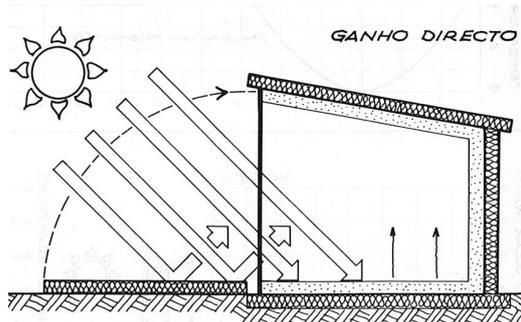


Figura 9 - Ganho direto (Moita, 1987)

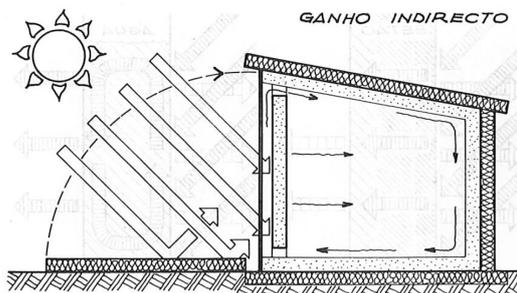


Figura 10 - Ganho indirecto (Moita, 1987)

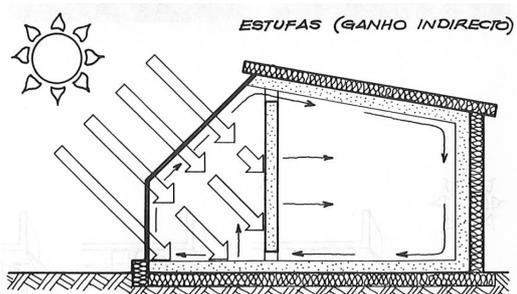


Figura 11 - Ganho Isolado, estufa (Moita, 1987)

Um sistema de ganho direto faz a captação, armazenamento e libertação de energia diretamente para o espaço a climatizar. Pode atuar no imediato, através da envolvente transparente (envidraçados, lanternins, claraboias), e/ou de forma desfasada pela envolvente opaca com capacidade de armazenamento térmico (permite absorver o calor durante o dia, libertando-o durante a noite quando as temperaturas diminuem)(Gonçalves & Graça, 2004)(Mendonça, 2005b).

No ganho indireto, a radiação solar incide sobre um elemento de armazenamento térmico (parede, cobertura, pavimento) que está entre a superfície de ganho e o espaço a aquecer. A massa térmica absorve a energia solar, transferindo-a depois para o espaço de forma imediata ou desfasada (consoante a circulação do ar). A parede de Trombe e a parede/coluna de água são exemplos deste processo (Gonçalves & Graça, 2004)(Mendonça, 2005b).

Para obter um ganho isolado a captação de energia e o seu armazenamento são independentes ao edifício. Exemplo deste processo são as estufas e os coletores de ar (Gonçalves & Graça, 2004).

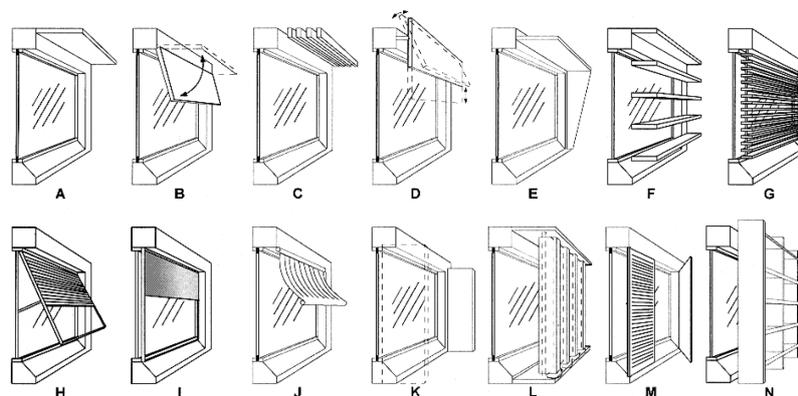


Figura 12 - Tipos de Sombreamento (Mendonça, 2005b)

Em relação à estação do verão, os sistemas passivos de arrefecimento podem ser classificados em três processos: direto, indireto e isolado. Os sistemas de arrefecimento direto podem ser implementados através da proteção solar dos vãos envidraçados recorrendo a vegetação como forma de promover a evapotranspiração, da aplicação de elementos construtivos como palas, alpendres, portadas, e da promoção de ventilação natural (Gonçalves & Graça, 2004) (Mendonça, 2005b).

No que diz respeito à ventilação natural, esta tem como base a troca de massas

de ar entre o ambiente interior e o exterior face às diferenças de temperatura nos dois locais, garantindo a renovação do ar para a manutenção das condições de salubridade. No verão, pode tirar partido do arrefecimento noturno, usufruindo das amplitudes térmicas durante o dia. No inverno, uma vez que as temperaturas são mais baixas, é importante limitar as infiltrações de ar de forma a impedir perdas de calor. A ventilação pode ser promovida de duas formas: adotando uma circulação cruzada ou transversal, com aberturas situadas em fachadas opostas, ou uma circulação unilateral, com aberturas

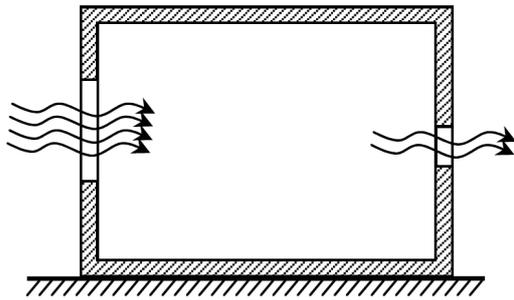


Figura 13 - Esquema ventilação cruzada (Mendonça, 2005b)

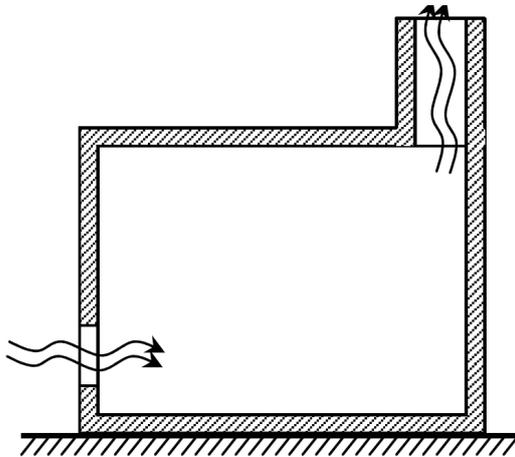


Figura 14 - Esquema efeito chaminé (Mendonça, 2005b)

concentradas na mesma fachada ou ainda tirando partido do efeito de convecção natural, com entrada de ar ao nível da fachada e exaustão por chaminés de ventilação. Para

além dos sistemas já referidos, existem outras estratégias de refrigeração como: as construções enterradas ou em contacto com o terreno por meio de condutas subterrâneas, que garantem uma temperatura estável durante todo o ano, e o recurso a processos de evaporação por meio de elementos hídricos, como piscinas e fontes, ou o uso de vegetação e pátios, que fazem diminuir a temperatura do ar antes de esta entrar para o edifício (Gonçalves & Graça, 2004)(Mendonça, 2005b).

O arrefecimento indireto recorre a elementos de armazenamento térmico que absorvem o calor durante o dia impedindo que hajam ganhos de calor para o interior do espaço ou que permite a passagem de ar fresco por ele. Como exemplo deste sistema é a ventilação e radiação durante o período da noite dos elementos de armazenamento térmico (Mendonça, 2005b).

Já o arrefecimento isolado impõe que o ambiente a climatizar e o elemento de armazenamento térmico estejam separados (ex.: tubagens de refrigeração)(Gonçalves & Graça, 2004)(Mendonça, 2005b).

Um sistema ativo de aquecimento ou produção de energia refere-se aos sistemas

em que a contribuição de energia auxiliar não ultrapassa os 2% da energia útil captada pelo sistema. Pode ser compreendido em duas categorias: sistemas ativos de aquecimento e sistemas ativos de produção de energia. Os sistemas de aquecimento integram os painéis coletores solares térmicos, de ganho indireto. Estão dependentes de depósitos isotérmicos com capacidade de armazenamento e são utilizados para aquecimento de água. Já os sistemas de produção de energia referem-se à produção de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos que podem ter, ou não, ligação com a rede pública (quando estão ligados tornam-se soluções mais eficientes pois podem introduzir a produção excedente na rede e em falta podem ir buscar à mesma)(Mendonça, 2005a).



### 3.2. Conceito Passive House

eficiência, economia e ecologia. Para tal, o edifício deve incluir níveis adequados de isolamento térmico, reduzir pontes térmicas, implementar janelas e sombreamento eficiente, garantir uma envolvente estanque ao ar e optar por um sistema de ventilação com recuperação de calor, em conformidade com as características do clima local do projeto.

Para um edifício ser reconhecido como “Passive House” este tem de satisfazer quatro requisitos. A carga das necessidades de aquecimento e arrefecimento não deve ultrapassar os 15 kWh/(m<sup>2</sup>a), de acordo com o “Passive House Planning Package”. No que diz respeito ao uso de energia primária, este não deve exceder 120 kWh/(m<sup>2</sup>a), porém é desejável que o abastecimento futuro seja proveniente de energias renováveis com o máximo de 60 kWh/(m<sup>2</sup>a). O conforto térmico deve ser assegurado em ambas as estações (verão e inverno) com temperaturas de 25°C a não ultrapassar 10% das horas totais referentes a um ano. Em relação à estanquidade do ar interior, esta deve ser garantida por meio de uma taxa renovação horária de 0,6, a uma pressão de 50 Pa (iPHA | International Passive House Association, n.d.)(Passipedia, n.d.)(Passipedia, 2017).

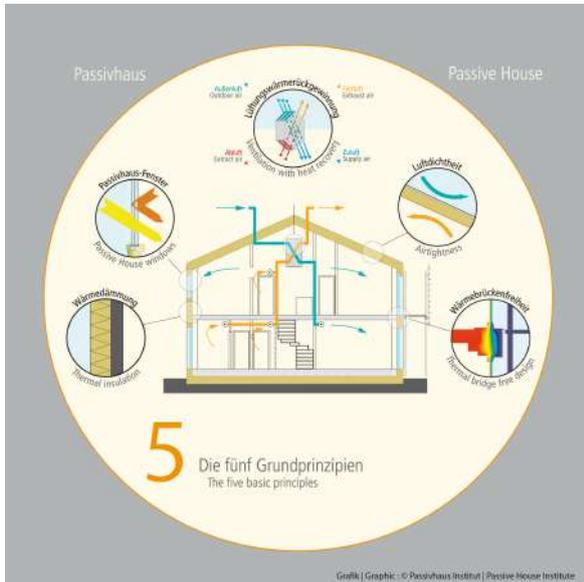


Figura 15 - Os cinco princípios base do conceito “Passive House” (Passipedia, n.d.)

O conceito “Passive House” foi desenvolvido por dois engenheiros, Wolfgang Feist e Bo Adamson, que procuravam uma construção mais sustentável e energeticamente eficiente. Os princípios são desenvolvidos segundo a noção de conforto,



Figura 16 - Primeiro exemplar do conceito “Passive House”, a casa Darmstadt-Kranichstein, na Alemanha (Barry, 2016)

A integração dos requisitos do conceito “Passive House” baseiam-se em três pontos fundamentais:

»Implementação de uma envolvente estanque e bem isolada com o objetivo de reduzir as pontes térmicas ao dotar os elementos construtivos exteriores de materiais isolantes adequados ao clima. Desta forma é criada uma barreira que limita a influência das temperaturas exteriores nos espaços interiores, controlando as condições de formação de bolores e humidade nos elementos arquitetónicos exteriores (paredes e tetos).

»A aplicação de um sistema de ventilação com recuperador de calor eficiente para controlar e melhorar o ar interior, filtrando todas as impurezas vindas do ambiente exterior, como poeiras, pólen das plantas, pó, eliminando odores indesejados e ainda equilibrando os níveis de humidade. Para além de garantir as condições de salubridade, ajuda a reduzir perdas de calor interior que muitas vezes ocorrem no processo de renovação de ar, o que permite a poupança de energia mantendo os níveis de conforto.

»A otimização das janelas garante a qualidade de luz natural dentro dos espaços (reduzindo a necessidade de luz artificial) e permite a captação de ganhos solares na estação de aquecimento. As janelas captadoras deverão estar orientadas para o equador devidamente sombreadas, e nas vertentes este/oeste é importante restringir os ganhos solares como forma de evitar o sobreaquecimento (PHA, 2014).

O primeiro exemplo de casa passiva foi construído pela dupla de engenheiros em parceria com dois arquitetos, Bott e Ridder, no ano de 1991, a Darmstadt-Kranichstein, na Alemanha (PHA, 2014).





### 3.3. Conceito Net-Zero Energy Building (Net-ZEB)

Os primeiros projetos pioneiros registados da implementação do conceito “Zero Energy Building” focaram-se no aproveitamento da energia solar como fonte de energia para alcançar necessidades de aquecimento zero. Um desses projetos é a “MIT Solar House” (1939) que utiliza uma grande área de coletores solares e armazenamento de água para produzir energia no verão e fornecer calor no inverno. A “Bliss House” (1955) não só integrava coletores solares térmicos, mas também incluía elementos de armazenamento de energia por meio de massa térmica, na utilização de pedra. Para além das experiências que se focavam no aproveitamento da energia solar no edifício, podem ser ainda referidos outros exemplos que exploraram o conceito de um edifício zero ou quase zero que integrava altos níveis de isolamento térmico na envolvente (Hernandez & Kenny, 2010). Eles são a casa “DTH Zero Energy” de 1973, situada em Copenhaga, Dinamarca pelo professor Vagn Korsgaard

(Passipedia, 2016) e a casa “Saskatchewan Conservation” de 1977, localizada na Regina, Canadá (Passipedia, 2015). Estes projetos vão influenciar as investigações que se seguiram, contribuindo para uma melhor definição e desenvolvimento dos padrões e regulamentos do assunto. Incorporando os princípios de uma envolvente estanque ao ar dotada de níveis elevados de isolamento térmico e de um sistema de ventilação com recuperação de calor, surgiram novos conceitos como o R-2000, no Canadá, e a PassivHaus, na Alemanha, que permitem reduzir os consumos de aquecimento e as exigências de energia por meio de abordagens mais eficientes (Hernandez & Kenny, 2010).

*“Os edifícios representam 40% do consumo de energia total da União. O sector está expansão, pelo que será de esperar um aumento do seu consumo de energia. (...) a redução do consumo de energia e a utilização de energia proveniente de fontes renováveis no sector dos edifícios constituem medidas importantes necessárias para reduzir a dependência energética da União e as emissões de gases com efeito de estufa.”(União Europeia, 2010)*

A reformulação da diretiva referente ao desempenho energético dos edifícios (inicialmente publicada em 2002), é delineada pela União Europeia e publicada a 9 de Julho de 2010, veio reforçar a implementação do conceito “Zero Energy Building” (ZEBs) ou edifício de energia zero nos Estados Membros da UE. O documento afirma que todos os novos edifícios têm de atingir o nível máximo de desempenho, recorrendo a sistemas locais de fornecimento de energia renovável como forma de garantir as necessidades de conforto. Determina que, a partir de 2020 todos os novos edifícios devem ser “nearly zero-energy”: edifício com um elevado desempenho energético, onde o consumo anual de energia primária é equilibrado por fontes de energia renovável “on-site”/locais ou “off-site”/nas proximidades. Apesar de lançar objectivos, a directiva não define os requisitos mínimos ou máximos a cumprir ou qual é a estrutura de cálculos, apenas refere que (Aelenei, Gonçalves, & Aelenei, 2013):

*“nearly zero energy building means a building that has a very high energy performance (...)”(União Europeia, 2010)*

*“The nearly zero or very low amount of energy required should be covered to a very significant extent by energy from renewable sources, including renewable sources produced on-site or nearby;” (União Europeia, 2010)*

Cabe aos estados membros da união europeia precisar quais os padrões de desempenho energético a implementar de acordo com o clima local, e as suas condições económicas e políticas (União Europeia, 2010)(Aelenei et al., 2013). O que são edifícios de balanço energético nulo, e como se determina a fronteira de energia do edifício? Que fluxos de energia são ponderados e qual é a métrica de balanço? Quais são os fatores a ter em conta para o cálculo e qual o período de tempo a considerar? Como contabilizar a energia produzida e consumida? Estas são algumas das questões levantadas pela pouca clareza da diretiva (Aelenei et al., 2013).

Na tabela 1 encontram-se reunidas algumas das definições propostas ao longo dos anos por vários autores (Charles J. Kibert & Fard, 2012).

Tabela 1 - Definições de edifícios Net-zero e zero-energy organizados por ordem de aparecimento in (CHARLES J. KIBERT & FARD, 2012)

Esbenson and Korsgaard (1977)	A zero-energy house (ZEH) is dimensioned to be self-sufficient in space heating and hot water supply during normal climate conditions in Denmark.
Gilijamse (1995)	A ZEH is defined as a house where no fossil fuels are consumed, and annual electricity consumption equals annual electricity production. Unlike the autarkic situation, the electricity grid acts as a virtual buyer with annually balanced deliveries and returns.
IQBAL (2004)	A zero-energy home is one that optimally combines commercially available renewable energy technology with the state-of-the-art energy efficiency construction techniques. In a zero-energy home no fossil fuels are consumed and its annual electricity consumption equals annual electricity production. A zero-energy home may or may not be grid-connected. In a zero-energy home annual energy consumption is equal to the annual energy production using one or more of the available renewable energy resources.
Charron (2005)	Homes that utilize solar thermal and solar photovoltaic (PV) technologies to generate as much energy as their yearly load are referred to as net zero energy solar homes (ZESH).
Torcellini et Al. (2006)	A zero-energy building (ZEB) is a residential or commercial building with greatly reduced energy needs through efficiency gains such that the balance of energy needs can be supplied with renewable energy technology.

Eisa (2007)	A net-zero energy (NZE) commercial building is a high-performance commercial building designed, constructed and operated: (1) to require a greatly reduced quantity of energy to operate; (2) to meet the balance of energy needs from sources of energy that do not produce greenhouse gases; (3) to act in a manner that will result in no net emissions of greenhouse gases; and (d) to be economically viable.
Mertz et Al. (2007)	A net-zero energy home is a home that, over the course of a year, generates the same amount of energy it consumes. A net-zero energy home could generate energy through PV panels, a wind turbine or a biogas generator.
Rosta et Al. (2008)	A ZEH produces as much energy as it consumes in a year.
Laustsen (2008)	Zero net energy buildings are buildings that over a year are neutral, meaning that they deliver as much energy to the supply grids as they use from the grid. Seen in these terms, they do not need any fossil fuel for heating, cooling, lighting or other energy uses, although they sometimes draw energy from the grid.
Green Building Advisor (2010)	Net zero-energy buildings (nZEB) are those producing as much energy on an annual basis as it consumes on-site, usually with renewable energy sources such as PV or small-scale wind turbines.
European Commission (2010)	The nearly zero or very low amount of energy required should be covered to a very significant extent by energy from renewable sources, including energy from renewable sources produced on-site or nearby.

Aelenei et Al. (2010)	The nZEB concept can be defined as a building that over a year is neutral, meaning that it delivers as much energy to the supply grid as it uses from the grid.
Voss et Al. (2010)	The understanding of an nZEB is primarily based on the annual balance between energy demand and energy generation on the building site. An nZEB operates in connection with an energy infrastructure such as the power grid.
Hernandez and Kenny (2010)	A life cycle zero-energy building (LC-ZEB) is one where the primary energy used in the building in operation plus the energy embodied within its constituent materials and systems, including energy generating ones, over the life of the building is equal to or less than the energy produced by its renewable energy systems within the building over their lifetime.
Sartori et Al. (2010)	A nZEB is a building with greatly reduced energy demand that can be balanced by an equivalent on-site generation of electricity, or other energy carriers, from renewable sources.
Salom et Al. (2011)	A nZEB can be succinctly described as a grid-connected building that generates as much energy as it uses over a year. The 'net zero' balance is attained by applying energy conservation and efficiency measures and by incorporating renewable energy systems.

Lund et Al. (2011)

A ZEB combines highly energy-efficient building designs, technical systems and equipment to minimize the heating and electricity demand with on-site renewable energy generation typically including a solar hot water production system and a rooftop PV system. A ZEB can be off- or on-grid.

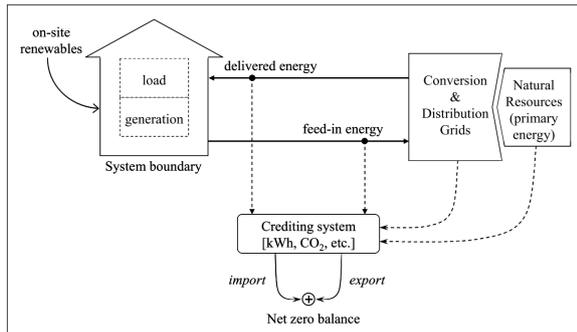


Figura 17 -Ligação entre o edifício e as infraestruturas de energia in (Sartori et al., n.d.)

O conceito “Net-ZEB” diz respeito a um edifício que possui ligação com uma ou mais infraestruturas de energia. O termo “Net” refere-se ao balanço entre os fluxos de energia importada e exportada com a rede durante um determinado período, normalmente um ano, enquanto que, o termo “ZEB” é mais abrangente e também pode incluir edifícios autónomos (Sartori, Napolitano, & Voss,

2012)(Sartori et al., n.d.). Os princípios de um “Net-ZEB” têm como base a redução das necessidades de energia através de medidas de eficiência energética, e na produção de energia (eletricidade ou outras) que não só permite cobrir as necessidades, mas também fornecer energia à rede de forma a obter créditos essenciais para os períodos de fraca produção local (Sartori et al., n.d.). Pode-se assim dizer que um “Net-ZEB” ou edifício de balanço energético nulo, é um edifício que utiliza 0 kWh/m<sup>2</sup>a de energia primária com um elevado desempenho, geralmente ligado à rede. O seu balanço anual de energia primária corresponde ao equilíbrio entre a energia fornecida à rede e a energia consumida da rede. A produção de energia é feita no local recorrendo a fontes renováveis (Kurnitski et al., 2011).

As condições de balanço de um edifício podem categorizar três cenários: quando este não utiliza mais energia do que

produz, com um balanço anual neutro, é designado por “net-zero energy building”; se o edifício gera menos energia quanto a que consome, então trata-se de um “nearly-zero energy building”; porém, quando o balanço é positivo, ou seja, a produção excede o consumo de energia, é designado de “plus-energy building” (Aelenei et al., 2013). Para compreender as diferentes interpretações e abordagens relativas ao conceito “Net-ZEB”, é essencial analisar as variáveis a seguir discriminadas (Sartori et al., n.d.).

As condições da fronteira, que determinam quais as variantes que definem os fluxos de energia e as exigências energéticas:

»O limite do sistema pode considerar um único edifício ou um conjunto de edifícios, estabelecendo que inputs de energia renovável são incluídos ou não no balanço.

» Identificar qual a funcionalidade do edifício essencial para compreender quais são as necessidades de energia por pessoa, se é uma habitação, uma escola, um escritório, ou outro.

»O clima e os padrões de conforto interior a cumprir são fatores que determinam a carga de energia do edifício.

»A ligação com a infraestrutura de

energia pode ser feita através de uma ou mais redes (rede elétrica, de aquecimento urbano, de gás natural, sistemas de arrefecimento, rede de biomassa e biocombustível). Ao estarem ligados à rede, os edifícios têm a possibilidade de importar e exportar energia com a mesma, não requerendo qualquer tipo de armazenamento de eletricidade, ao invés dos edifícios autónomos, “off-grid”, que dependem de elementos de armazenamento (Sartori et al., n.d.) (Torcellini, Pless, Deru, & Crawley, 2006) (Torcellini et al., 2006).

O Sistema de crédito de energia:

»A métrica de crédito pode ser categorizada em quatro tipos, consoante a unidade de energia utilizada: “site energy” (energia final, a mais fácil de aplicar), “source energy” (energia primária, a mais comum), “energy cost” (referente ao custo da energia regulado pela entidade energética) e “energy emissions” (associado às emissões de CO2 equivalente e emissões “limpas” da produção de energia proveniente de fontes renováveis).

»A contabilidade do crédito pode ser executada de três formas: contabilização estática, onde são estimados os valores médios para um determinado período de

energia primária e de fatores de emissão de carbono; contabilização dinâmica, onde o preço da energia está disponível de hora a hora; e contabilização semi-dinâmica, por meio de uma média mensal/sazonal, ou diária.

»O tipo de energia usada, no geral, é a energia operacional que inclui o aquecimento, arrefecimento, iluminação, ventilação e águas quentes, mas que não contabiliza sistemas auxiliares ou energia incorporada (Torcellini et al., 2006) (Sartori et al., n.d.)(Torcellini et al., 2006).

#### O Balanço Net Zero:

»Os elementos de balanço referem-se às cargas incluídas no cálculo do balanço. Estas referem-se ao aquecimento, arrefecimento, ventilação e energia auxiliar, luz e cargas das tomadas.

»O período de balanço pode ser contabilizado em cinco períodos temporais: hora a hora, diário, mensal, sazonal e anual (o mais comum).

»A eficiência energética é determinada pelos requisitos mínimos impostos pelas diretivas da união europeia e pelos regulamentos de cada estado membro.

»O tipo de balanço do edifício é

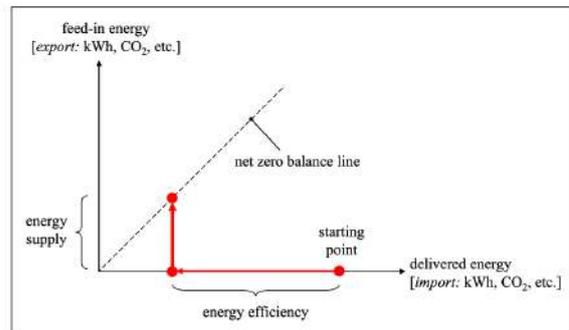


Figura 18 - Representação gráfica do conceito “Net-ZEB” in (Sartori et al., n.d.)

definido pela relação do edifício com a rede: “off-grid” e “on-grid”. Um edifício que está desligado da rede, considerado autónomo ou “off-grid” tem como única fonte de abastecimento de energia a sua produção própria. Já um edifício ligado à rede ou “on-grid”, é fornecido de energia através de duas fontes: a rede local e dispositivos de produção de energia renovável na pegada do edifício ou nas suas proximidades, tendo em conta o balanço da energia que é importada (retirada da rede) com a energia que é exportada (inserida na rede) (D’Agostino, 2015) (Sartori et al., n.d.).

»O fornecimento de energia assume uma hierarquização das opções, onde se

privilegia a implementação de tecnologias de baixa energia de forma a reduzir as necessidades energéticas através da iluminação natural, AVAC de alta eficiência, ventilação natural, ar condicionado, arrefecimento evaporativo, e o fornecimento de energia renovável. Este pode ser feito de três formas: no lote onde está inserido o edifício, na zona envolvente do lote (que se considera “on-site”), ou na proximidade regional do edifício (“off-site”). É dada maior importância ao uso de energias na captadas no próprio lote de terreno afecto ao edifício, seguindo-se a zona envolvente do edifício, e por fim na proximidade regional (D’Agostino, 2015) (Sartori et al., n.d.). A hierarquia do fornecimento de energia está representada na tabela 2 (Torcellini et al., 2006) (Torcellini et al., 2006).

A produção no local está inserida na geração de energia renovável no perímetro do edifício ou dentro do perímetro do lote (recorrendo a painéis fotovoltaicos, coletores solares térmicos, turbinas eólicas, bombas de calor e hidro de baixo impacto). O fornecimento proximidade regional do edifício refere-se à produção de energia renovável local com renováveis disponíveis “off-site” (biomassa, pellets de madeira,

etanol, biodiesel, desperdícios de produção on-site para produção de electricidade ou calor), ou na compra de renováveis “off-site”, como energia fotovoltaica, créditos de emissões ou outros créditos “verdes”, energia eólica e hidroeléctrica) (D’Agostino, 2015). Em 2015, no seguimento do Acordo de Paris e do desenvolvimento das políticas energéticas propostas pela União de Energia, a Comissão Europeia propõe uma nova reformulação da diretiva a 30 de Novembro de 2016 com o objetivo de simplificar as regras existentes e promover o uso de tecnologia inteligente nos edifícios face às mudanças dos mercados energéticos globais (European Commission, n.d.-c)(EuroACE, n.d.)(European Commission, 2016).

Tabela 2 - Hierarquia do fornecimento de energia renovável num edifício ZEB (Torcellini, Pless, Deru, & Crawley, 2006)

Option Number	ZEB Supply-Side Options	Examples
0	Reduce site energy use through low-energy building Technologies.	Daylighting, high-efficiency HVAC equipment, natural ventilation, evaporative cooling, etc.
<b>On-Site Supply Options Use</b>		
1	Use renewable energy sources available within the building's footprint.	PV, solar hot water, and wind located on the building.
2	Use renewable energy sources available at the site.	PV, solar hot water, low-impact hydro, and wind located on-site, but not on the building.
<b>Off-Site Supply Options</b>		
3	Use renewable energy sources available off site to generate energy on site.	Biomass, wood pellets, ethanol, or biodiesel that can be imported from off site, or waste streams from on-site processes that can be used on-site to generate electricity and heat.
4	Purchase off-site renewable energy sources.	Utility-based wind, PV, emissions credits, or other "green" purchasing options. Hydroelectric is sometimes considered.





## **4. Caso Prático – Hotel de Charme em Alenquer**

### **4.1. Princípios gerais para a definição da estratégia de projeto**

#### **4.1.1. Relação entre conceito e qualidade do edifício**

No processo de desenvolvimento do projeto de arquitetura são tidos em conta vários critérios que influenciam o resultado final. Partindo de um conjunto de objetivos associados a um local é definida uma estratégia que segue uma lógica de passos, partindo de uma fase conceptual e generalista até ao pormenor mais específico.

É aqui que entra o equilíbrio entre a vertente conceptual e o conforto do edifício. O conceito arquitetónico orienta a estratégia formal e dá resposta aos primeiros critérios da morfologia do edifício. O conforto do edifício advém da componente ambiental, nas condições do espaço interior e do conforto do utilizador, em relação ao clima do local. Para cumprir estes dois critérios com sucesso, a estratégia de projeto assume desde o início

o cruzamento destes dois campos, objetivos ambientais e objetivos formais de definição de conceito, num percurso equilibrado, permitindo que se auxiliem quando necessário.

Num olhar mais geral, é possível compreender que estes dois campos não devem ser tratados de forma separada e faseada, pois são complementares. Porém, de forma a os objetivos serem mais perceptíveis pela sua caracterização, é feita uma categorização por itens representados na tabela 3.

A estratégia passa, numa primeira fase, por compreender o território e qual a melhor implantação, face às restrições do sítio, do programa e do conceito. De seguida é feita uma análise do clima destacando as suas necessidades, que se transpõem em estratégias de projeto passivas incorporadas ao longo do seu desenvolvimento.

Tabela 3 - Campos de trabalho para o desenvolvimento do projeto de arquitetura

<b>Conceito</b>	<b>Conforto do Edifício</b>
Definição do programa	Perfil de ocupação Análise do Clima (necessidades)
Implantação	Melhor orientação (otimização de ganhos)
Forma	Fator Forma (redução de perdas)
Relação com a envolvente	Aproveitamento para redução de fluxos energéticos
Distribuição programática	Hierarquização e proteção térmica
Soluções construtivas	Exigências climáticas

#### 4.1.2. Análise do local - parâmetros físicos e ambientais

O local de intervenção proposto para o projeto final de arquitetura foi a vila de Alenquer, inserida na Área Metropolitana de Lisboa. Este local apresenta uma posição estratégica, situando-se a 30 minutos de carro do centro da capital, mas insere-se num território mais natural/rural.



Figura 19 - Vila de Alenquer, (GoogleMaps, 2017)

Com base numa análise de grupo feita durante o ano letivo, foi apresentada uma proposta onde se assinalavam duas triangulações com base em pontos estratégicos a duas cotas (na zona baixa junto ao rio Alenquer, e na zona alta da vila demarcados pelo topo das encostas). Dentro da proposta, o projeto individual insere-se na zona alta da vila, enquadrando a requalificação de um lote com edificado existente bem como a sua articulação com uma nova construção, dentro do programa de um Alojamento Turístico.

Numa primeira fase, para o desenvolvimento da proposta de projeto de arquitetura, são analisados os fatores físicos relativos às condições orográficas e ambientais alusivas às suas condições climáticas, do local a intervir.



Figura 20 - Zona alta da Vila de Alenquer, GoogleMaps 2017

No que diz respeito às condições físicas do território, é possível observar uma morfologia particular. A Vila de Alenquer desenvolve-se numa zona de vale, ao longo do percurso do rio, com o mesmo nome, o qual desagua no rio Tejo junto à vala do Carregado. A topografia da zona central da Vila é marcada por um conjunto de encostas muito acidentadas.

O lote a trabalhar localiza-se na área da vila antiga de construção muito densa, no topo de uma das colinas junto a uma grande mancha arbórea. A sua orientação já pré-definida é noroeste-sudeste, onde os seus limites dão acesso a duas ruas com cerca de 12 metros de diferença de cota acentuando a característica de terreno acidentado.

Em relação aos fatores ambientais de Alenquer, é importante analisar as suas condições climáticas. O clima de Portugal Continental é tipo C, segundo a classificação Koppen, temperado que se divide em duas zonas: Csa, temperado com inverno chuvoso e verão seco e quente (onde se encontra Alenquer); Csb, temperado com inverno chuvoso e verão seco e pouco quente/suave. Alenquer localiza-se na região centro de Portugal e sub-região Oeste, pertencendo ao distrito de Lisboa. A sua altitude é de 73

metros (Topographic-map, n.d.), inserindo-se na zona climática de inverno I1 e de verão V2 (Despacho n.º 15793-F/2013, 2013). Os dados climáticos regulamentares são:

- »Graus-dia (18°C) – 1165°C
- »Duração da Estação de Aquecimento - 5,6 meses
- »Duração da Estação de Arrefecimento- 4 meses
- »Energia solar incidente a sul na estação de aquecimento - 145 kWh/m<sup>2</sup>
- »Energia solar na estação de arrefecimento nas orientações do projeto - 830 kWh/m<sup>2</sup> (em superfície horizontal) e 495 kWh/m<sup>2</sup> (sudeste e sudoeste)

Considerando os dados anteriormente apresentados podemos observar as seguintes condições climáticas:

- »Zona climática Csa, de clima temperado com inverno chuvoso, e verão seco e quente.
- »As temperaturas anuais não ultrapassam os 25 °C durante a estação de arrefecimento e os 10 °C na estação de aquecimento.
- »A variação entre os valores máximo e mínimo vai de 31.3 °C no verão até aos -0.2°C no inverno.

»A humidade relativa média anual concentra-se entre os 80% no inverno e nos 75% durante o verão, valores acima do referencial de conforto das duas estações.

Assim sendo, durante a estação de aquecimento é importante promover ganhos solares e restringir perdas de calor por condução pela envolvente. Já no verão é essencial restringir ganhos solares pela envolvente transparente e ganhos por condução. É importante também promover a ventilação natural face às grandes amplitudes térmicas e aos elevados níveis de humidade (sobretudo no verão). Implementar soluções construtivas com características de inércia forte para garantir a estabilidade da temperatura

interior, quer no verão quer no inverno, com o objetivo de minimizar o sobreaquecimento.

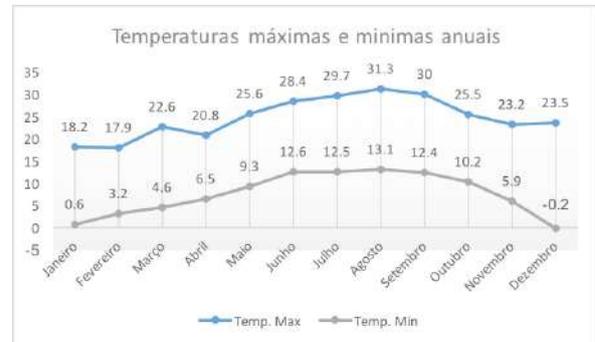


Figura 22- Temperaturas máximas e mínimas em Alenquer (“Anos meteorológicos de referência para simulação dinâmica” Versão 1.05 de 2014, LNEG)

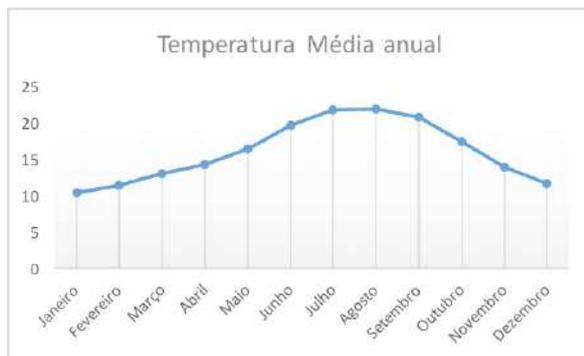


Figura 21 - Temperatura média anual em Alenquer (“Anos meteorológicos de referência para simulação dinâmica” Versão 1.05 de 2014, LNEG)

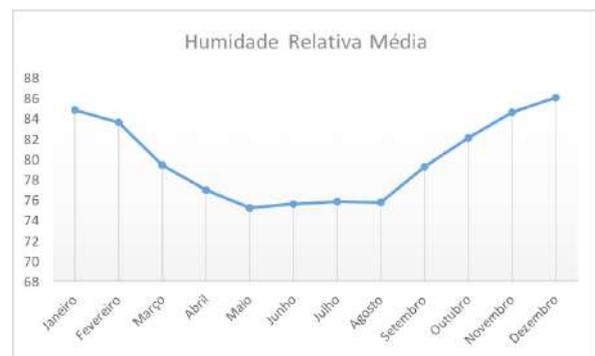


Figura 23 - Humidade Relativa Média em Alenquer (“Anos meteorológicos de referência para simulação dinâmica” Versão 1.05 de 2014, LNEG)

### 4.1.3. Desenvolvimento do projeto (estratégia adotada)

programa, explorando a relação das várias cotas mantendo ao mesmo tempo a desobstrução das vistas já existentes, como forma de consolidar a experiência do ambiente natural e livre.

Para a sua construção é fundamental desenvolver um planeamento conjunto de aspetos orientadores para uma estratégia bioclimática. Eles são: as condições climáticas do local, o tipo de programa, o período de ocupação dos espaços, as orientações de implantação e disposição programática favoráveis tendo em conta o desenho do lote já existente.

O programa de alojamento turístico é composto por um conjunto de dois edifícios pré-existentes e por um edifício de construção nova. Os edifícios pré-existentes incluem quatro mini-apartamentos compostos por uma zona de quarto, sala de estar com cozinha e uma instalação sanitária. A nova construção é composta por uma receção e zona de administração, uma zona de staff que inclui cozinha e sala de estar, copas, espaços de preparação de alimentos, áreas de refrigeração dos alimentos, lavandaria, balneários, uma área de refeições, uma área de lounge, duas instalações sanitárias, seis quartos simples e seis quartos duplex com sala.

O conceito do projeto tem como base duas características do local: a morfologia dos socalcos pré-existentes do lote e a sua ligação de proximidade quer visual quer física com a área natural da envolvente. A resolução do projeto passa pela reorganização das várias plataformas no terreno integrando ao longo delas as formas dos espaços que compõem o

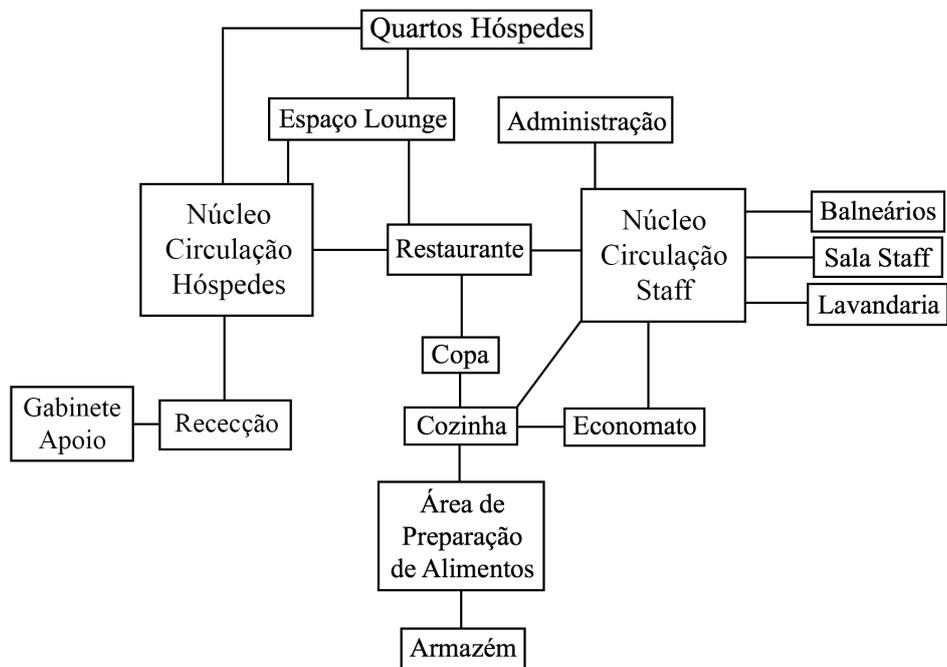


Figura 24 - Diagrama da relação dos espaços do programa

Tendo em conta os espaços que compõem o programa, é essencial analisar o período de ocupação como fundamento para a estratégia de hierarquização dos espaços na implementação de proteção térmica adequada. Com base no dados indicativos referentes ao horário de ocupação para um hotel, um restaurante e um escritório presentes no Anexo I (zonas de maior concentração de pessoas durante um período mais extenso, dentro do programa) é possível concluir, sendo 0 relativo a nenhuma ocupação e 1 referente a máxima ocupação, o período de maior ocupação da zona de quartos (considerando o horário do hotel) concentra-se entre as 22h e as 6/7h da manhã do dia seguinte. No que diz respeito aos espaços da administração, a ocupação aqui faz-se de forma contínua entre as 9h e as 18h. Para a área de refeições (considerando o horário de restauração) observam-se dois picos de maior ocupação entre as 11h e as 23h, intervalando das 15h às 18h, com mais expressão no período do jantar entre as 18h e 23h.

Assim sendo, ao analisar os dados anteriormente apresentados a hierarquização dos espaços é implementada a três níveis: em primeiro lugar privilegiar os espaços principais

do programa cujos horários de ocupação na sua maioria se concentram durante o período diurno, de forma mais intensa e prolongada, e onde se observa um maior aglomerado de utilizadores (aqui se inclui a área de refeições e a administração). Em seguida, estão os espaços principais cujo o período de ocupação pode ou não ser durante o horário diurno, mas que a sua ocupação decorra de forma mais pontual (aqui se inclui os quartos e o espaço lounge). Por fim estão os espaços secundários relativos ao funcionamento do programa que se enquadram na zona mais privada do edifício (receção, zonas de staff e área de cozinha). Em simultâneo, é importante conjugar o carácter de utilização destes espaços com a relação com o espaço exterior do lote.

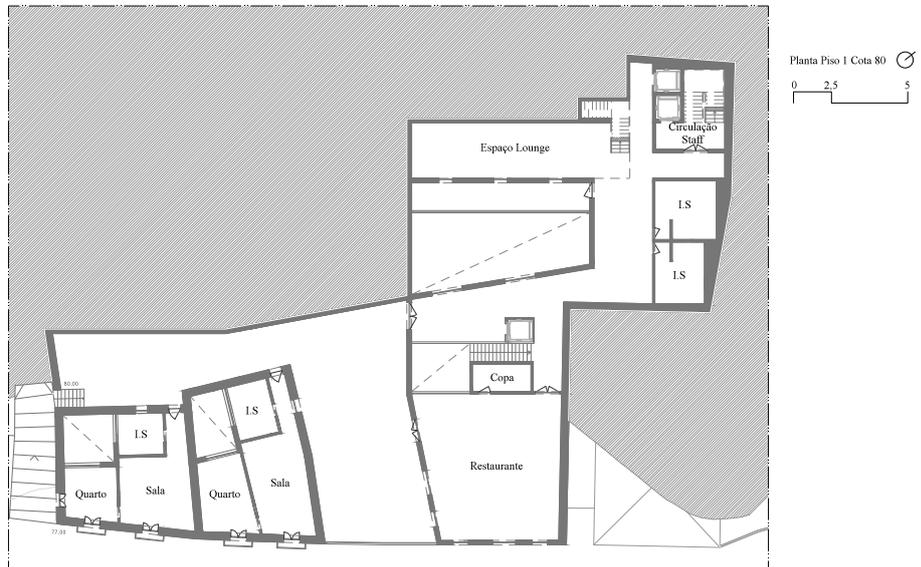
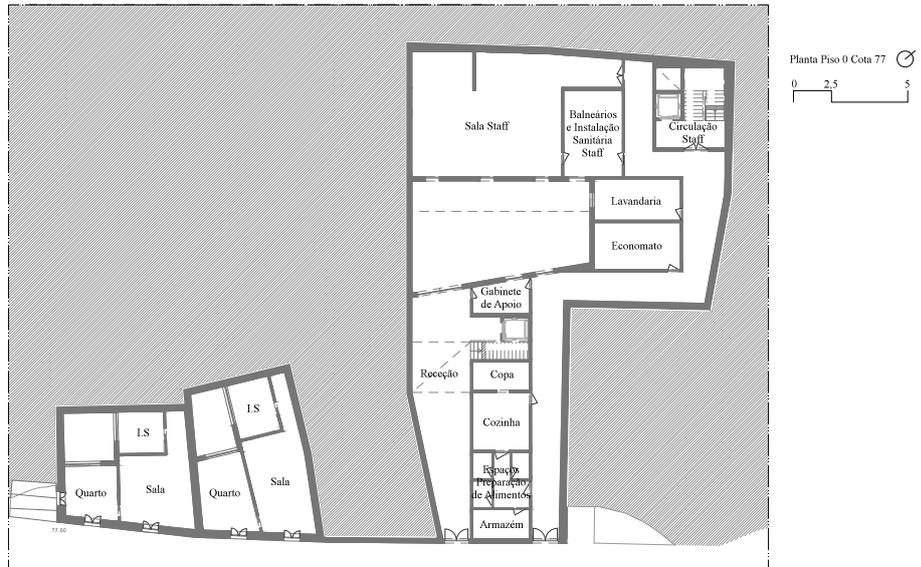


Figura 25 e 26 - Piso 0, cota 77 e Piso 1, cota 80

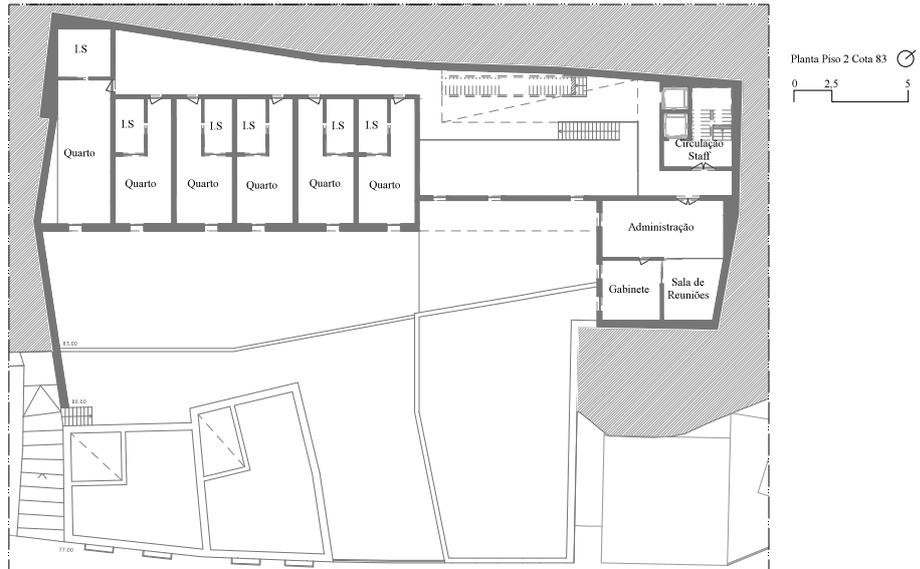


Figura 27 e 28 - Planta Piso 2, cota 83 e Planta Piso 3, cota 86

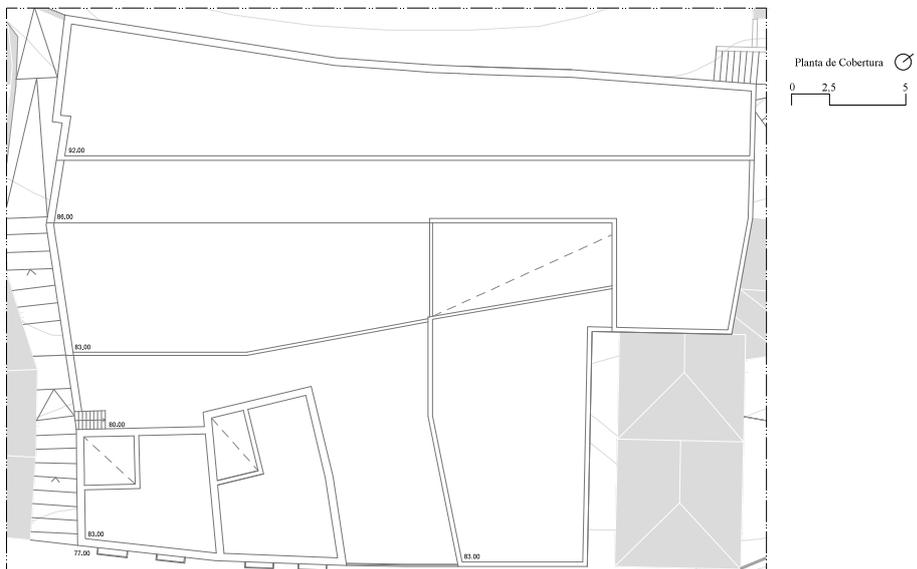
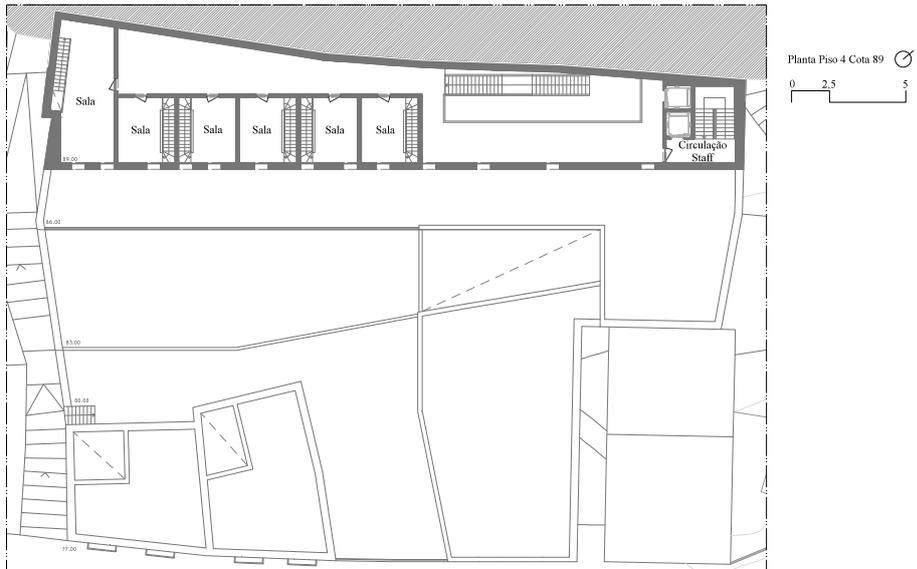


Figura 29 e 30 - Planta Piso 4, cota 89 e Planta de Cobertura

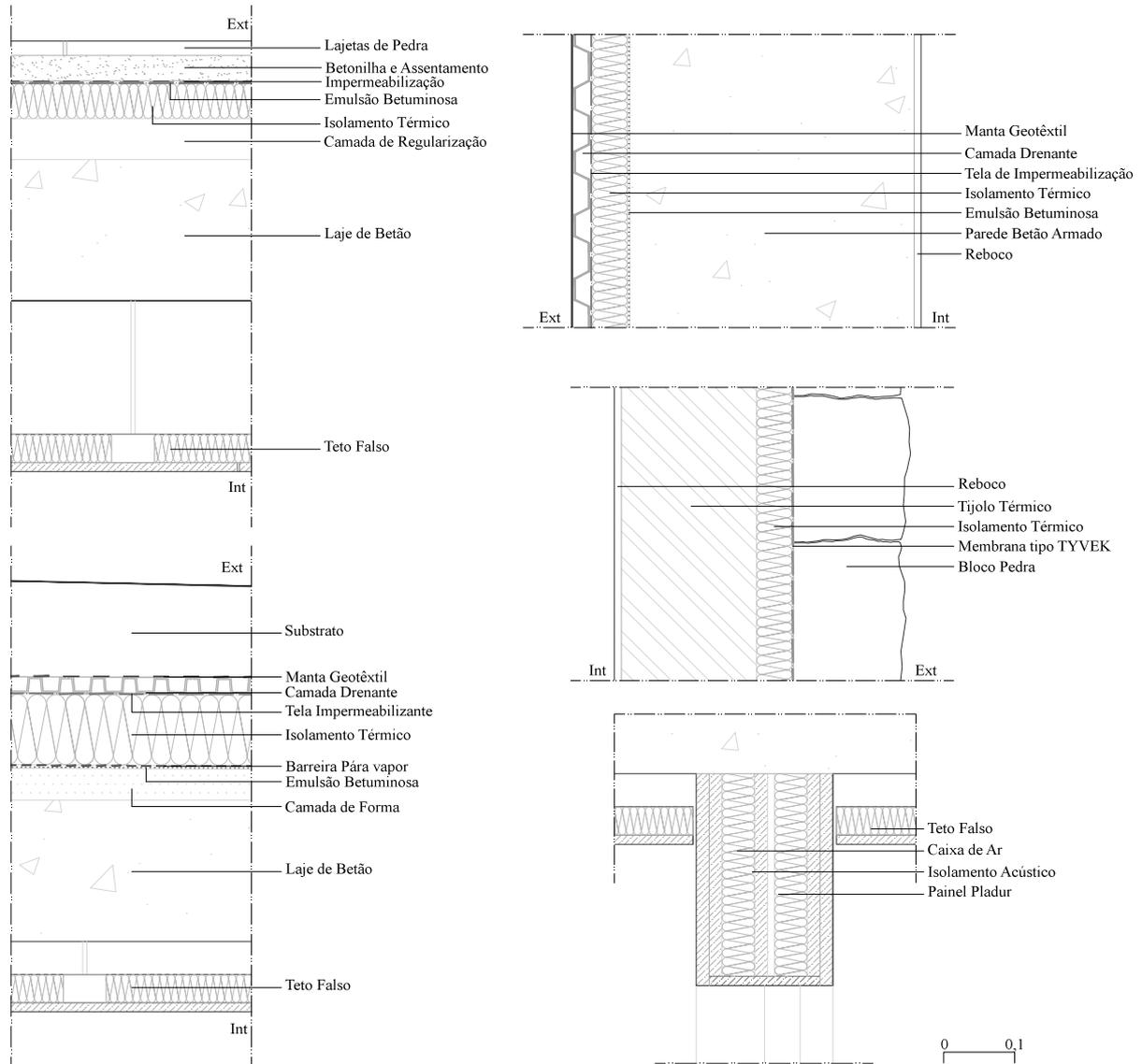


Figura 31 - Soluções construtivas adotadas



No que diz respeito ao projeto de arquitetura em articulação com a eficiência energética a maior questão foca-se em assegurar o acesso a iluminação natural de qualidade em todos os espaços, conjugando a distribuição programática consoante os períodos de utilização, face o declive acentuado da topografia do lote.

As soluções construtivas têm em consideração as necessidades climáticas do local, anteriormente referidas. Estas incluem inércia térmica essencial para reduzir as oscilações de temperatura ao longo do dia, isolamento térmico pelo exterior com a função de restringir os ganhos térmicos por condução, e uma cobertura ajardinada. A cor dos revestimentos é clara para refletir a radiação solar.

Com base na compreensão dos parâmetros ambientais e físicos do local, bem como na integração dos parâmetros de projeto, são implementadas estratégias passivas e sistemas ativos com o objetivo de garantir o conforto do utilizador nos vários espaços. A questão de garantir iluminação natural em todos os espaços de grande e média ocupação, tendo em conta uma parte da volumetria do edifício é enterrada, é fundamental.

Para além das estratégias passivas acima indicadas, há ainda que referir a entrada de luz natural para a zona do staff do piso térreo, para que desenvolvido um pátio interior que serve como um poço de luz por onde se desenvolvem em seu redor os vários espaços do programa (sistema passivo). Como sistema ativo, foi considerada a instalação de painéis fotovoltaicos para produção de energia local.

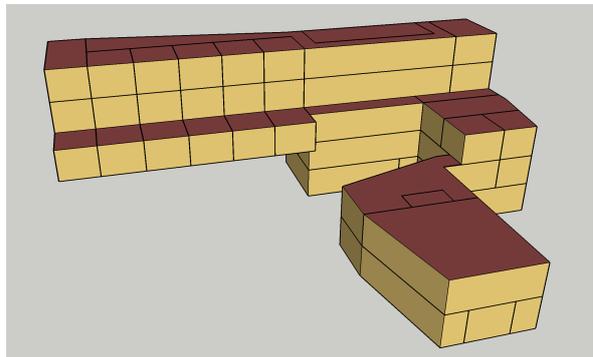


Figura 34 - Modelo do edifício em Sketchup, 2017

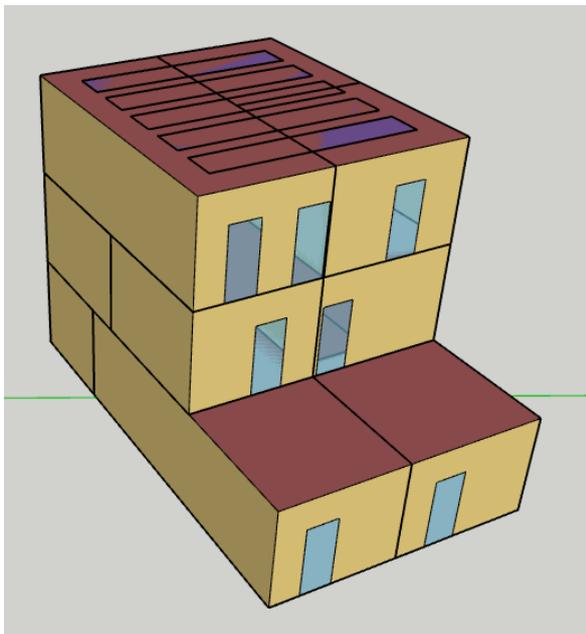


Figura 33 - Modelo parcial do edifício em Sketchup, 2017

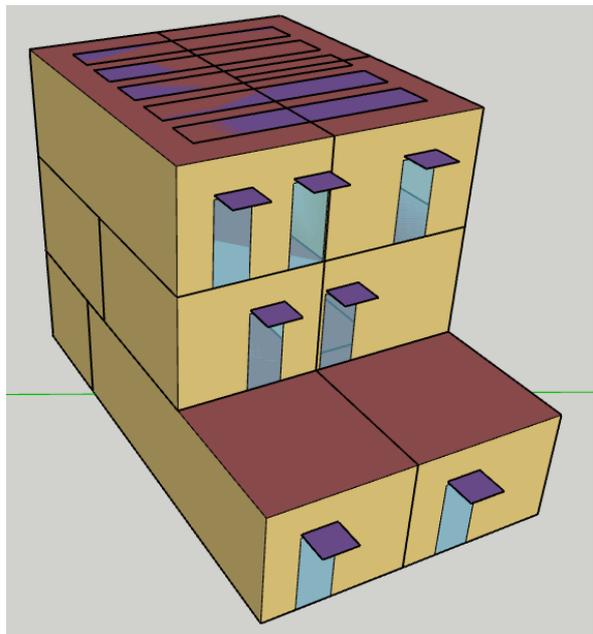


Figura 35 - Modelo parcial do edifício com sombreamento em Sketchup, 2017

## 4.2. Modelo e parâmetros de simulação

Depois de encontrada a volumetria final do projeto, o passo seguinte passou pela construção/produção do modelo utilizando o Google Sketchup 2015, nomeadamente dos elementos arquitetónicos do edifício (paredes, lajes, janelas e coberturas) para depois serem introduzidos no programa EnergyPlus, para a simulação dinâmica computacional do comportamento térmico do edifício e da respetiva utilização de energia.

As medições das dimensões para o desenho do modelo são feitas a partir do interior de forma a contabilizar a área dos espaços. O programa EnergyPlus não associa espessura aos planos que definem os espaços no modelo geométrico, a informação que caracteriza as soluções construtivas serve para o cálculo do coeficiente de transmissão térmica e para o efeito da massa superficial. Desta forma não é considerada a espessura das paredes exteriores, sendo que nas interiores é adicionado na área útil de cada espaço metade da espessura da parede (aumentando a área).

Para a representação das zonas térmicas é preciso avaliar cada espaço para determinação a sua definição geométrica. Definidos os critérios base, são desenhadas as várias zonas térmicas no programa Sketchup dando designações a cada plano que a constitui consoante o seu tipo e orientação (ex.: Quarto1\_Parede\_Este). O mesmo se aplica para as janelas, lajes e coberturas.

Dada a dimensão do modelo e a extensão do trabalho, foi selecionada uma parte do edifício, onde são incluídas as duas variações de quartos para uma simulação parcial do edifício.

Concluída toda a modelação tridimensional do edifício, o projeto é então submetido no programa EnergyPlus, juntamente com o ficheiro climático referente ao local, obtido através da folha de cálculo do LNEG “Anos meteorológicos de referência para simulação dinâmica”. São também definidos os materiais constituintes das várias soluções construtivas bem como todas as suas características, e os parâmetros de simulação.

Para os dois modelos, foram considerados os seguintes critérios de simulação seguindo o regulamento de desempenho energético dos edifícios e serviços (RECS):

duas condições de conforto, designadamente 20°C-25°C (para edifícios comuns) e 19°C-27°C (para edifícios híbridos ou passivos), 4 W/m<sup>2</sup> de ganhos internos e 0,4 renovações por hora durante 24h para 365 dias do ano (Ministérios do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, 2013). É definido também um sistema de ventilação forçada, “AVAC Ideal Loads Air System” para cada zona que se pretende climatizar, e a funcionar durante 24h para 365 dias do ano.

### 4.3. Resultados das simulações apresentando diferentes hipóteses

Para a realização do estudo sobre o balanço energético do projeto são efetuadas simulações térmicas dos espaços que compõem o modelo, de onde é possível obter os valores das cargas de AVAC (onde se incluí a carga de arrefecimento e aquecimento) que contribuem para o consumo total de energia do edifício e os valores de produção de energia provenientes gerada pelos painéis fotovoltaicos instalados na cobertura.

É considerado um modelo de base tridimensional, correspondente à forma final desenvolvida no projeto na vertente prática, onde são introduzidas duas variações: no campo arquitetónico e no campo climático. No que diz respeito à componente arquitetónica são incorporados elementos de sombreamento sobre os vãos envidraçados. Ao nível da componente climática, são adotadas duas condições de conforto interior distintas, segundo o regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços: a base de conforto 20°C-25°C e 19°C-27°C. As variações assinaladas determinam as quatro simulações a ser analisadas, onde os critérios de simulação relativos aos ganhos internos e às renovações de ar interior se mantêm constantes.

Figura 36 - Carga de avac e cargas internas anuais, com base de conforto 20-25°C sem sombreamento

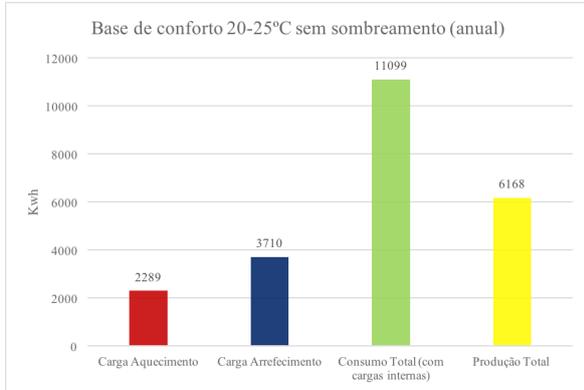


Figura 38 - Carga de avac e cargas internas anuais, com base de conforto 19-27°C sem sombreamento

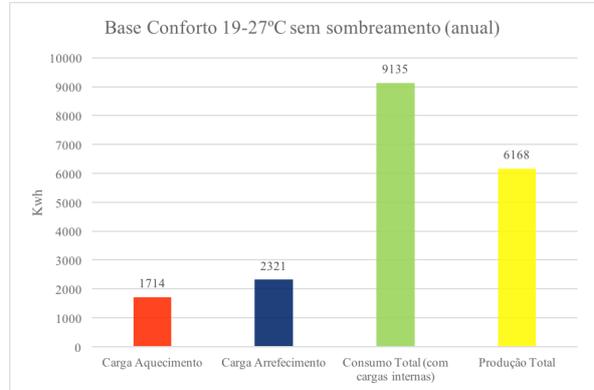


Figura 37 - Carga de avac e cargas internas anuais, com base de conforto 20-25°C com sombreamento

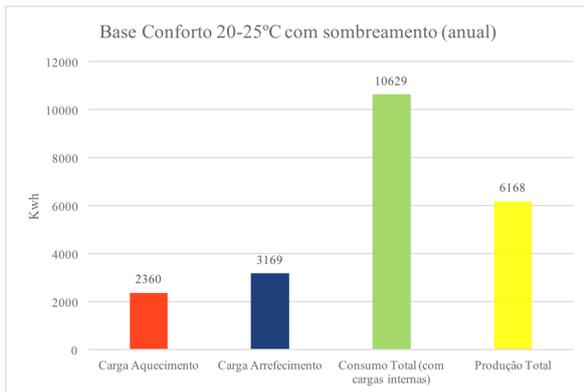
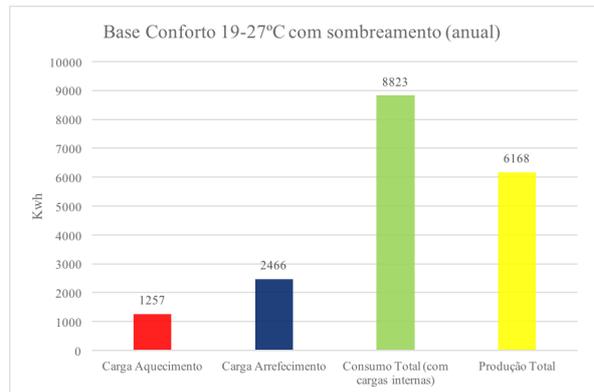


Figura 39 - Carga de avac e cargas internas anuais, com base de conforto 19-27°C com sombreamento



A primeira simulação, figura 36, é determinada por uma base de conforto para edifícios comuns, 20°C-25°C e com o modelo tridimensional base (sem sombreamento).

A segunda simulação, figura 37, é definida pela mesma base de conforto para edifícios comuns, 20°C-25°C, porém são introduzidos no modelo tridimensional elementos de sombreamentos sobre os vãos envidraçados de cada zona térmica.

A terceira simulação, figura 38, é determinada pelo modelo tridimensional base (sem sombreamento) mas com uma base de conforto relativa a edifícios passivos, 19-27°C.

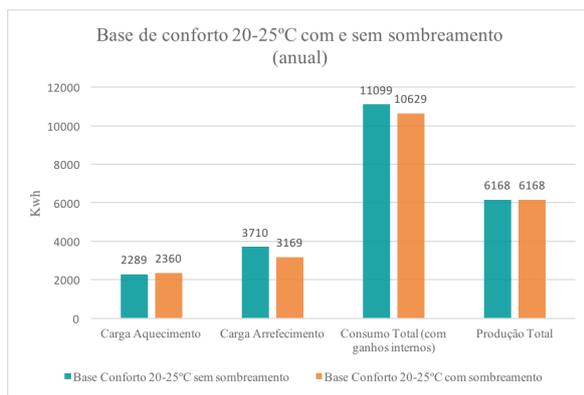
A quarta e última simulação, figura 39, é definida pela mesma base de conforto, 19-27°C, e pelo o modelo tridimensional com incorporação de elementos de sombreamento dos vãos envidraçados.



#### 4.4. Discussão dos resultados avaliando a componente arquitetônica

Na questão fundamental do trabalho relativamente à influência da implementação de estratégias passivas no processo de desenvolvimento de arquitetura, cujo objetivo é de obter um balanço energético nulo na globalidade do edifício, o critério de análise dos resultados dá maior ênfase ao parâmetro arquitetónico que é determinado pela existência ou não de um elemento de sombreamento. Assim sendo, as bases de análise permitem compreender que alterações surgem nas cargas de aquecimento e arrefecimento que contribuem para o consumo total de energia na variação do parâmetro arquitetónico, sobre duas condições base de conforto distintas.

Figura 40 - Comparação da simulação n.º1 e n.º2



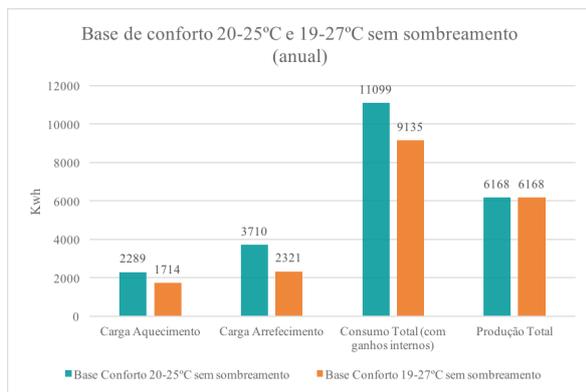
A primeira fase de análise considera a simulação n.º1 e n.º2, onde designadamente, a simulação n.º1 não possui sombreamento nos vãos envidraçados e cuja base de conforto é de 20-25°C comparativamente com a simulação n.º2 com a mesma base de conforto, porém o modelo tridimensional já inclui elementos de sombreamento.

Ao comparar estas duas simulações é possível observar que no modelo que inclui elementos de sombreamento a carga de arrefecimento diminui cerca de 500 Kwh, porém a carga de aquecimento aumenta ligeiramente, pois esses elementos podem provocar sombra parcial sobre os vãos envidraçados diminuindo o período de ganhos solares durante o inverno. Contudo, no parâmetro do consumo total, o aumento da carga de aquecimento não se sobrepõe à redução da carga de arrefecimento obtida pela existência dos elementos arquitetónicos, contribuindo assim para um resultado de consumo de energia mais baixo. Em relação à fração de produção de energia pelos painéis fotovoltaicos face ao consumo total, a simulação n.º2 produz cerca de 58% do consumo total de energia comparativamente com os 56% da simulação n.º1. Assim sendo,

é claro que a simulação n.º2 apresenta um melhor cenário de balanço energético em todos os critérios, mesmo com o ligeiro aumento de carga de aquecimento.

A segunda fase de análise confronta a simulação n.º1 e n.º 3, onde os modelos não incluem elementos de sombreamento mas adotam bases de conforto distintas.

Figura 41 - Comparação da simulação n.1 e n.º3

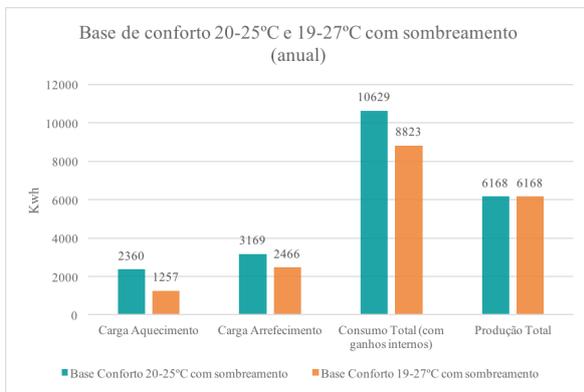


É evidente a diferença nos valores em todos os parâmetros na alteração da base de conforto assumida para o mesmo modelo tridimensional, sem sombreamento. Dado que o clima local se designa temperado e as amplitudes térmicas são bastante acentuadas, estes fatores indicam que optar por uma base

de conforto menos flexível e mais exigente, pela pequena variação de temperatura definida, faz com que as cargas de AVAC sejam mais elevadas e conseqüentemente, aumente o consumo de energia total. Constatamos isso mesmo quando é feita a comparação com uma base de conforto mais abrangente, 19-27°C, interposta pela simulação n.º3. As temperaturas médias máximas do clima de Alenquer ao não ultrapassarem os 25°C durante o verão, fazem diminuir cerca de 1400 Kwh de consumo anual comparativamente à simulação n.1, pois o limite máximo estipulado na base de conforto é mais elevado. Em relação ao aquecimento, é de notar alguma redução, mas não muito substancial. No panorama global, o consumo total de energia diminui cerca de 2000 Kwh anuais na simulação n.º3, determinando uma fração de produção de energia gerada pelos painéis fotovoltaicos de 68% da energia consumida, face aos 56% relativos à simulação n.º1.

A terceira fase de análise considera as simulações n.º2 e n.º4, onde os modelos incluem sombreamento e diferenciam os valores da base de conforto.

Figura 42 - Comparação da simulação n.2 e n.º4

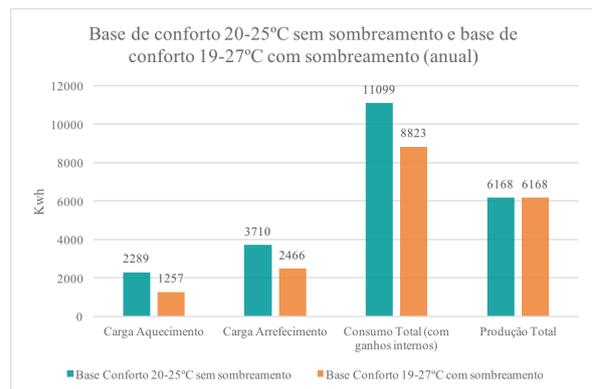


Com base na figura 37 é possível observar que a existência de sombreamento, em conjunto com uma base de conforto mais alargada, fomenta uma maior redução dos valores em todos os parâmetros que condicionam o balanço de energia final do edifício. Neste caso, a carga de aquecimento diminui com maior expressão do que a carga de arrefecimento na simulação n.º4 comparativamente com a simulação n.º2. No consumo global de energia a diferença faz-se com certa de 1800 Kwh, inferior à segunda análise, porém a fração de energia produzida pelos painéis fotovoltaicos é de 70% na simulação n.º4, em oposição aos 58% na

simulação n.º2.

Considerando os resultados das quatro simulações apresentados e discutidos anteriormente, é possível concluir que a simulação n.º4 corresponde ao melhor cenário reduzindo substancialmente o valor global de consumo em cerca de 2300 Kwh, em oposição à simulação n.1, que obtém os valores mais elevados em todos os parâmetros. O confronto destes dois cenários permite compreender o papel estruturante que o processo de desenvolvimento do projeto de arquitetura tem de forma a se adequar às exigências climáticas do local, facilitando a transição para alcançar o balanço energético nulo mantendo a qualidade arquitetónica que advém do conceito e processo do projeto.

Figura 43 - Comparação da simulação n.º1 e n.º4





## 5. Considerações finais e estudos futuros

O objetivo do presente trabalho tem o seu enfoque na identificação e compreensão das implicações que o conceito de balanço energético nulo originou no projeto final de arquitetura, na vertente prática do curso. A realização de todo o processo intercalando a vertente prática e tórica conduziu a um resultado comum, com uma maior contextualização quer da aprendizagem de conceitos e estratégias quer da aplicação, do estudo e do desenvolvimento dos mesmos. Ao existir um caso prático de interação mais realista foi possível reconhecer as várias limitações e imposições que foram surgindo ao longo do percurso provenientes dos critérios da arquitetura e dos critérios ambientais.

Para a execução do estudo, foram produzidas quatro simulações obtidas através do programa EnergyPlus utilizando um modelo tridimensional representativo do projeto desenvolvido na vertente prática. São considerados critérios de simulação que seguem o regulamento de desempenho energético dos edifícios e serviços (RECS), onde se incluem: duas condições de conforto, designadamente 20°C-25°C (para edifícios comuns) e 19°C-27°C (para edifícios híbridos ou passivos), 4 W/m<sup>2</sup> de ganhos internos e

0,4 renovações por hora durante 24h para 365 dias do ano. É também incluído um sistema mecânico, cuja função é de climatizar todos os espaços fora das condições de conforto definidas pelas bases de conforto. O critério de análise dos resultados foca-se na influência do parâmetro arquitetónico no balanço energético do edifício, que é determinado pela existência ou não de um elemento de sombreamento.

No seguimento da discussão dos resultados pode-se concluir que a introdução de elementos de sombreamento nos vãos envidraçados produz alterações nos valores das cargas de arrefecimento, porém a mudança da base de conforto permite otimizar os valores das cargas de aquecimento. Em conjunto, a adequação destes dois fatores conduz a um consumo total de energia global mais aproximado do objetivo de balanço energético nulo.

Contudo, para se conseguir equilibrar o total de energia consumida e o total de energia produzida é essencial analisar profundamente o clima e as suas variações de temperatura para poder responder de forma eficiente através das soluções construtivas, da orientação do edifício e organização dos espaços, de uma estratégia de ganhos

e proteção solar adequada à estação, entre outros sistemas passivos e ativos ajustados às condições do local.

Dada a complexidade do projeto e do processo de simulação, seria interessante dar continuidade à análise realizada considerando todos os espaços que compõem o programa do edifício, incluindo ainda na simulação o parâmetro de horários de ocupação variados com o objetivo de alcançar resultados mais realistas e globais.





## 6. Referências Bibliográficas

- Aelenei, L., Gonçalves, H., & Aelenei, D. (2013). **The nZEBs in the near future: review on definitions and guidelines of national strategic plans**. SB13 Guimaraes—Contribution of Sustainable Building to Meet EU 20-20-20 Targets, 879–886.
- Agência Europeia do Ambiente. (2017). **Adaptação às alterações climáticas**. Retrieved September 18, 2017, from <https://www.eea.europa.eu/pt/themes/adaptacao-as-alteracoes-climaticas/intro>.
- Agência para a Energia. (2013). **PNAER**. Retrieved September 19, 2017, from <http://www.adene.pt/programa/pnaer-2020-plano-nacional-de-acao-para-energias>
- Agência Portuguesa do Ambiente. (n.d.-a). **Adaptação na União Europeia**. Retrieved September 18, 2017, from <https://www.apambiente.pt/index>.
- Agência Portuguesa do Ambiente. (n.d.-b). **Conferência da ONU sobre Ambiente e Desenvolvimento**. Retrieved September 5, 2017, from <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=119&sub3ref=494>
- Agência Portuguesa do Ambiente. (n.d.-c). **Desenvolvimento Sustentável**. Retrieved September 18, 2017, from <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=140>
- Agência Portuguesa do Ambiente. (n.d.-e). **Política Climática UE 2020**. Retrieved September 18, 2017, from <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=119&sub3ref=506>
- Agência Portuguesa do Ambiente. (n.d.-f). **Protocolo de Quioto**. Retrieved September 18, 2017, from <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=119&sub3ref=500>
- Agência Portuguesa do Ambiente. (n.d.-g). **Roteiro Europeu Baixo Carbono 2050**. Retrieved September 18, 2017, from <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=119&sub3ref=508>
- Alvarez, S., Baldwin, R., Clausen, G., De, E., Fernandes, O., Hanssen, S. O., ... Wouters, P. (1996). **Indoor Air Quality and the Use of Energy in Buildings**. European Collaborative Action: Indoor Air Quality & It's Impact on Man. Luxembourg. Retrieved from [http://www.inive.org/medias/eca/eca\\_report17.pdf](http://www.inive.org/medias/eca/eca_report17.pdf)

APREN - Associação de Energias Renováveis. (n.d.). **Estratégia Nacional para a Energia 2020**. Retrieved September 19, 2017, from <http://www.apren.pt/pt/dadostecnicos/index.php?id=206&cat=197>

Arnfield, J. (2009). **Climate classification**. Retrieved September 19, 2017, from <https://www.britannica.com/topic/classification-1703397#toc284593>

Autodesk. (2015). **Occupancy Schedules**. Retrieved October 6, 2017, from <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2015/ENU/Revit-Analyze/files/GUID-D72DDB68-621C-4258-96FE-BEAD337B960E-htm.html>

AUTODESK Sustainability Workshop. (n.d.). **Human Thermal Comfort**. Retrieved October 2, 2017, from <https://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/human-thermal-comfort>

Barreiro, C. (2016). **Avaliação da Integração de Sistemas Solares Passivos em Edifícios**. Universidade do Porto.

Barry, B. (2016). **A Lesson From the Kranichstein Passive House** | GreenBuildingAdvisor.com. Retrieved October 6, 2017, from [http://www.](http://www.greenbuildingadvisor.com/blogs/dept/guest-blogs/lesson-kranichstein-passive-house)

[greenbuildingadvisor.com/blogs/dept/guest-blogs/lesson-kranichstein-passive-house](http://www.greenbuildingadvisor.com/blogs/dept/guest-blogs/lesson-kranichstein-passive-house)

BPIE | Buildings Performance Institute Europe. (2015). **Indoor Air Quality, Thermal Comfort and Daylight**. Retrieved from [http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/BPIE\\_executive\\_briefing\\_IAQ2015.pdf](http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/BPIE_executive_briefing_IAQ2015.pdf)

Brelvi, N. (2013). **Thermal and acoustic comfort requirements in European standards and national regulations**. Retrieved from [http://www.rehva.eu/fileadmin/REHVA\\_Journal/REHVA\\_Journal\\_2013/RJ\\_issue\\_2/p16-19\\_Thermal\\_and\\_acoustic\\_comfort\\_RJ1302.pdf](http://www.rehva.eu/fileadmin/REHVA_Journal/REHVA_Journal_2013/RJ_issue_2/p16-19_Thermal_and_acoustic_comfort_RJ1302.pdf)

Burke III, E., & Pomeranz, K. (2009). **The Big Story: Human History, Energy Regimes, and the Environment**. In *The Environment and World History* (pp. 33–53). Retrieved from <https://content.ucpress.edu/chapters/11132.ch01.pdf>

Comissão Europeia. (n.d.). **União da Energia e Clima**. Retrieved September 18, 2017, from [https://ec.europa.eu/commission/priorities/energy-union-and-climate\\_pt](https://ec.europa.eu/commission/priorities/energy-union-and-climate_pt)

Comissão Europeia. (1993). **Directiva 93/76/CEE**. *Jornal Oficial Das Comunidades Europeias*, 28–30. Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/>

PDF/?uri=CELEX:31993L0076&from=PT

Conselho Europeu. (n.d.). **União da Energia: energia segura, sustentável e barata para a Europa**. Retrieved September 18, 2017, from <http://www.consilium.europa.eu/pt/policies/energy-union/>

Cupeto, C., Silva, S., Abelha, H., Ribeiro, P., & Figueiredo, M. J. (2007). **Guia Agenda 21 Local - Um Desafio Para Todos (Agência Po)**. Retrieved from [http://www.apambiente.pt/\\_zdata/Instrumentos/GestaoAmbiental/A21L/GuiaAgenda21Local.pdf](http://www.apambiente.pt/_zdata/Instrumentos/GestaoAmbiental/A21L/GuiaAgenda21Local.pdf)

D'Agostino, D. (2015). **Assessment of the progress towards the establishment of definitions of Nearly Zero Energy Buildings (nZEBs) in European Member States**. *Journal of Building Engineering*, 1. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2015.01.002>

**Despacho n.º 15793-F/2013**. (2013). Lisboa: Diário da República.

DGEG. (2015). **Eco.Ap - Programa de Eficiência Energética na Administração Pública**. Retrieved September 19, 2017, from <http://ecoap.pnaee.pt/ambito>

EPA. (1991). **Building Air Quality - A Guide for Building Owners and Facility Managers**. Washington. Retrieved from <https://www.epa.gov/sites/production/>

[files/2014-08/documents/iaq.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/iaq.pdf)

EPA | Environmental Protection Agency. (1991). **Indoor Air Facts No. 4 Sick Building Syndrome**. Retrieved from [https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/sick\\_building\\_factsheet.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/sick_building_factsheet.pdf)

EuroACE. (n.d.). **Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)**. Retrieved September 18, 2017, from <https://euroace.org/euroace-positions/energy-performance-buildings-directive-epbd/>

European Commission. (n.d.-a). **Adaptation to climate change - Climate Action**. Retrieved September 18, 2017, from [https://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation_en)

European Commission. (n.d.-b). **Buildings - Energy Efficiency**. Retrieved September 18, 2017, from <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>

European Commission. (n.d.-c). **Commission proposes new rules for consumer centred clean energy transition**. Retrieved September 18, 2017, from <https://ec.europa.eu/energy/en/news/commission-proposes-new-rules-consumer-centred-clean-energy-transition>

European Commission. (n.d.-d). **Energy Efficiency Directive**. Retrieved September 18, 2017, from <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-directive>

European Commission. (2016). **Clean Energy for All Europeans – unlocking Europe’s growth potential**. Retrieved September 19, 2017, from [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-16-4009\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-16-4009_en.htm)

European Council for an Energy Efficient Economy. (n.d.). **The Energy Efficiency Directive**. Retrieved September 18, 2017, from <https://www.ecee.org/policy-areas/EE-directive/>

Franchi, M., Carrer, P., Kotzias, D., & Viegi, G. (2004). **Towards Healthy Air in Dwellings in Europe - The THADE Report**.

GeoEnciclopedia. (n.d.). **Elementos del Clima**. Retrieved October 3, 2017, from <http://www.geoenciclopedia.com/elementos-del-clima/>

Gonçalves, H., & Graça, J. M. (2004). **Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal (DGGE / IP-)**. Lisboa.

Gutro, R. (2005). **NASA - What’s the Difference Between Weather and Climate?** Retrieved September 19, 2017, from [http://](http://doi.wiley.com/10.1002/2017GL073395)

[doi.wiley.com/10.1002/2017GL073395](http://doi.wiley.com/10.1002/2017GL073395)

Health and Safety Executive. (n.d.). **Thermal Comfort: The six basic factors**. Retrieved October 2, 2017, from <http://www.hse.gov.uk/temperature/thermal/factors.htm#metabolic>

Hegger, M., Fuchs, M., Stark, T., & Zeumer, M. (n.d.). **Energy Manual - Sustainable Architecture**. (I. fur internationale A.-D. G. & CO, Ed.) (Edition De). Munich.

Hernández, A. (2013). **Manual de Diseño Bioclimático Urbano**. Retrieved from [http://oa.upm.es/15813/1/2013-BIOURB-Manual\\_de\\_diseno\\_bioclimatico\\_b.pdf](http://oa.upm.es/15813/1/2013-BIOURB-Manual_de_diseno_bioclimatico_b.pdf)

Hernandez, P., & Kenny, P. (2010). **From net energy to zero energy buildings: Defining life cycle zero energy buildings**. *Energy & Buildings*, 42(6), 815–821. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.12.001>

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). **Climate Change 2014 - Synthesis Report**.

Internacional Energy Agency. (2016). **World Energy Outlook 2016**. Retrieved September 18, 2017, from <https://www.iea.org/newsroom/news/2016/november/world-energy-outlook-2016.html>

iPHA | International Passive House Association. (n.d.). **Passive House**. Retrieved October 3, 2017, from [https://www.passivehouse-international.org/index.php?page\\_id=78](https://www.passivehouse-international.org/index.php?page_id=78)

IPMA. (n.d.). **Normais Climatológicas**. Retrieved September 25, 2017, from <https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/>

Isolani, P., Comini -Adiconsum, R., Florence Clement -ADEME, I., Francisco Puente -ESCAN, F., Alessandro Orlandi -Adiconsum, E., Isabel Oliveira -DECO, I., ... Coordenação de Andrea Fornari Sara Zecchini, P. (2008). **Eficiência energética nos edifícios residenciais: Manual do Consumidor**. Lisboa. Retrieved from [https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/enerbuilding\\_portuguese\\_guide\\_edificios\\_residenciais\\_pt.pdf](https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/enerbuilding_portuguese_guide_edificios_residenciais_pt.pdf)

Jantunen, M., Oliveira Fernandes, E., Carrer, P., & Kephelopoulos, S. (2011). **Promoting actions for healthy indoor air (IAIAQ)**. Luxembourg. Retrieved from [https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/healthy\\_environments/docs/env\\_iaiaq.pdf](https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/healthy_environments/docs/env_iaiaq.pdf)

Kibert, C. J. (2008). **Sustainable**

**Construction (Second)**. John Wiley & Sons, Inc.

Kibert, C. J., & Fard, M. M. (2012). **Differentiating among low-energy, low-carbon and net-zero-energy building strategies for policy formulation**. *Building Research & Information*, 40(5), 625–637. <https://doi.org/10.1080/09613218.2012.703489>

Kurnitski, J., Allard, F., Braham, D., Goeders, G., Heiselberg, P., Jagemar, L., ... Virta, M. (2011). **How to define nearly net zero energy buildings nZEB – REHVA proposal for uniformed national implementation of EPBD recast**. *REHVA Journal*, 7. Retrieved from [http://www.rehva.eu/fileadmin/hvac-dictio/03-2011/How\\_to\\_define\\_nearly\\_net\\_zero\\_energy\\_buildings\\_nZEB.pdf](http://www.rehva.eu/fileadmin/hvac-dictio/03-2011/How_to_define_nearly_net_zero_energy_buildings_nZEB.pdf)

Lechner, N. (2009). **Heating, cooling, lighting**.

Lindsey, R. (2009a). **Climate Forcings and Global Warming**. Retrieved September 20, 2017, from <https://earthobservatory.nasa.gov/Features/EnergyBalance/page7.php>

Lindsey, R. (2009b, January 14). **Climate and Earth's Energy Budget: Earth's Energy Budget**. Retrieved September

19, 2017, from <https://earthobservatory.nasa.gov/Features/EnergyBalance/page4.php>

Manzano-Agugliaro, F., Montoya, F. G., Sabio-Ortega, A., & García-Cruz, A. (2015). **Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49(October), 736–755. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.095>

Mendonça, P. (2005a). **Habitar sob uma segunda pele : estratégias para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados - Capítulo V: Tecnologias Solares Passivas.** Universidade do Minho. Retrieved from <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/4250/9/TeseDoutMendonca9.pdf>

Mendonça, P. (2005b). **Habitar sob uma segunda pele - Estratégias para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados.** Universidade do Minho. Retrieved from <http://www.civil.uminho.pt/lftc/teses/tesedoutmendonca.pdf>

Ministério da Economia e da Inovação. (2006). **Decreto-Lei n.º 78/2006.** Diário Da República, 67, 2411–2415. Retrieved

from <http://www.adene.pt/sites/default/files/24112415.pdf>

Ministério da Economia e do Emprego. (2013). **Decreto-Lei n.º 118/2013.** Diário Da República, 159, 4988–5005. Retrieved from <https://dre.pt/application/dir/pdf1s/2013/08/15900/0498805005.pdf>

Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações. (2006a). **Decreto-Lei n.º 79/2006.** Diário Da República, 67, 2416–2468. Retrieved from <http://www.adene.pt/sites/default/files/24162468.pdf>

Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações. (2006b). **Decreto-lei n.º 80/2006.** Diário Da República, 67, 2468–2513. Retrieved from <http://www.adene.pt/sites/default/files/24682513.pdf>

Ministérios do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, E. e S. S. (2013). **Portaria n.º 249-D/2013.** Diário da República. Retrieved from <https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/2013/12/23302/0004000073.pdf>

Ministry of New and Renewable Energy. (n.d.). **Chapter-2: Climate and Buildings.** Retrieved from <http://mnre.gov.in/solar-energy/ch2.pdf>

Moita, F. (1987). **Energia Solar Passiva**. (Argumentum, Ed.).

Nations Conference on the Human Environment, U. (1972). **Report of the United Nations Conference on the Human Environment** - A/CONF.48/14/Rev.1. Retrieved from <http://www.un-documents.net/aconf48-14r1.pdf>

**Non-renewable energy - National Geographic Society**. (n.d.). Retrieved August 13, 2017, from <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/non-renewable-energy/>

Oficina Catalana del Canvi Climàtic, & Generalitat de Catalunya. (n.d.). **The United Nations Framework Convention on Climate Change**. Retrieved September 18, 2017, from [http://canviclimatic.gencat.cat/en/politiques/acords\\_internacionals/conveni\\_marc\\_de\\_les\\_nacions\\_unides/](http://canviclimatic.gencat.cat/en/politiques/acords_internacionals/conveni_marc_de_les_nacions_unides/)

Oficina Catalana del Canvi Climàtic, & Generalitat de Catalunya. (2010). **The first World Climate Conference 1979**. Retrieved September 5, 2017, from [http://canviclimatic.gencat.cat/en/politiques/acords\\_internacionals/primera\\_conferencia\\_mundial\\_sobre\\_el\\_clima\\_1979/](http://canviclimatic.gencat.cat/en/politiques/acords_internacionals/primera_conferencia_mundial_sobre_el_clima_1979/)

Oliveira, G. M. (2014). **Os desafios**

Oliveira, L. D. de. (n.d.). **A Conferência do Rio de Janeiro – 1992 (Eco-92): Reflexões sobre a Geopolítica do Rio de Janeiro**. Retrieved from <http://www.anppas.org.br/encontro6/anais/ARQUIVOS/GT15-170-31-20120626115525.pdf>

OMM, O. M. M. (1979). **Declaration of the World Climate Conference**. Retrieved from [http://www.dgvm.de/fileadmin/user\\_upload/DOKUMENTE/WCC-3/Declaration\\_WCC1.pdf](http://www.dgvm.de/fileadmin/user_upload/DOKUMENTE/WCC-3/Declaration_WCC1.pdf)

Paliaga, G., Alspach, P. F., Arens, E. A., Aynsley, R. M., Bean, R., Int-hout, D., ... Peterson, J. C. (2012). **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, 8400**.

Parlamento Europeu. (2008). **Pacote clima-energia: “três vintes” até 2020**. Retrieved September 18, 2017, from <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+IM-PRESS+20081208BKG44004+0+DOC+XML+V0//PT>

Parlamento Europeu, & Europeia, C. da U. (2003). **Directiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2002 Relativa ao desempenho energético de edifícios**. *Jornal Oficial Das Comunidades Europeias*, (1), 65–

71. Retrieved from [http://www.adene.pt/sites/default/files/l\\_00120030104pt00650071.pdf](http://www.adene.pt/sites/default/files/l_00120030104pt00650071.pdf)
- Passipedia. (n.d.). **The Passive House Resource - Basics**. Retrieved October 6, 2017, from <https://passipedia.org/basics>
- Passipedia. (2015). **Saskatchewan Conservation House**. Retrieved October 3, 2017, from [https://passipedia.org/basics/the\\_passive\\_house\\_-\\_historical\\_review/pioneer\\_award/saskatchewan\\_conservation\\_house](https://passipedia.org/basics/the_passive_house_-_historical_review/pioneer_award/saskatchewan_conservation_house)
- Passipedia. (2016). **The Passive House – historical review**. Retrieved October 3, 2017, from [https://passipedia.org/basics/the\\_passive\\_house\\_-\\_historical\\_review](https://passipedia.org/basics/the_passive_house_-_historical_review)
- Passipedia. (2017). **What is a Passive House?** Retrieved October 3, 2017, from [https://passipedia.org/basics/what\\_is\\_a\\_passive\\_house](https://passipedia.org/basics/what_is_a_passive_house)
- Pedro, J., & Mourão, J. (2012). **Princípios de edificação sustentável**. (LNEC, Ed.) (1a edição). Lisboa.
- PHA. (2014). **Active for More Comfort: Passive House, 77**. Retrieved from [http://www.passivehouse-international.org/index.php?page\\_id=70](http://www.passivehouse-international.org/index.php?page_id=70)
- Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética. (n.d.). **Eco.AP**. Retrieved September 19, 2017, from <http://www.pnaee.pt/eco-ap>
- Portal do Estado do Ambiente Portugal. (2017). **Energias renováveis - Energia e Clima**. Retrieved September 19, 2017, from <https://rea.apambiente.pt/node/104>
- Presidência do Conselho de Ministros. (2010). **Resolução do Conselho de Ministros n.º 24/2010**. Diário Da República, 1090–1106. Retrieved from [http://www.apren.pt/fotos/editor2/destaques/rcm\\_24\\_2010.pdf](http://www.apren.pt/fotos/editor2/destaques/rcm_24_2010.pdf)
- Presidência do Conselho de Ministros. (2013). **Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013**. Diário Da República, 70(1), 2022–2091. Retrieved from <https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/2013/04/07000/0202202091.pdf>
- Raish, J. (n.d.). **Thermal Comfort: Designing for People (No. 1.6)**. Retrieved from [https://soa.utexas.edu/sites/default/disk/urban\\_ecosystems/urban\\_ecosystems/09\\_03\\_fa\\_ferguson\\_raish\\_ml.pdf](https://soa.utexas.edu/sites/default/disk/urban_ecosystems/urban_ecosystems/09_03_fa_ferguson_raish_ml.pdf)
- Santos, E., Paulino, J., Dos Santos, M. J., Canaveira, P., Baptista, P., & Lourenço, T. C. (2015). **ENAAAC - Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas**. Retrieved from [http://sniamb.apambiente.pt/infos/geoportaldocs/Consulta\\_Publica/DOCS\\_QEPIC/150515\\_ENAAAC\\_Consulta\\_](http://sniamb.apambiente.pt/infos/geoportaldocs/Consulta_Publica/DOCS_QEPIC/150515_ENAAAC_Consulta_)

Publica.pdf

Sartori, I., Napolitano, A., Marszal, A. J., Pless, S., Torcellini, P., & Voss, K. (n.d.). **Criteria for Definition of Net Zero Energy Buildings.**

Sartori, I., Napolitano, A., & Voss, K. (2012). **Net zero energy buildings: A consistent definition framework.** *Energy and Buildings*, 48, 220–232.

Smil, V. (2004). **World history and energy.** *Encyclopaedia of Energy*, 6, 549–561. <https://doi.org/10.1016/B0-12-176480-X/00025-5>

Stoerring, D. (2017). **Política energética: princípios gerais.** Retrieved September 3, 2017, from [http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/pt/displayFtu.html?ftuId=FTU\\_5.7.1.html](http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/pt/displayFtu.html?ftuId=FTU_5.7.1.html)

The Editors of Encyclopaedia Britannica. (2007). **Microclimate.** Retrieved September 19, 2017, from <https://www.britannica.com/science/microclimate>

Topographic-map. (n.d.). **Mapa topográfico Alenquer.** Retrieved September 6, 2017, from <http://pt-pt.topographic-map.com/places/Alenquer-3567178/>

Torcellini, P., Pless, S., Deru, M., & Crawley, D. (2006). **Zero Energy Buildings:**

**A Critical Look at the Definition;** Preprint. California. Retrieved from <http://www.osti.gov/bridge>

U.S Department of Energy. (2013). **Solar Radiation Basics.** Retrieved October 3, 2017, from <https://energy.gov/eere/energybasics/articles/solar-radiation-basics>

U.S Energy Information Administration. (n.d.). **Nuclear - Energy Explained.** Retrieved August 18, 2017, from [https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=nuclear\\_home](https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=nuclear_home)

União Europeia. (n.d.-a). **Clima.** Retrieved September 18, 2017, from [https://europa.eu/european-union/topics/climate-action\\_pt](https://europa.eu/european-union/topics/climate-action_pt)

União Europeia. (n.d.-b). **União de Energia.** Retrieved September 18, 2017, from [https://europa.eu/european-union/topics/energy\\_pt](https://europa.eu/european-union/topics/energy_pt)

União Europeia. (2010). **Directiva 2010/31/UE.** *Jornal Oficial Da União Europeia*, 13–35. [https://doi.org/10.3000/17252601.L\\_2010.153.por](https://doi.org/10.3000/17252601.L_2010.153.por)

United Nations. (2015). **Paris Agreement.** Retrieved from [http://unfccc.int/files/essential\\_background/convention/application/pdf/english\\_paris\\_agreement.pdf](http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf)

United Nations Framework Convention on Climate Change. (n.d.-a). **Kyoto Protocol**. Retrieved September 18, 2017, from [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php)

United Nations Framework Convention on Climate Change. (n.d.-b). **Summary of the Paris Agreement**. Retrieved September 18, 2017, from <http://bigpicture.unfccc.int/#content-the-paris-agreement>

United Nations Framework Convention on Climate Change. (n.d.-c). **The Paris Agreement**. Retrieved September 18, 2017, from [http://unfccc.int/paris\\_agreement/items/9485.php](http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php)

US Environmental Protection Agency. (n.d.-a). **Causes of Climate Change**. Retrieved January 31, 2017, from <https://www.epa.gov/climate-change-science/causes-climate-change#ref2>

US Environmental Protection Agency. (n.d.-b). **Global Greenhouse Gas Emissions Data**. Retrieved February 2, 2017, from <http://www.c2es.org/facts-figures/international-emissions/gas>

Von Schuckmann, K., Palmer, M. D., Trenberth, K. E., Cazenave, A., Chambers, D., Champollion, N., ... Wild, M. (2016). **An imperative to monitor Earth's energy**

**imbalance**. *Nature Climate Change*, 6(2), 138–144. <https://doi.org/10.1038/nclimate2876>

Walsh, J., Wuebbles, D., Hayhoe, K., Kossin, J., Kunkel, K., Stephens, G., ... Somerville, R. (2014). **Climate Change Impacts in the United States: Appendix 3- Climate Science Supplement**. <https://doi.org/10.7930/J0KS6PHH>

Ward, I. C. (2004). **Energy and Environmental Issues for the practising architect**. Thomas Telford Publishing.

Weather & Climate. (n.d.). **Physical Attributes of Weather**. Retrieved October 3, 2017, from <http://www.weather-climate.org.uk/05.php>

World Commission on Environment and Development. (1987). **Our Common Future**. Retrieved from <https://ambiente.files.wordpress.com/2011/03/brundtland-report-our-common-future.pdf>

Zareaian, S., & Zadeh, K. A. (2013). **The Role of Climate Factors on Designing and Constructing Buildings** (From Urbanization Architecture Approach). *BEPLS Bull. Env. Pharmacol. Life Sci*, 31(31), 197–200. Retrieved from <http://www.bepls.com/dec2013/34a.pdf>





## Anexo I

Figura 44 - Hotel: gráfico do período de ocupação de Segunda a Sexta (Autodesk, 2015)

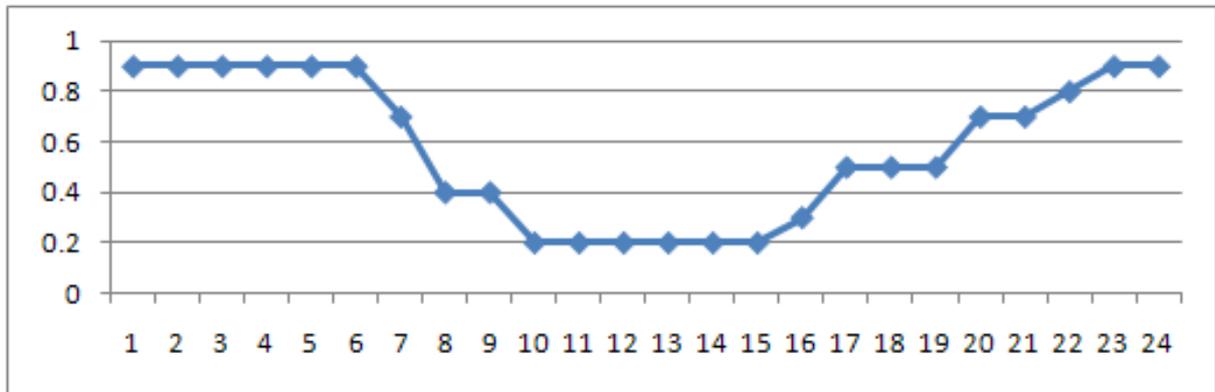


Figura 45 -Hotel: gráfico do período de ocupação de Sábado (Autodesk, 2015)

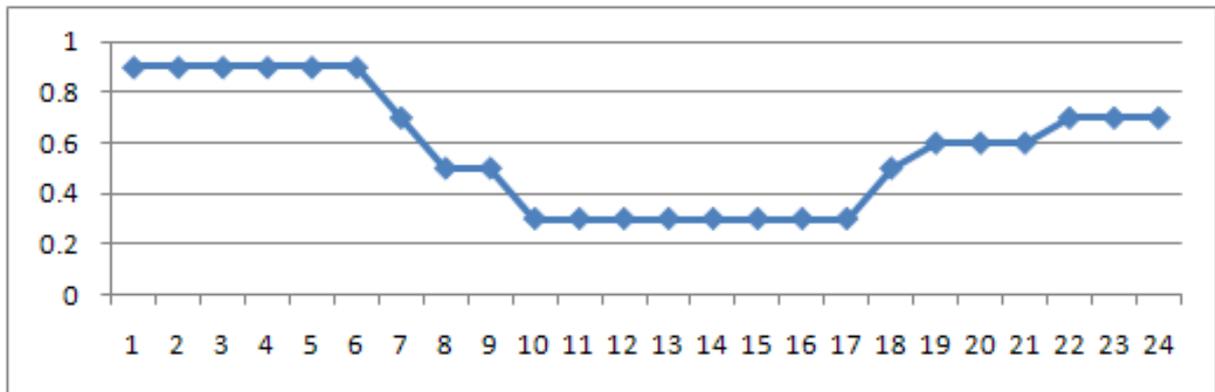


Figura 45 - Hotel: gráfico do período de ocupação de Domingo (Autodesk, 2015)

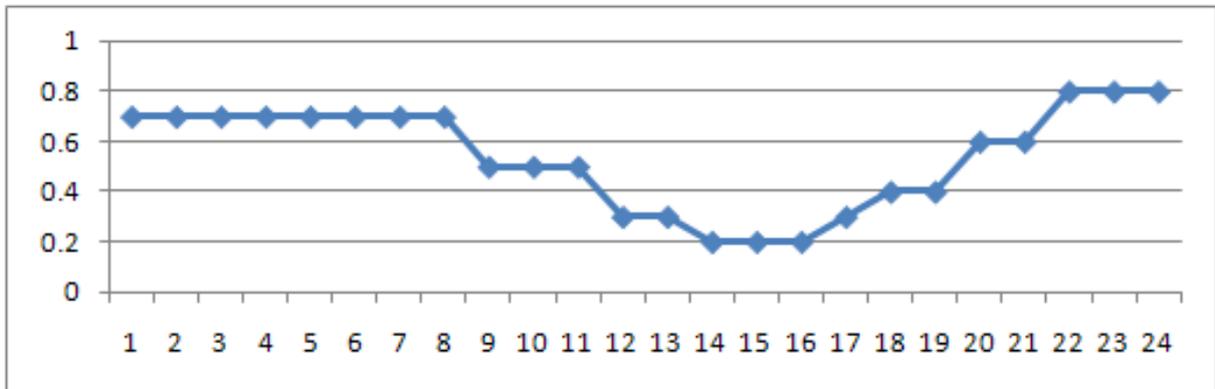


Figura 46 - Administração: gráfico referente ao período de ocupação de Segunda a Sexta (Autodesk, 2015)

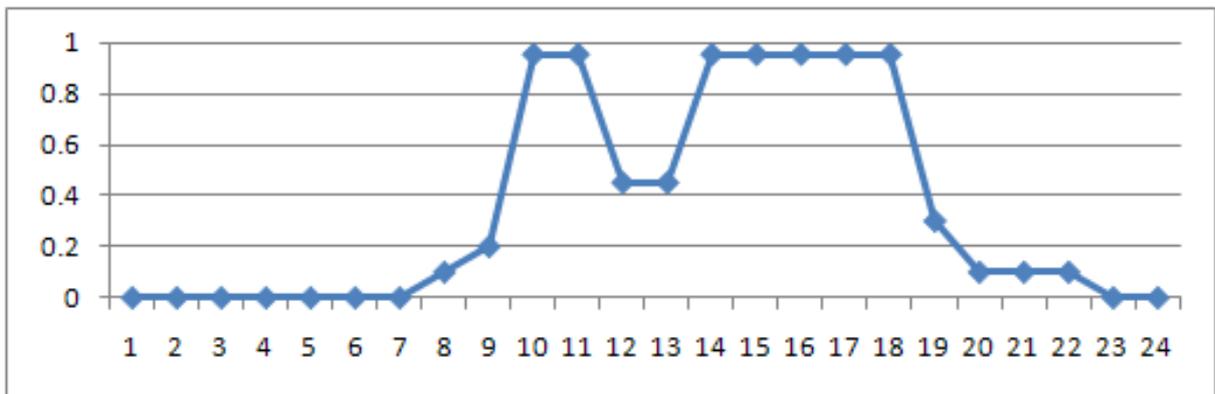


Figura 47 - Administração: gráfico referente ao período de ocupação de Sábado (Autodesk, 2015)

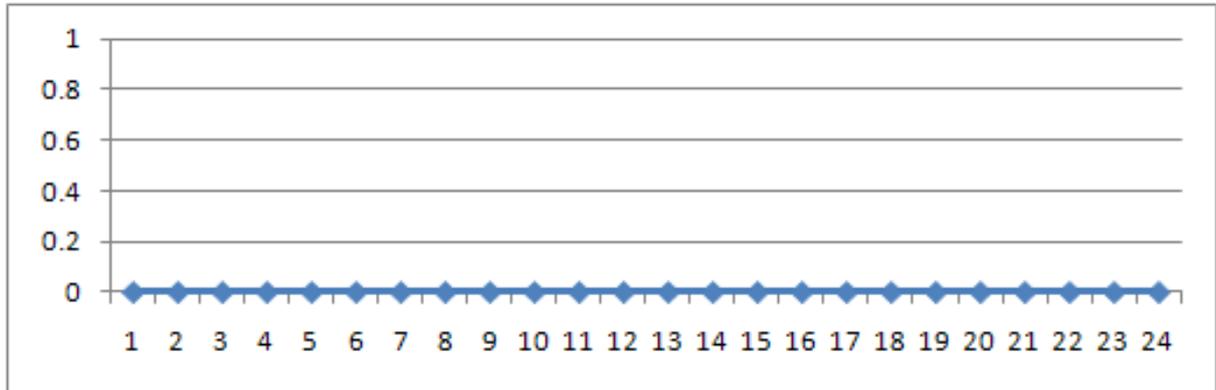


Figura 48 - Administração: gráfico referente ao período de ocupação de Domingo (Autodesk, 2015)

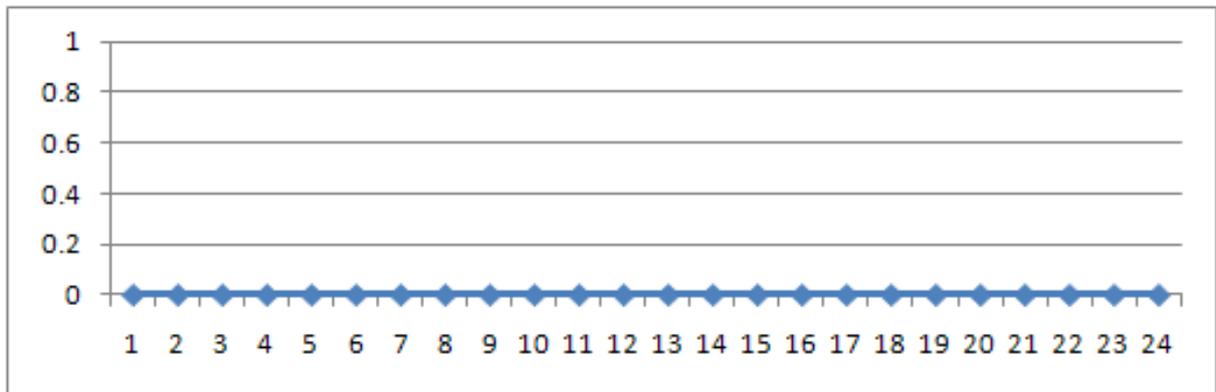


Figura 49 - Restaurante: gráfico referente ao período de ocupação de Segunda a Sexta (Autodesk, 2015)

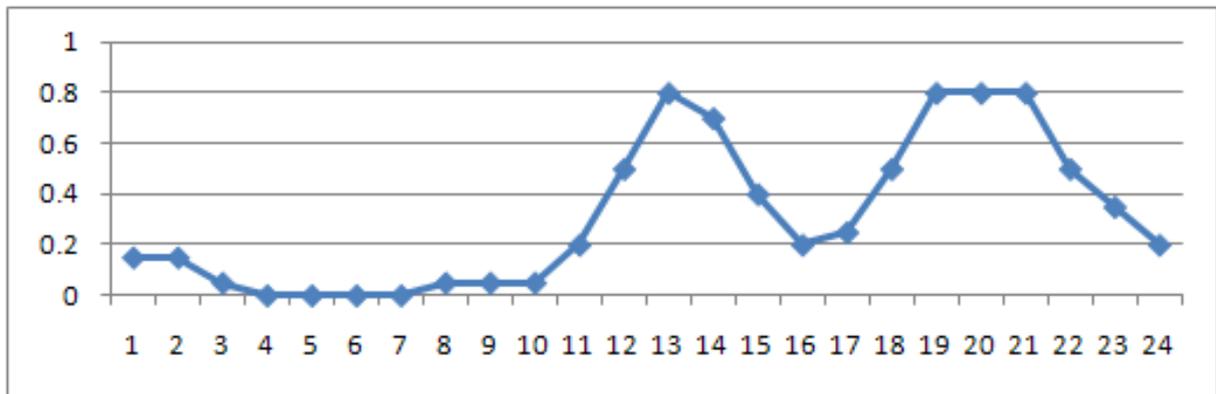


Figura 50 - Restaurante: gráfico referente ao período de ocupação de Sábado (Autodesk, 2015)

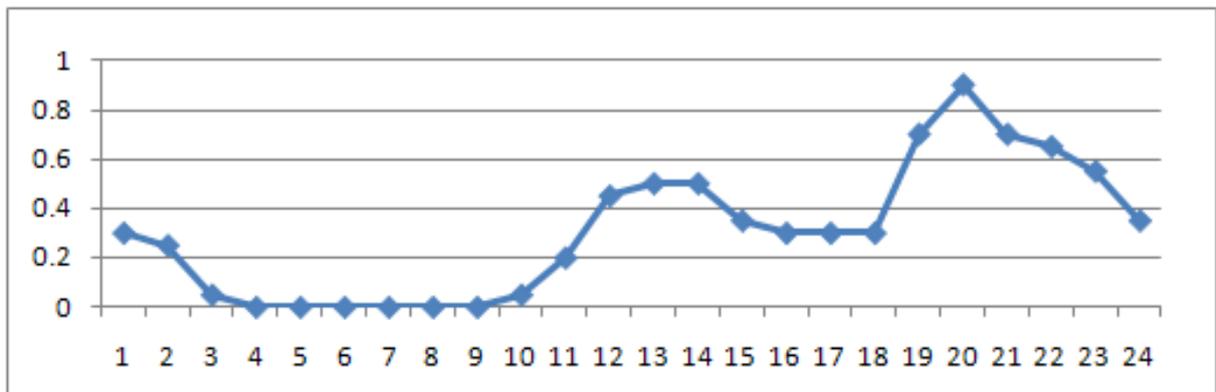
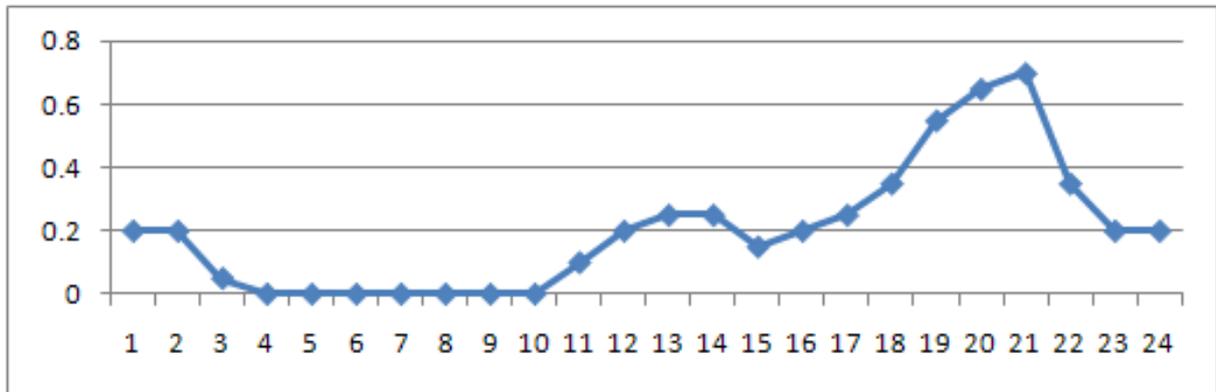


Figura 51 - Restaurante: gráfico referente ao período de ocupação de Domingo (Autodesk, 2015)



## **Parte II - Trabalho da Vertente Prática**

### **Alenquer**

**1. Contextualização || p.7**

**1.1. Evolução histórica da Vila || p.11**

**2. Proposta de Grupo || p.17**

**3. Proposta Individual || p.21**

**3.1. Local || p.21**

**3.2. Conceito || p.37**

**3.3. Proposta Final || p.47**

---







# Alenquer





Figura 1 - Alenquer 1



Figura 2 - Alenquer 1

## 1. Contextualização



Figura 3 - Panorâmica Rio Alenquer



Figura 4 - Alenquer

O concelho de Alenquer situa-se no extremo nordeste da Área Metropolitana de Lisboa, pertencente ao distrito da mesma. É composto por 11 freguesias, onde se inclui a Vila de Alenquer, por uma extensão de área com sensivelmente 304 km<sup>2</sup>, povoada por 43 267 habitantes.

A 45km da cidade de Lisboa, a Vila de Alenquer garante uma posição geográfica estratégica entre o núcleo urbano e as zonas rurais do distrito, fazendo a ligação entre as atividades industriais e agrícolas e todo o desenvolvimento associado à grande capital.

Dada a sua história, é dotada de património museológico, religioso e arqueológico bem como possui rotas turísticas relacionadas com o desporto e natureza, e ainda o enoturismo sustentado pela forte presença de inúmeras quintas produtoras na região.

Antes da construção da Auto-Estrada 1, que faz a ligação entre a cidade do Porto e a cidade de Lisboa, a Vila de Alenquer era um ponto de passagem obrigatório para quem fazia viagens pela estrada nacional 1. Esta dinâmica contribuía para o desenvolvimento da vila bem como trazia uma dinâmica diferente da que se vive atualmente.



Figura 5 - Alenquer 1

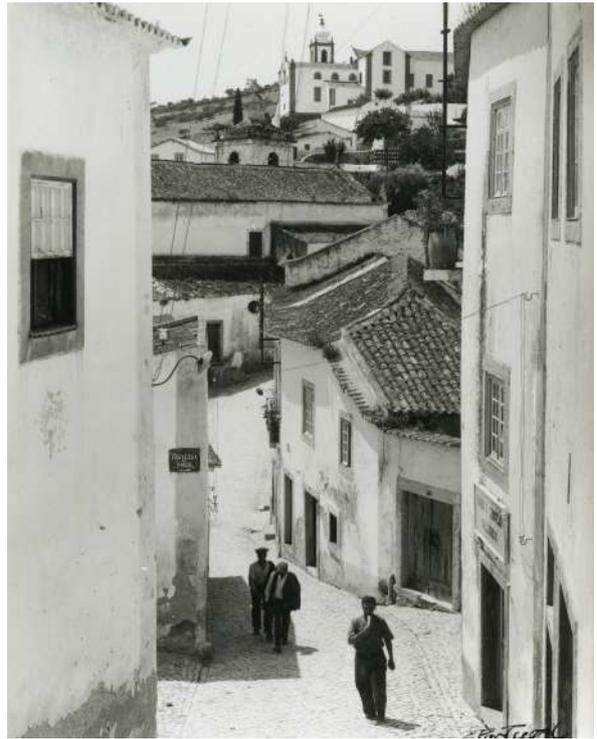


Figura 6 - Rua Convento Alenquer



Figura 7 - Alenquer 2017



Figura 8 - Alenquer 2017

A sua proximidade com núcleos urbanos de relevo faz acentuar o seu pouco desenvolvimento face a uma rede de infra estruturas de mobilidade, relativa aos meios de transporte comuns, e um sistema de produção industrial e agrícola que fazem mover as atividades locais.

Em particular, o centro da Vila de Alenquer desenvolveu-se ao longo do rio com o mesmo nome sobre um território de características próprias. Ao longo do percurso do rio surgem encostas de grande declive que acentuam as várias colinas que compõem esta zona.

É também importante referir a forte presença de edifícios de cariz industrial, reunidos junto à margem do rio, servindo-se dele para a produção fabril.



## 1.1. Evolução histórica da Vila de Alenquer



Figura 9 - Alenquer 1927

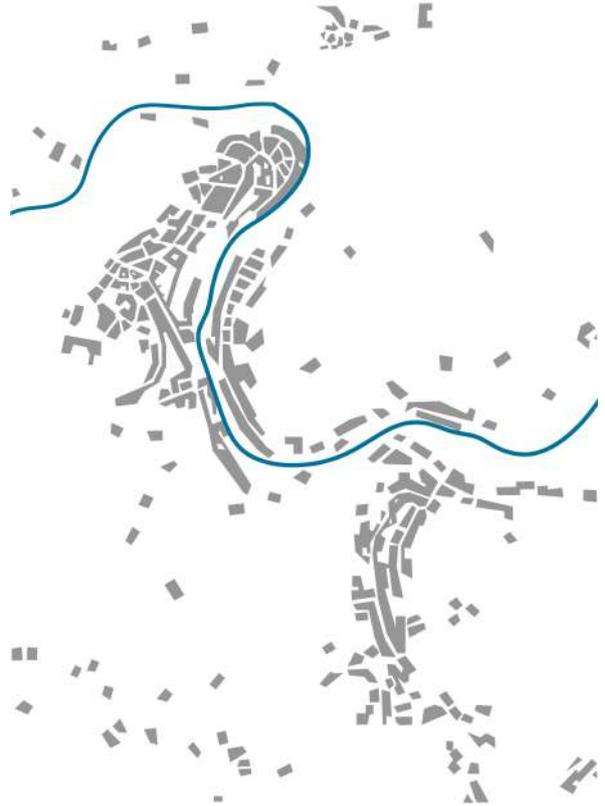


Figura 10 - Alenquer 1942



Figura 11 - Alenquer 1965

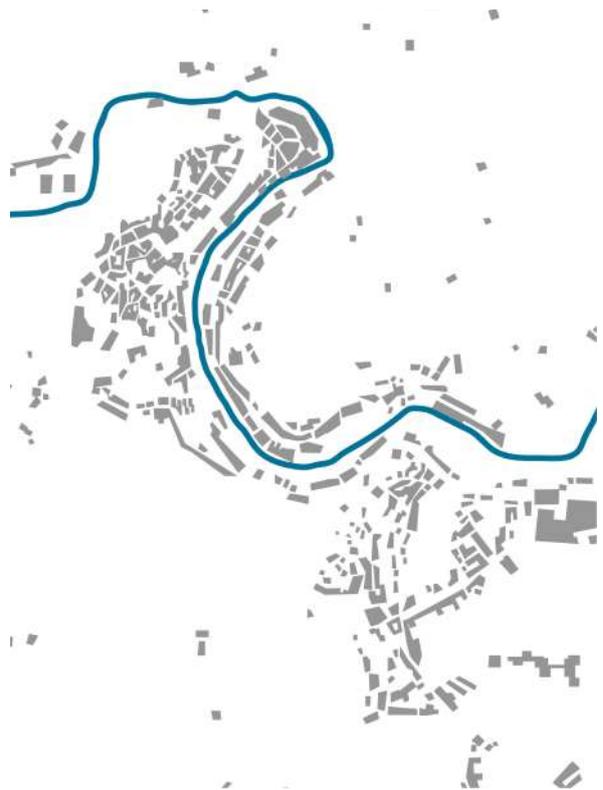


Figura 12 - Alenquer 1992



Figura 13 - Alenquer 2009



Figura 14 - Alenquer 2016



## **2. Proposta de Grupo**



Após uma análise do território, a proposta de grupo focalizou-se no centro da Vila de Alenquer onde foram assinalados os elementos caracterizantes:



Figura 15 - Vila de Alenquer (Fotografias da autora, 2017)

- A existência de grandes edifícios industriais desativados com uma forte presença urbana espetantes de novas intervenções e reabilitações.

- A mancha arbórea que circunda todo o território construído e o património existente.

- A constituição topográfica do território acentuada por grandes diferenças de cota das várias zonas da Vila.

Como forma de potenciar as identidades assinaladas, é desenvolvida uma estratégia urbana composta por dois grupos, com seis pontos de intervenção interligados por três circuitos.

A estratégia urbana proposta em grupo procura integrar duas zonas distintas: uma na cota alta da vila onde é proposto uma intervenção relacionada com o contexto natural, e outra na cota baixa relacionada com o contexto urbano.

De seguida propõe-se a conectar estas duas cotas da vila através de 3 circuitos distintos: o primeiro, um anel exterior, que



Figura 16 - Vila de Alenquer (Fotografias da autora, 2017)



Figura 17 - Planta estratégia de grupo

se relaciona com o circuito paisagístico já existente, mas que se encontra fragmentado e desconectado; o segundo, um anel interior, que liga o circuito urbano; e um terceiro circuito interno, que acompanha o percurso já existente ao longo do rio com o objetivo de conectar os pontos de interesse destacados na análise ao território da vila.

#### 1. Circuito Paisagístico (anel exterior)

Nesta matéria é proposto o redesenho do percurso de manutenção existente, que visa melhorar qualitativamente o pavimento de circulação e demarcar o seu traçado no território. Este gesto interliga os três cabeços topográficos que delimitam a vila de Alenquer. Procura-se aqui evidenciar a existência de uma triangulação de miradouros naturais, incentivando a criação de espaços desse caráter e, igualmente, uma inclusão de sinalização apropriada em todo o percurso e espaços de permanência. Um dos pontos fulcrais deste circuito é o cabeço da antiga Quinta do Brandão que sofreu nos anos 90 uma alteração territorial. O cabeço passou por uma transformação de uma área verde e de cariz agrário para uma área semi-urbanizada com edifícios prediais superiores aos 10 metros de altura e com o rasgar de largas vias

rodoviárias. Diz-se semi porque a urbanização ficou inacabada e apenas se erigiram dez edifícios, três dos quais por terminar, visível ao ponto em que está somente construída a estrutura de betão. A resposta a este problema tem por intenção minimizar o impacto destas construções, reforçar a paisagem naturalizada, característica dos cabeços, e habilitar um espaço urbano sem grandes investimentos construtivos e definitivos. Assim sendo, projeta-se um plano paisagístico para um parque que tem por mais valia definir uma nova centralidade de lazer de grande escala, escasso em Alenquer e Paredes, e valorizar a qualidade de vida dos residentes desta urbanização e o valor imobiliário das suas habitações.

#### 2. Circuito urbano (anel interior)

No que diz respeito ao anel interior, é proposto a criação de um ponto de hospedagem situado na cota mais alta da Vila antiga, no topo de uma encosta. Este local usufrui de uma posição privilegiada ao interligar os trilhos naturais já existentes, o manto verde que rodeia a vila e a triangulação de vistas entre as várias cotas, articuladas com a proposta dos miradouros.

### 3. Circuito interno

A estrutura do circuito interno assenta na conexão dos pontos estratégicos e caracterizantes, localizados na cota baixa da vila: a sul, encontra-se o Parque Urbano da Romeira (atualmente um espaço de jardim junto ao rio) e a antiga Fábrica da Romeira (agora reabilitada como espaço para eventos públicos). A montante do rio situa-se a antiga Fábrica de Lanifícios da Chemina, onde é proposto um programa com uma forte componente comunitária, com o objetivo de usufruir da sua proximidade com o jardim de infância e o centro de idosos. No Largo da Rainha Sta. Isabel é também feita uma reorganização e redesenho do espaço público assim como a introdução de uma construção que acomode o programa necessário para o funcionamento do sistema de autocarros.

Já no limite norte da vila, na zona do areal de Alenquer, procura-se criar uma intervenção minimalista, com um caráter de tempo indefinido, que faça uso da pré-existência que ali se encontra: a antiga Fábrica da Moagem, outrora a Real Fábrica do Papel de Portugal. Esta intervenção procura dotar este edifício, atualmente desocupado, da capacidade de receber um programa que invoque o passado industrial e de produção,

tornando-o num espaço da comunidade criativa de Alenquer. Para tal propõe-se a criação de um MakerSpace, composto por um conjunto de oficinas, um espaço de produção digital e um espaço de co-working, complementado por uma zona expositiva, uma cafetaria e um hostel de pequenas dimensões.





### **3. Projeto Individual**



### 3.1. Local



Figura 19 - Vila de Alenquer (Fotografias da autora, 2016)



Figura 20 - Vila de Alenquer (Fotografias da autora, 2016)

No seguimento da proposta de grupo, o projeto individual insere-se no anel interior, complementada por pontos estratégicos determinados pelos topos das encostas. A ligação com os trilhos naturais já existentes e a área natural que circunda toda a Vila determina a estratégia do projeto.

O local escolhido insere-se na zona da Vila antiga, na cota mais alta onde antes estava delimitada por muralhas. A sua localização teve em conta a proximidade com a grande mancha arbórea, a ligação com os trilhos e a implementação de uma triangulação de miradouros.

O lote é caracterizado algumas pré-existências em estado devoluto junto à Rua XXX e por um conjunto de socalcos que servem as várias cotas do terreno.

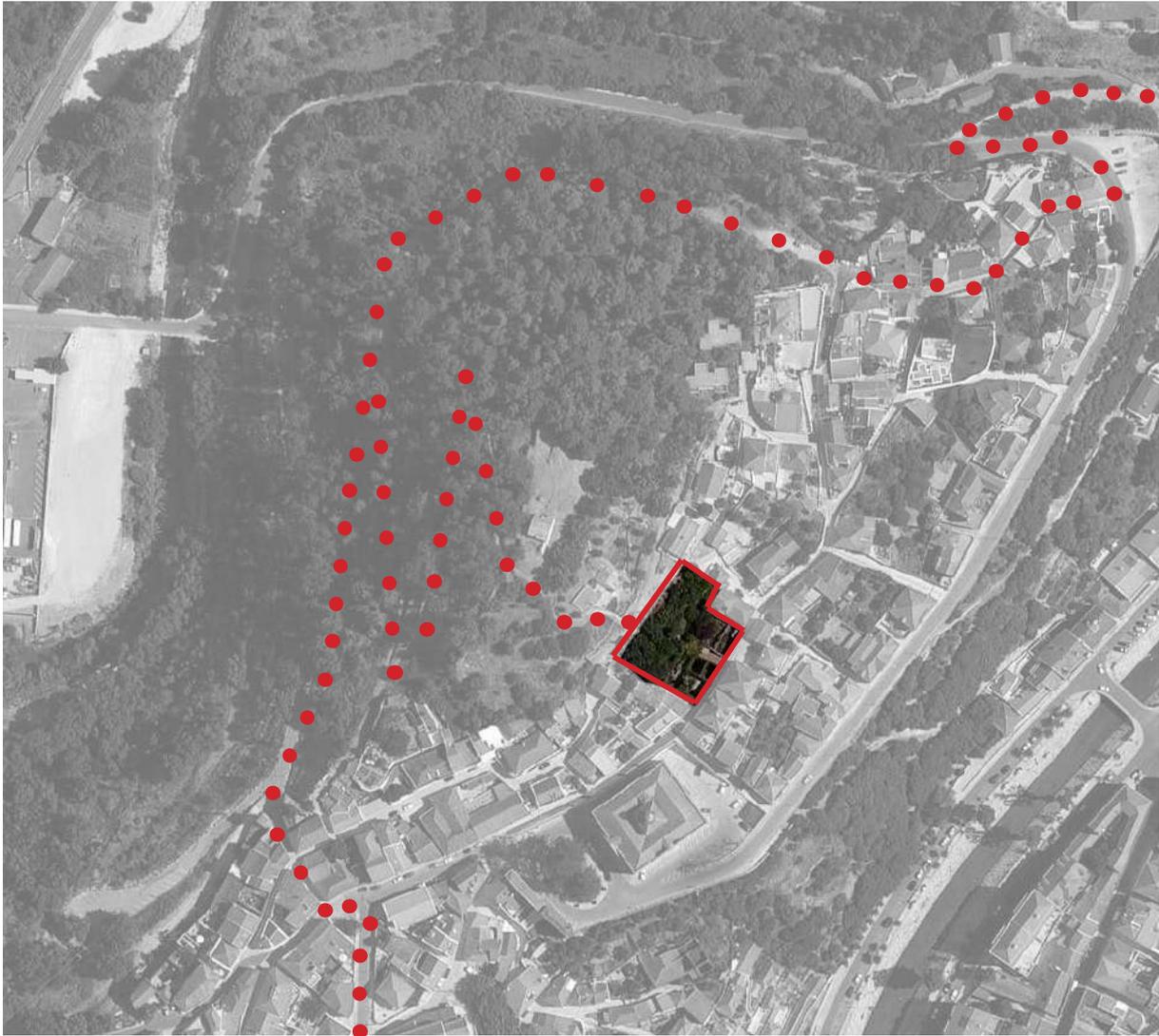


Figura 21 - Localização da zona de intervenção



Figura 23 - Existente (Fotografias da autora, 2016)



Figura 22 - Existente (Fotografias da autora, 2016)



Figura 24 - Existente (Fotografias da autora, 2016)



Figura 28 - Existente (Fotografias da autora, 2016)



Figura 29 - Existente (Fotografias da autora, 2016)



Figura 30 - Existente (Fotografias da autora, 2016)



Figura 25 - Existente (Fotografias da autora, 2016)



Figura 26 - Existente (Fotografias da autora, 2016)



Figura 27 - Existente (Fotografias da autora, 2016)



Figura 31 - Existente (Fotografias da autora, 2016)



Figura 32 - Existente (Fotografias da autora, 2016)

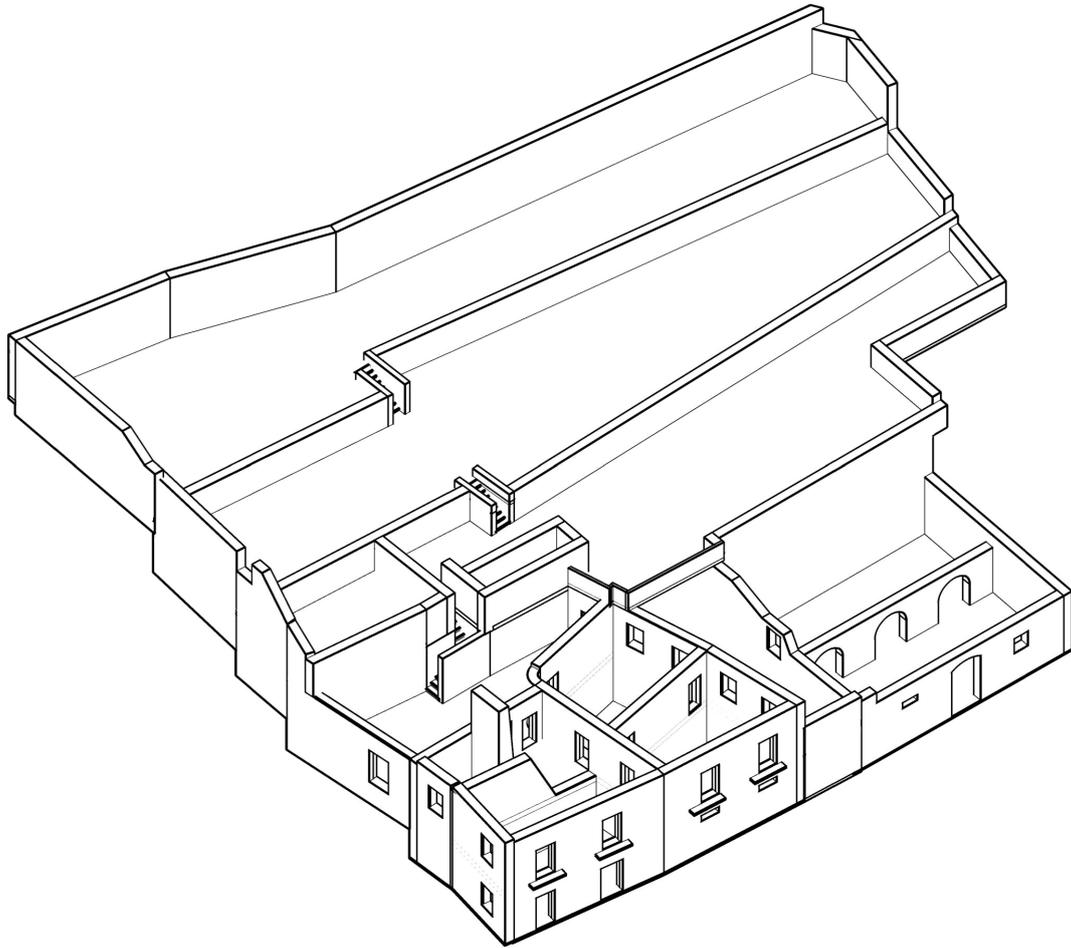
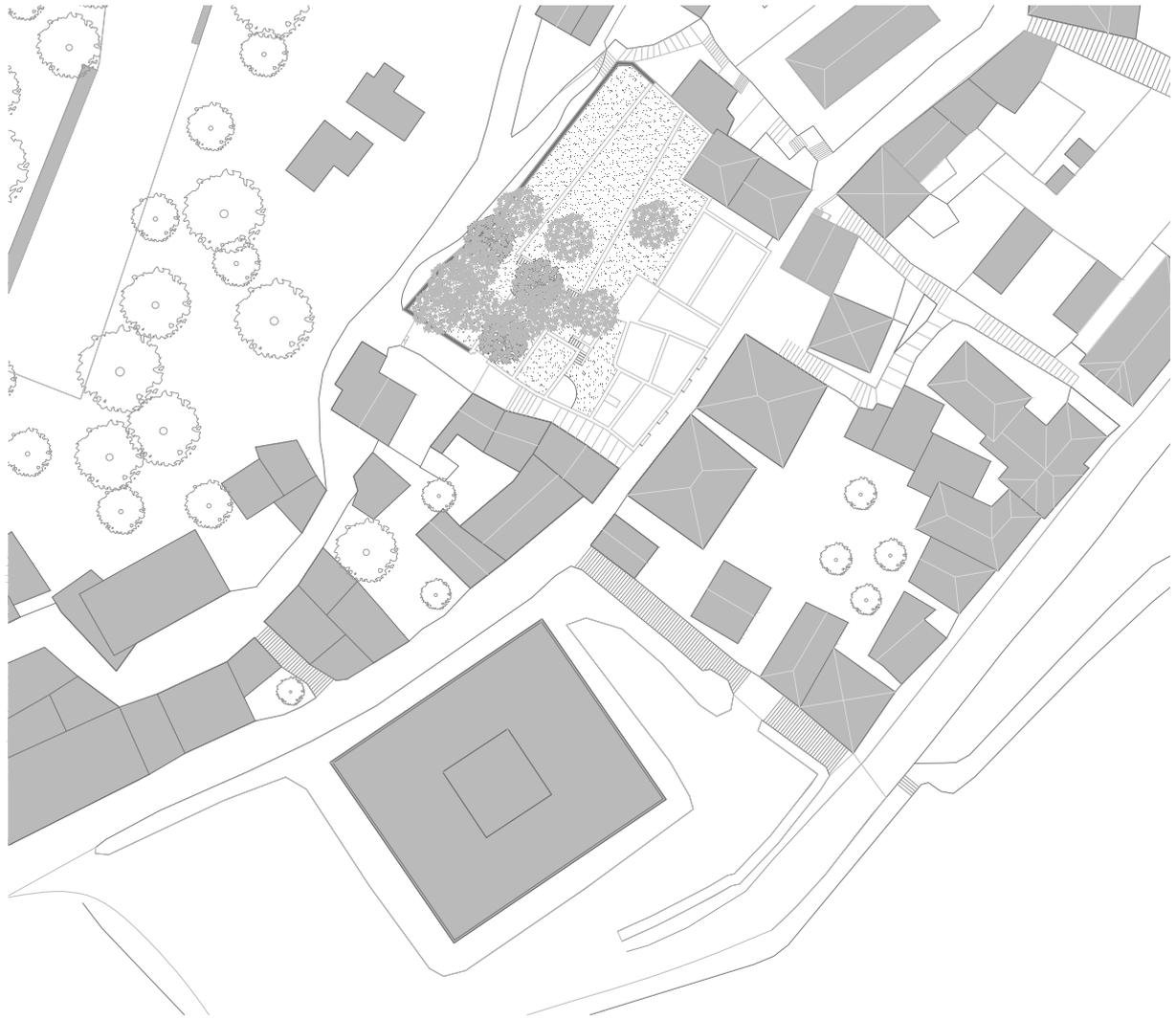
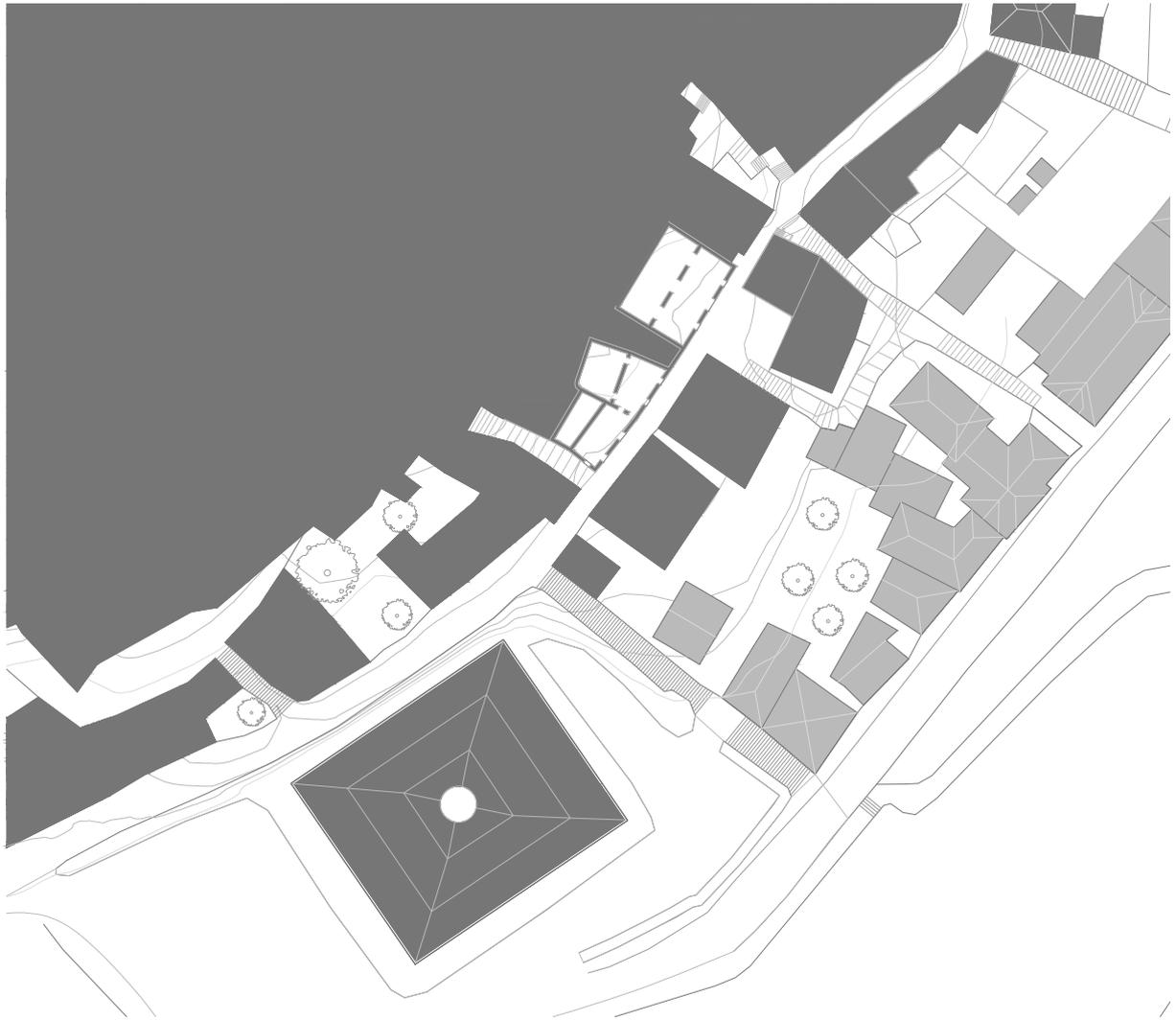


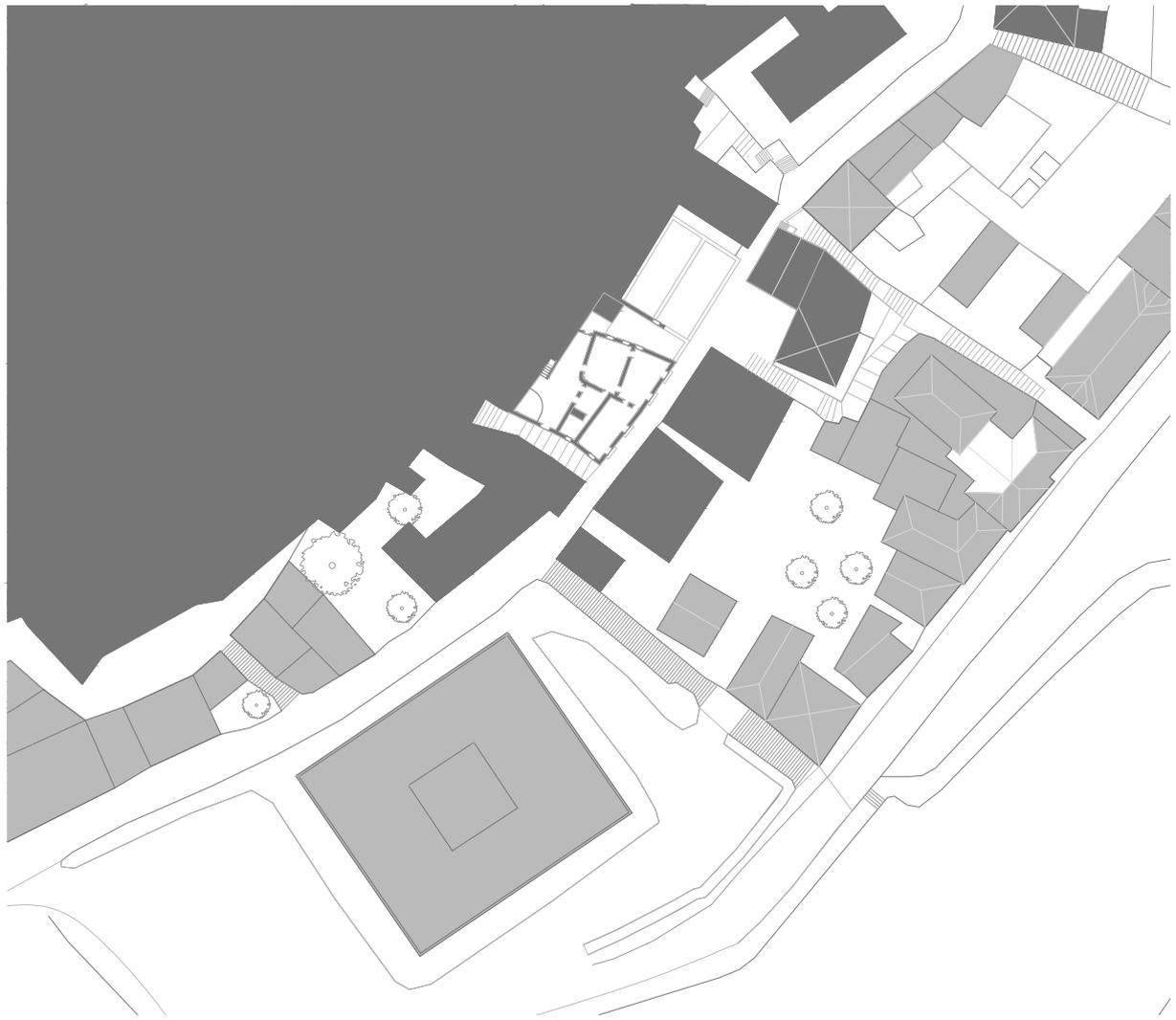
Figura 33 - Volumetria do existente (Realização da autora, 2016)



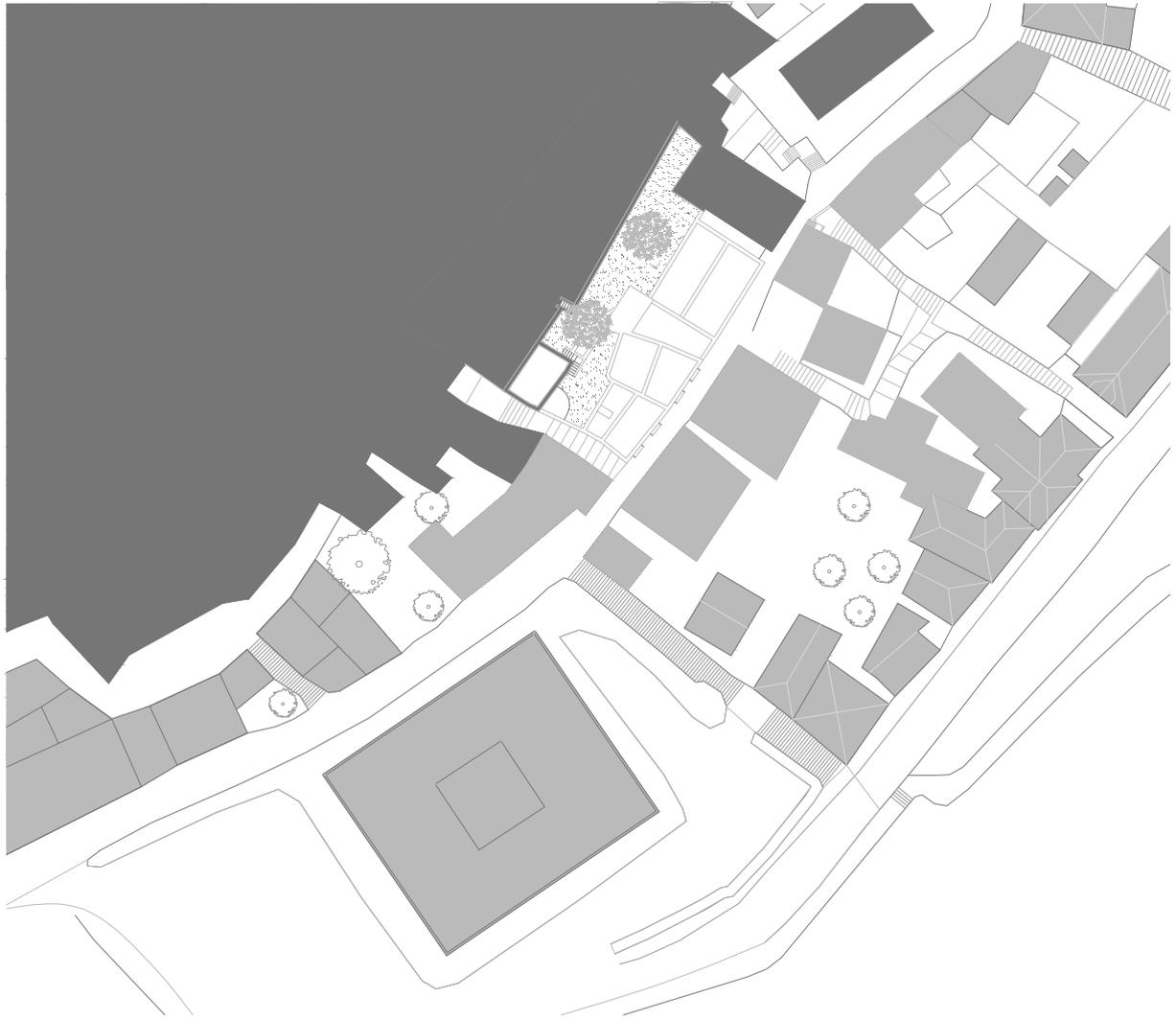
Existente | Planta Implantação 0 5 10 20 m



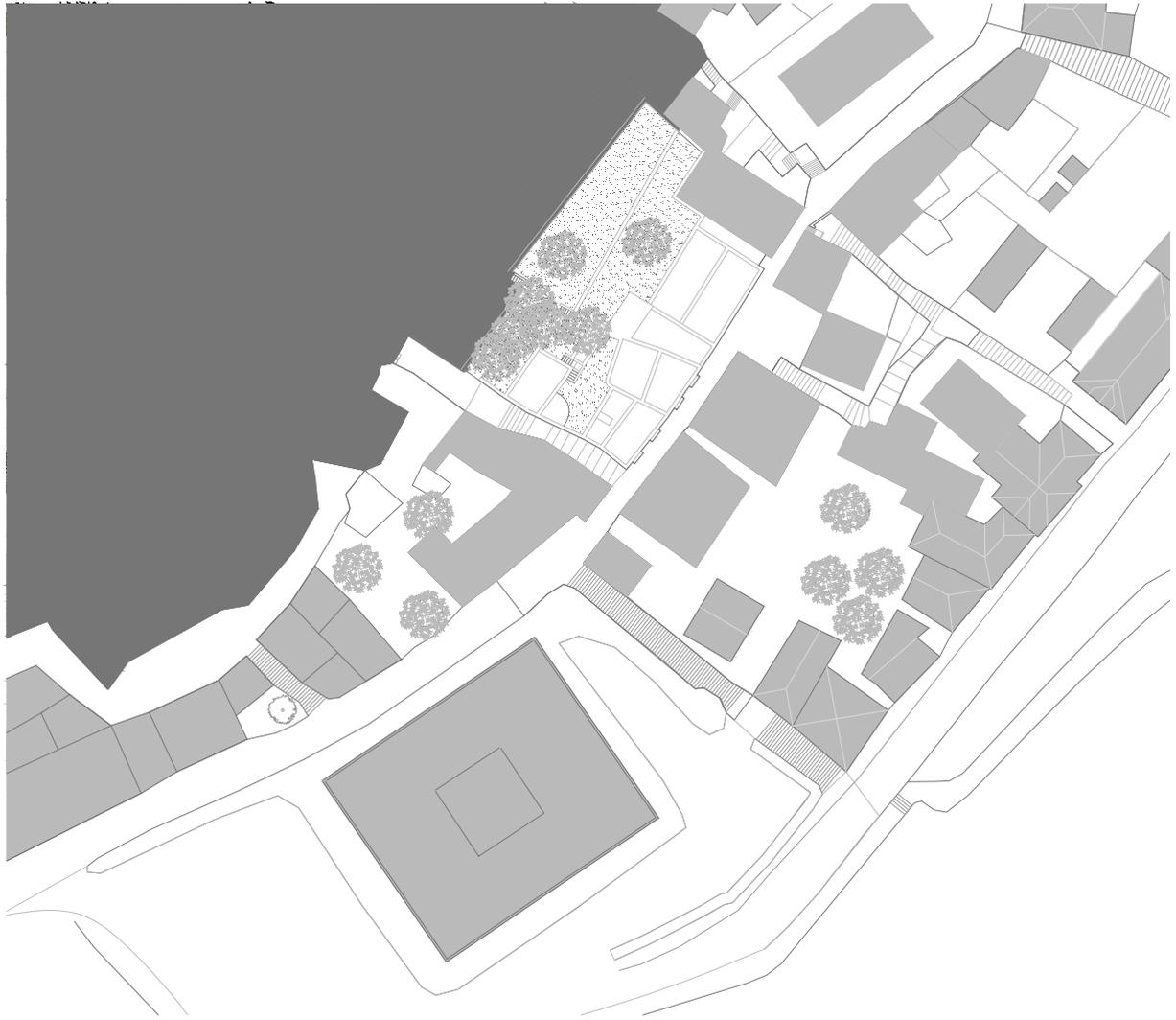
Existente | Planta Piso 0 0 5 10 20 m



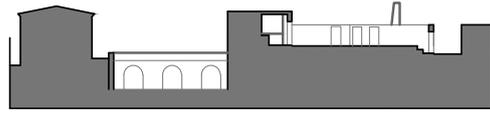
Existente | Planta Piso 1 0 5 10 20m



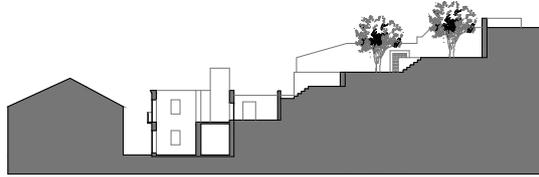
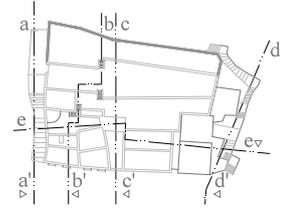
Existente | Planta Piso 2 0 5 10 20 m



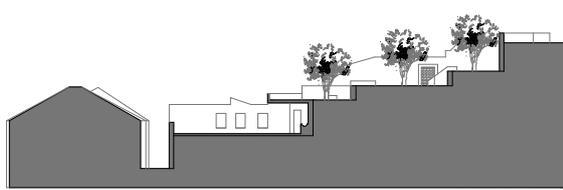
Existente | Planta Piso 3 0 5 10 20 m



Corte ee'



Corte dd'

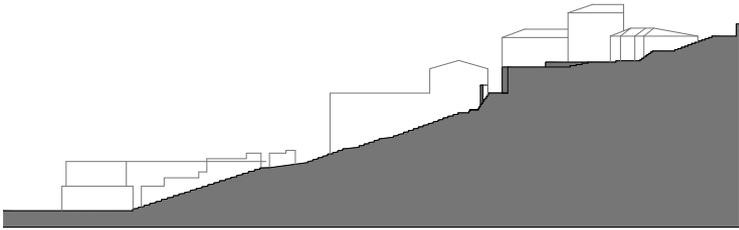


Corte cc'

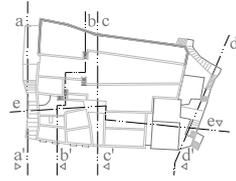


Alçado Rua Maria Milne Carmo

Existente | Alçado Rua Maria Milne Carmo e Cortes bb', cc' e ee' 0 5 10 20 m



Corte dd'



Corte aa'

Existente | Cortes aa' e dd' 0 5 10 20 m





Figura 33 - Casa Kitma (Grécia, 2014) da autoria de Camilo Rebelo + Susana Martins



Figura 35 - Centro de Alto Rendimento de Remo do Poico (Vila Nova de Foz Côa, 2008) da autoria de Álvaro Andrade



Figura 34- Adegas Quinta do Valado (Peso da Régua, 2011) da autoria de Francisco Campos



Figura 36 - Casa na Gateira (2014) da autoria de Camarim Arquitectos

### 3.2. Conceito



Figura 37 - Casa Tólo (Ribeira da Pena, 2005) da autoria de Álvaro Siza Vieira



Figura 38 - Casa Tólo (Ribeira da Pena, 2005) da autoria de Álvaro Siza Vieira

O conceito do projeto tem como base duas características do local: a morfologia dos socalcos pré-existentes do lote e a sua ligação de proximidade quer visual quer física com a área natural da envolvente. A resolução do projeto passa pela reorganização das várias plataformas no terreno integrando ao longo delas as formas dos espaços que compõem o programa, explorando a relação das várias cotas mantendo ao mesmo tempo a desobstrução das vistas já existentes, como forma de consolidar a experiência do ambiente natural e livre.

## Estratégia Projectual

Cartografia do Sítio

---



Topografia



Trilhos do Castelo



Pré-existências da área

Conceito

---



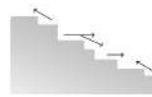
Programa (Hotel de Charme)



Natureza (Trilhos)



Terreno Acentuado



Vistas Existentes



Intervenção por níveis (de forma a integrar-se com a envolvente e mantendo o cruzamento de vistas)

Figura 40 - Estratégia projectual

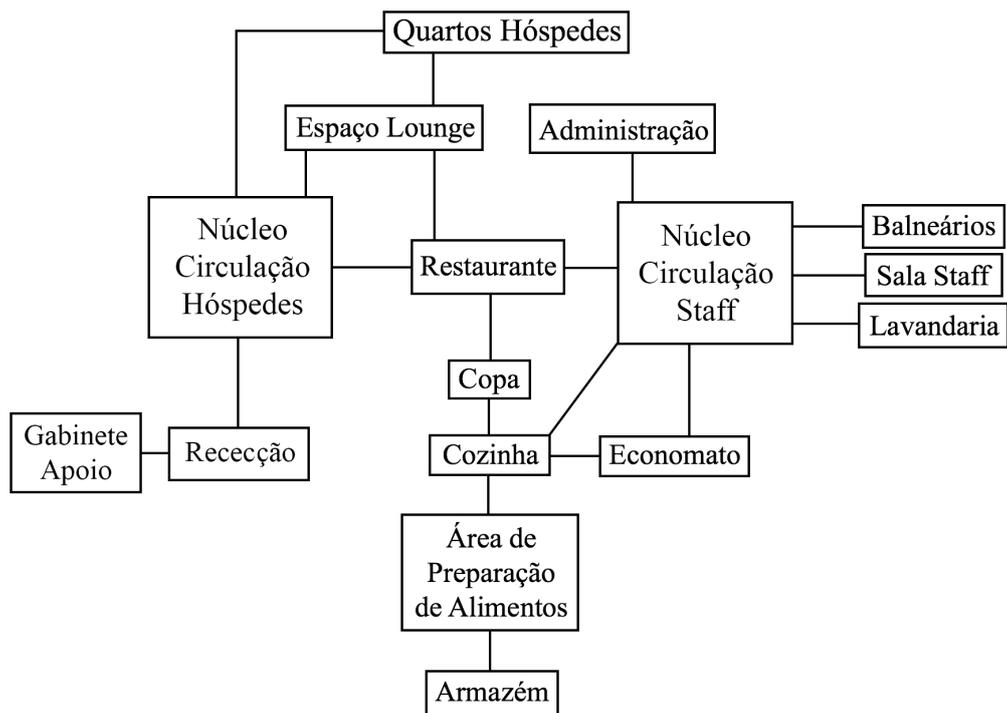


Figura 40 - Diagrama da relação programática dos espaços

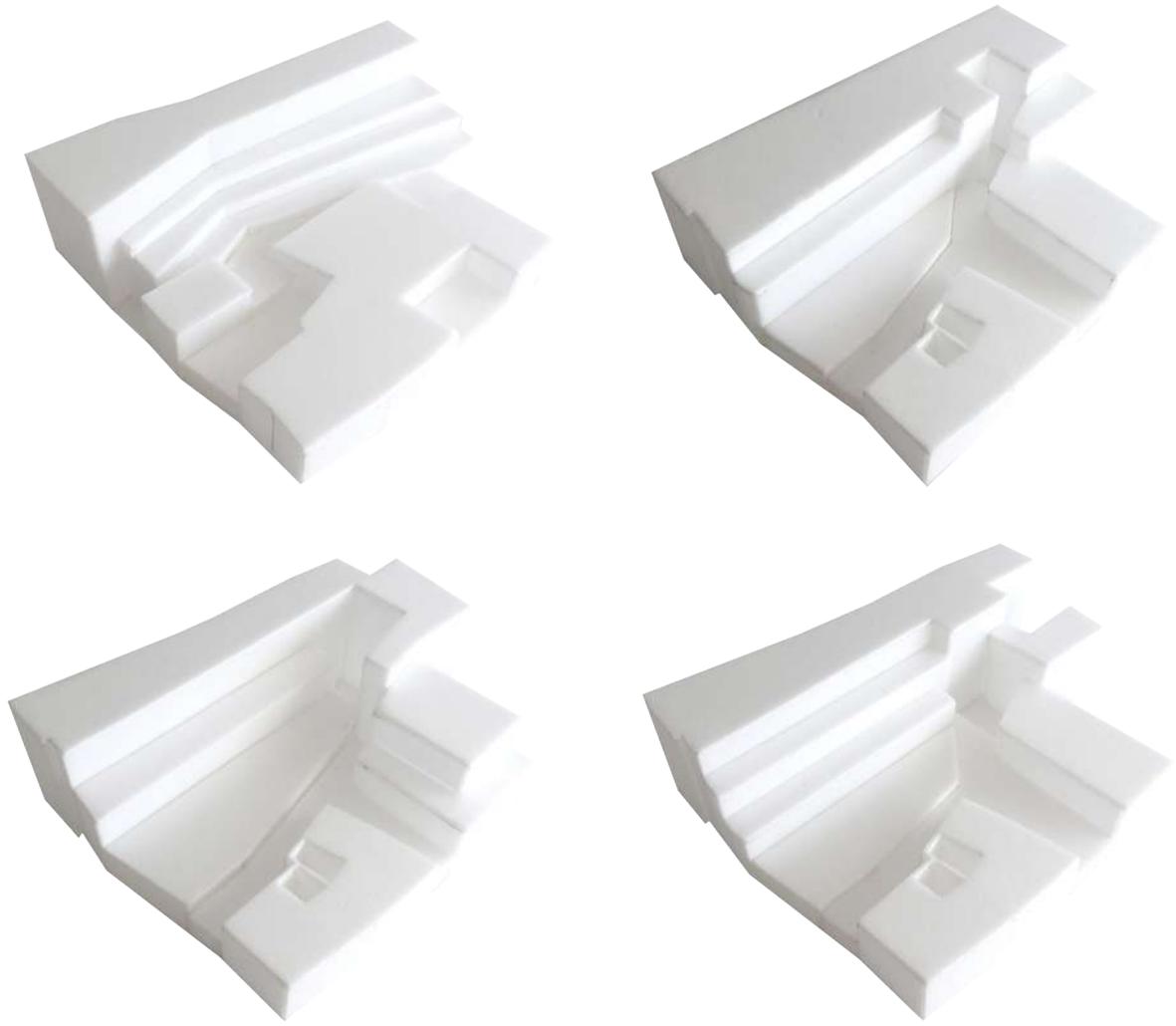


Figura 41 - Maquetes da evolução da forma



Figura 42 - Maquetes da evolução da forma



### 3.3. Proposta Final

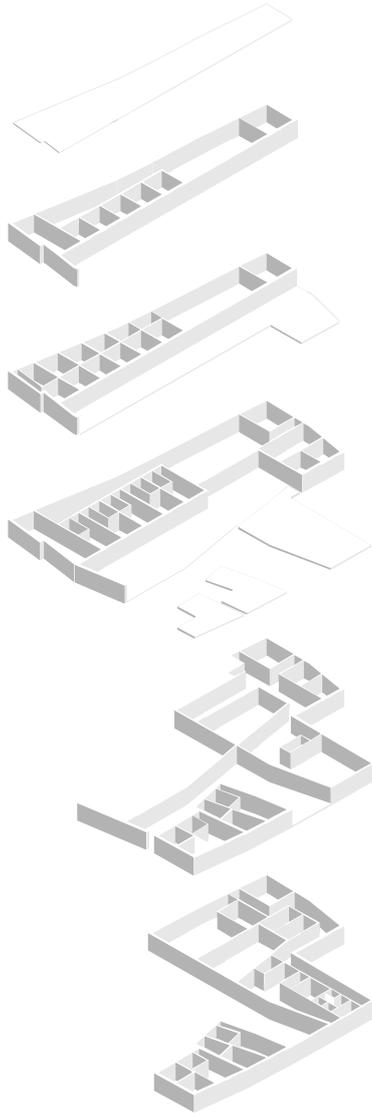


Figura 43 - Explodida do projeto

O programa de alojamento turístico é composto por um conjunto de dois edifícios pré-existentes e por um edifício de construção nova. Os edifícios pré-existentes incluem quatro mini-apartamentos compostos por uma zona de quarto, sala de estar com cozinha e uma instalação sanitária.

A nova construção é composta por uma receção e zona de administração, uma zona de staff que inclui cozinha e sala de estar, copas, espaços de preparação de alimentos, áreas de refrigeração dos alimentos, lavandaria, balneários, uma área de refeições, uma área de lounge, duas instalações sanitárias, seis quartos simples e seis quartos duplex com sala.

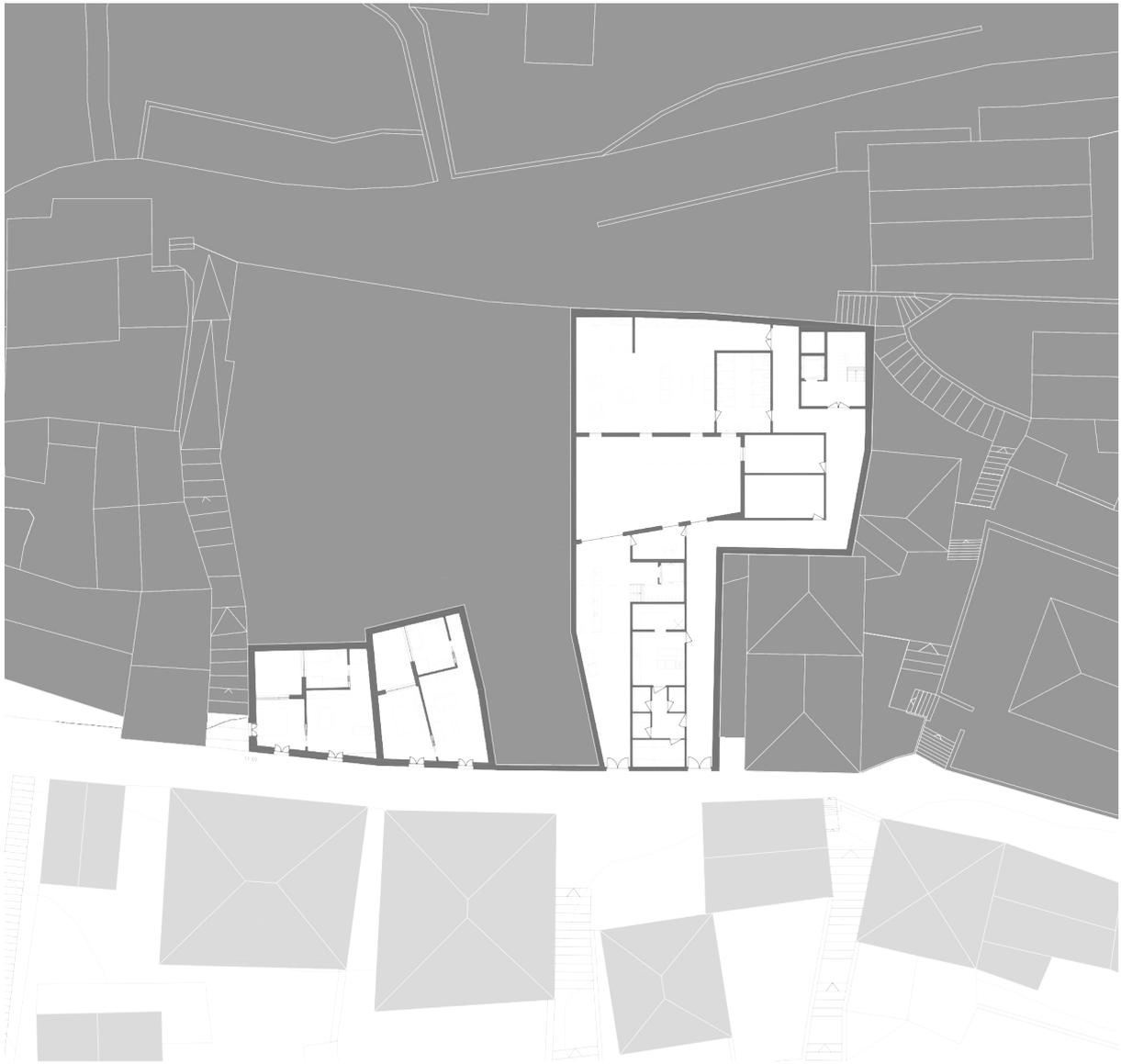




Proposta | Planta Localização  0 25 50 100 m



Proposta | Planta Implantação  0 5 10 20 m



Proposta | Planta Piso 0 Cota 77 0 2,5 5 10 m

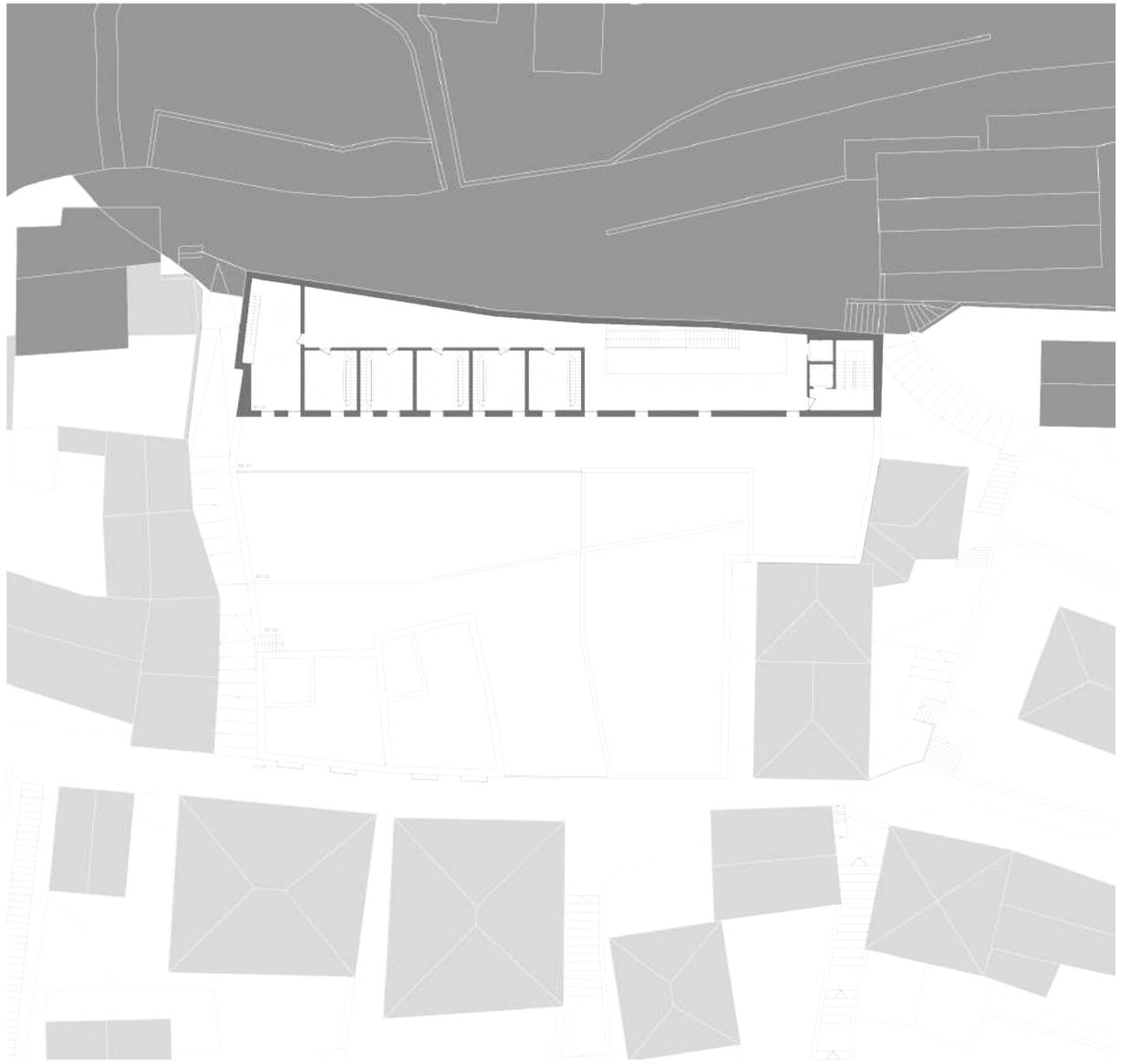


Proposta | Planta Piso 1 Cota 80 0 2,5 5 10 m

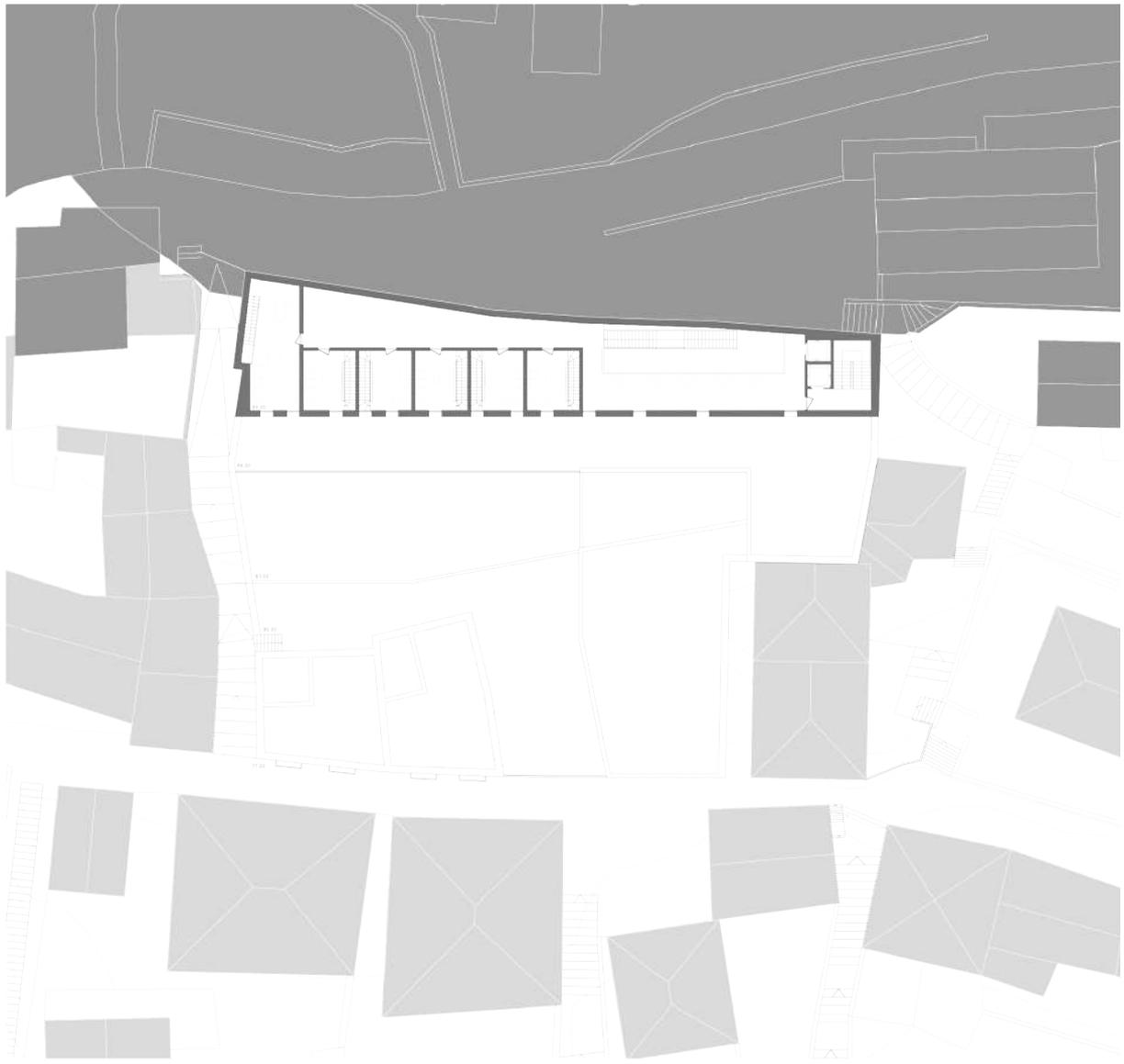


Proposta | Planta Piso 2 Cota 83

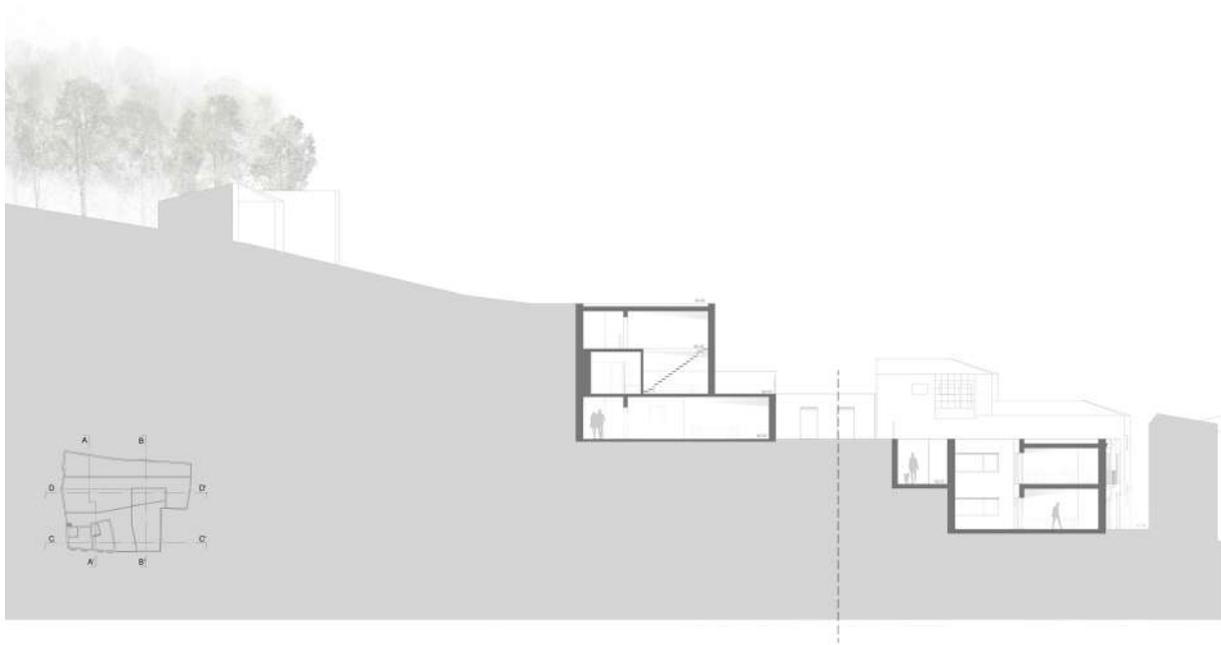




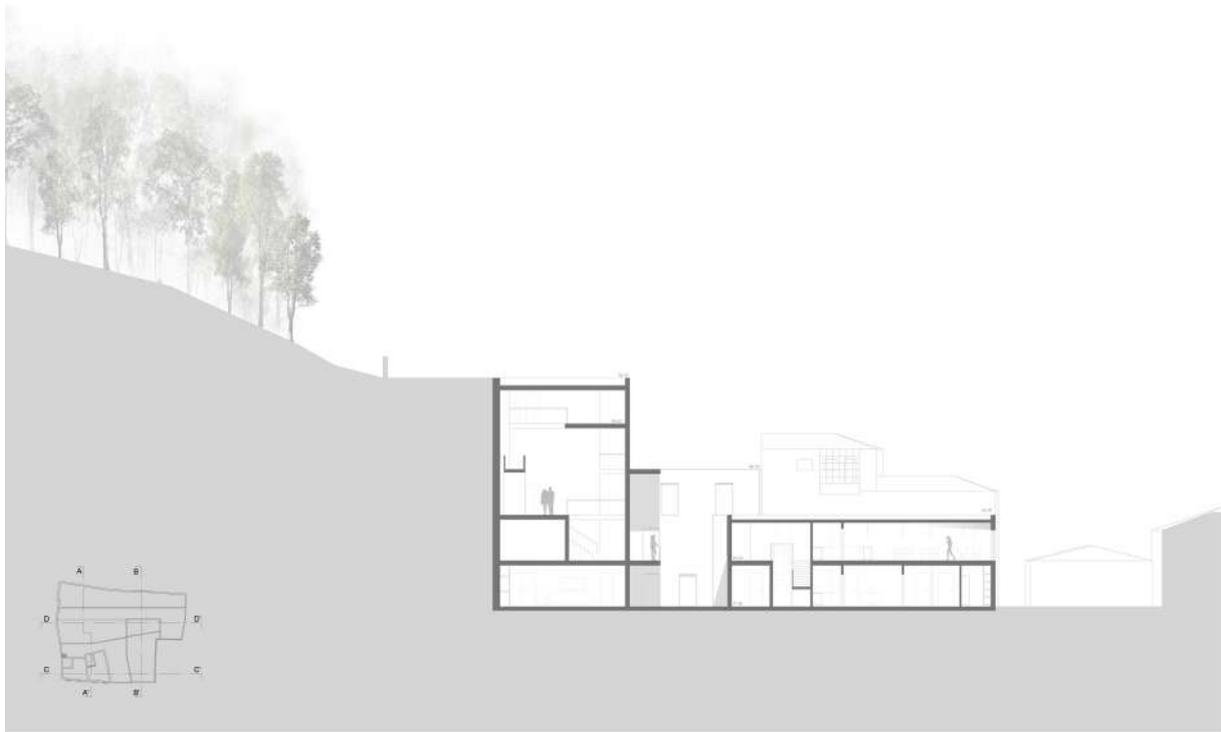
Proposta | Planta Piso 4 Cota 89 0 2,5 5 10 m



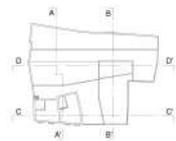
Proposta | Planta Piso 4 Cota 89 0 2,5 5 10 m



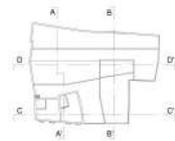
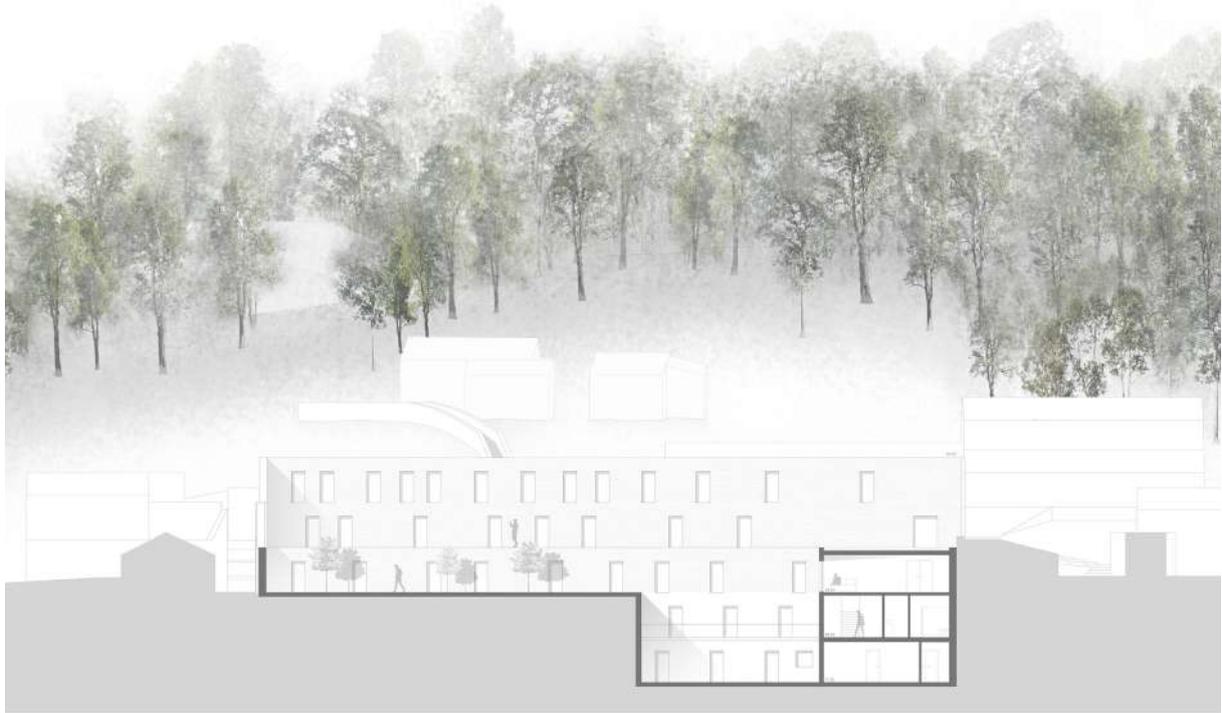
Proposta | Corte AA' 0 2,5 5 10 m



Proposta | Corte BB' 0 2,5 5 10 m



Proposta | Corte CC' 0 2,5 5 10 m



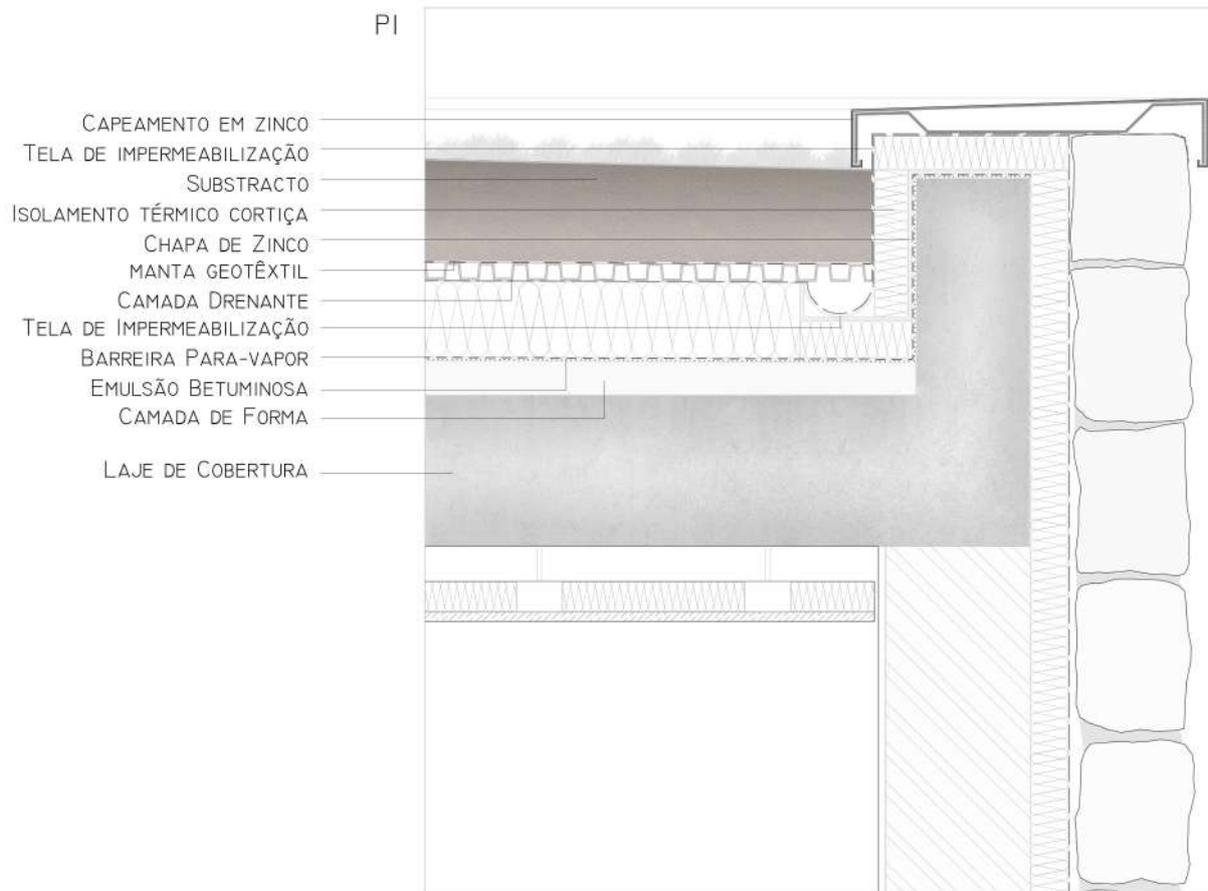
Proposta | Corte DD' 0 2,5 5 10 m



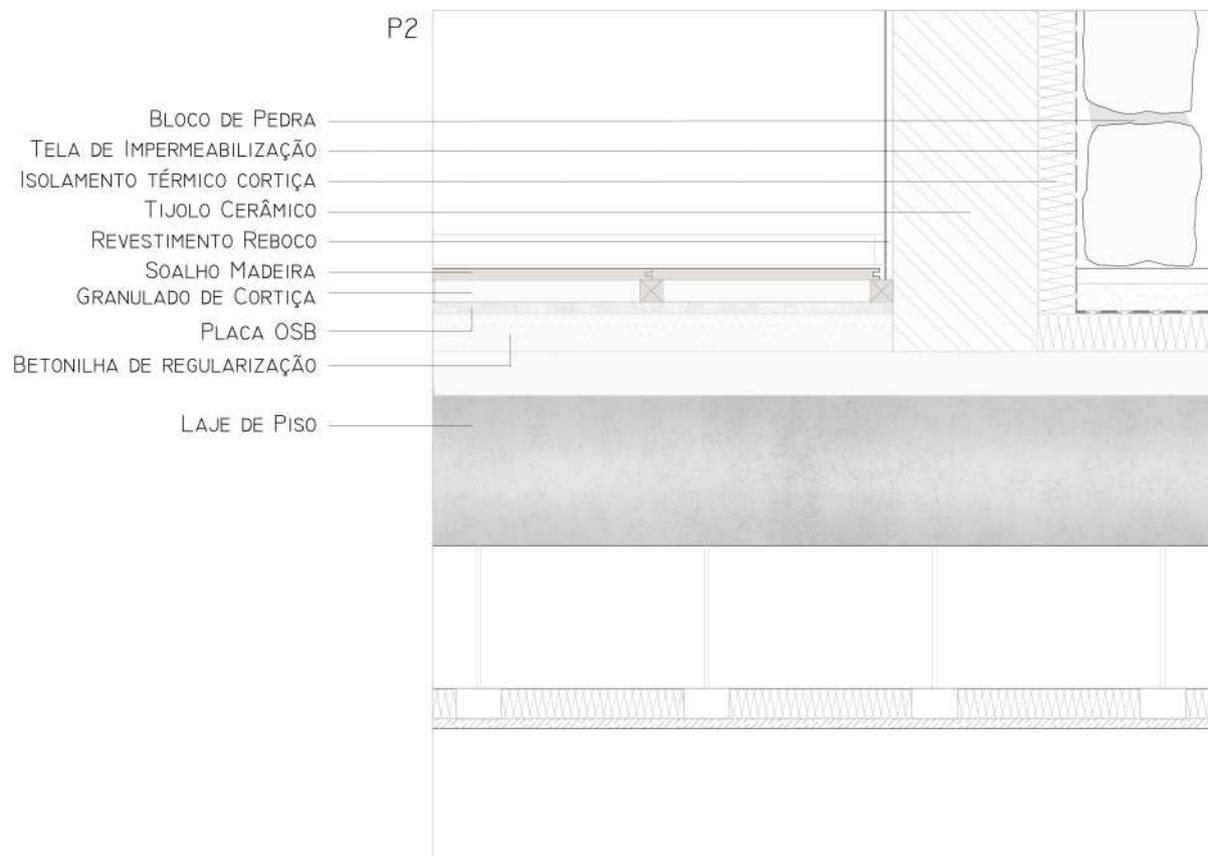
Proposta | Alçado Rua Maria Milne Carmo 0 2,5 5 10 m

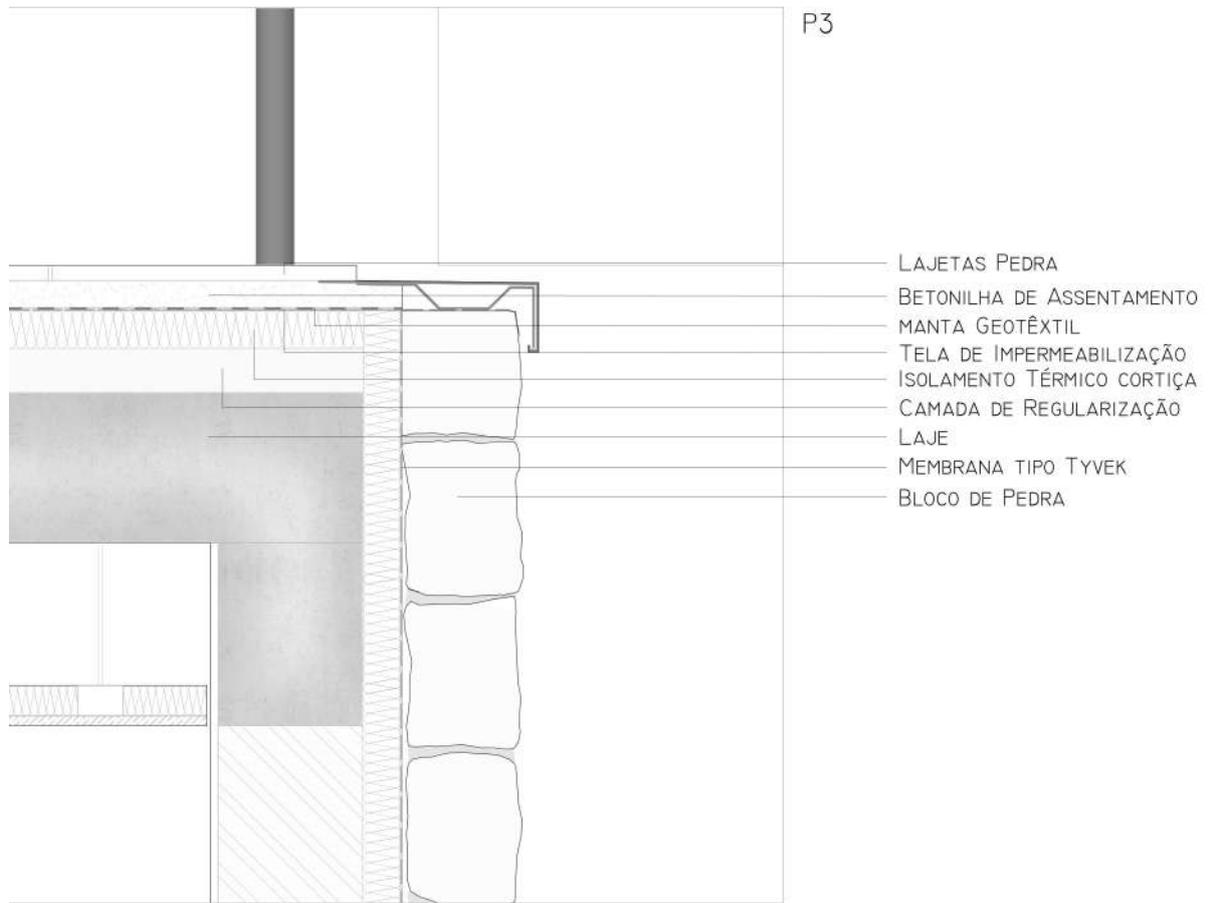


Corte Construtivo 1:50 

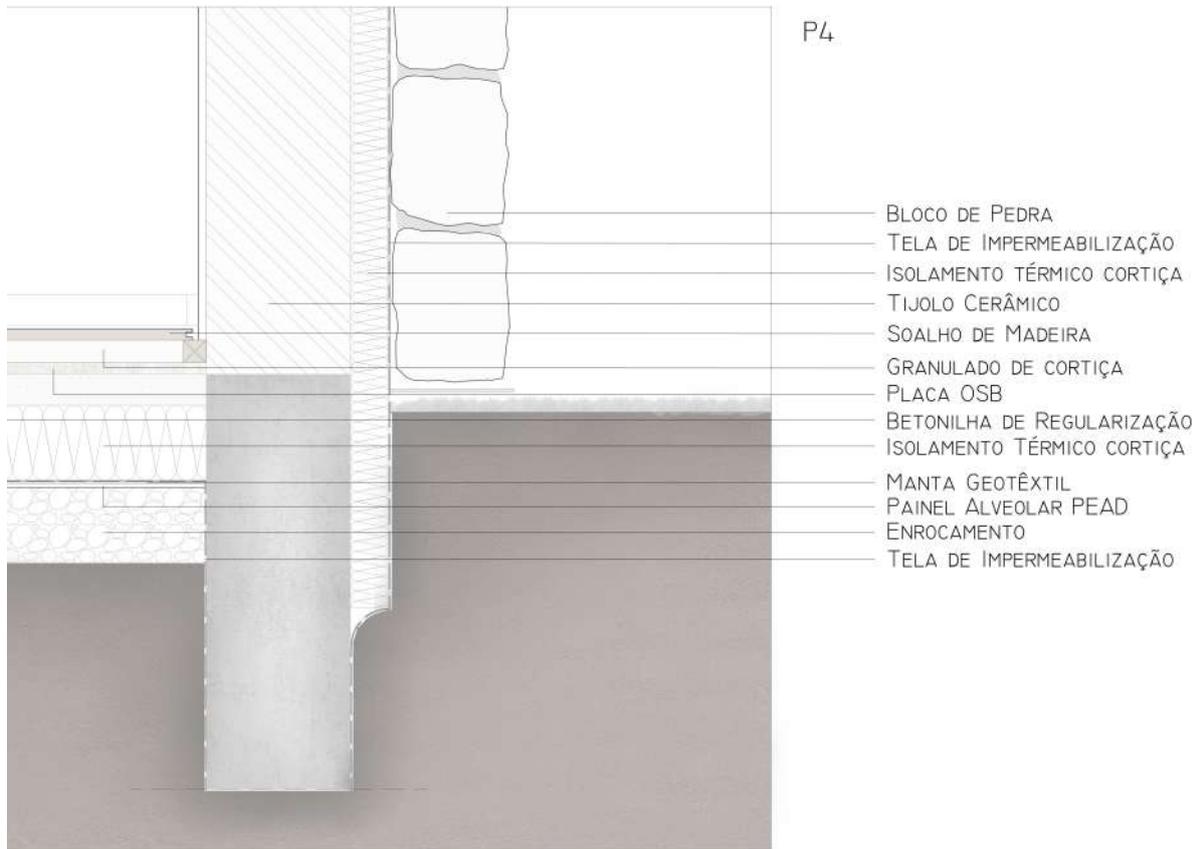


Corte Construtivo 1:10 0 5 10 CM





Corte Construtivo 1:10 0 5 10 CM



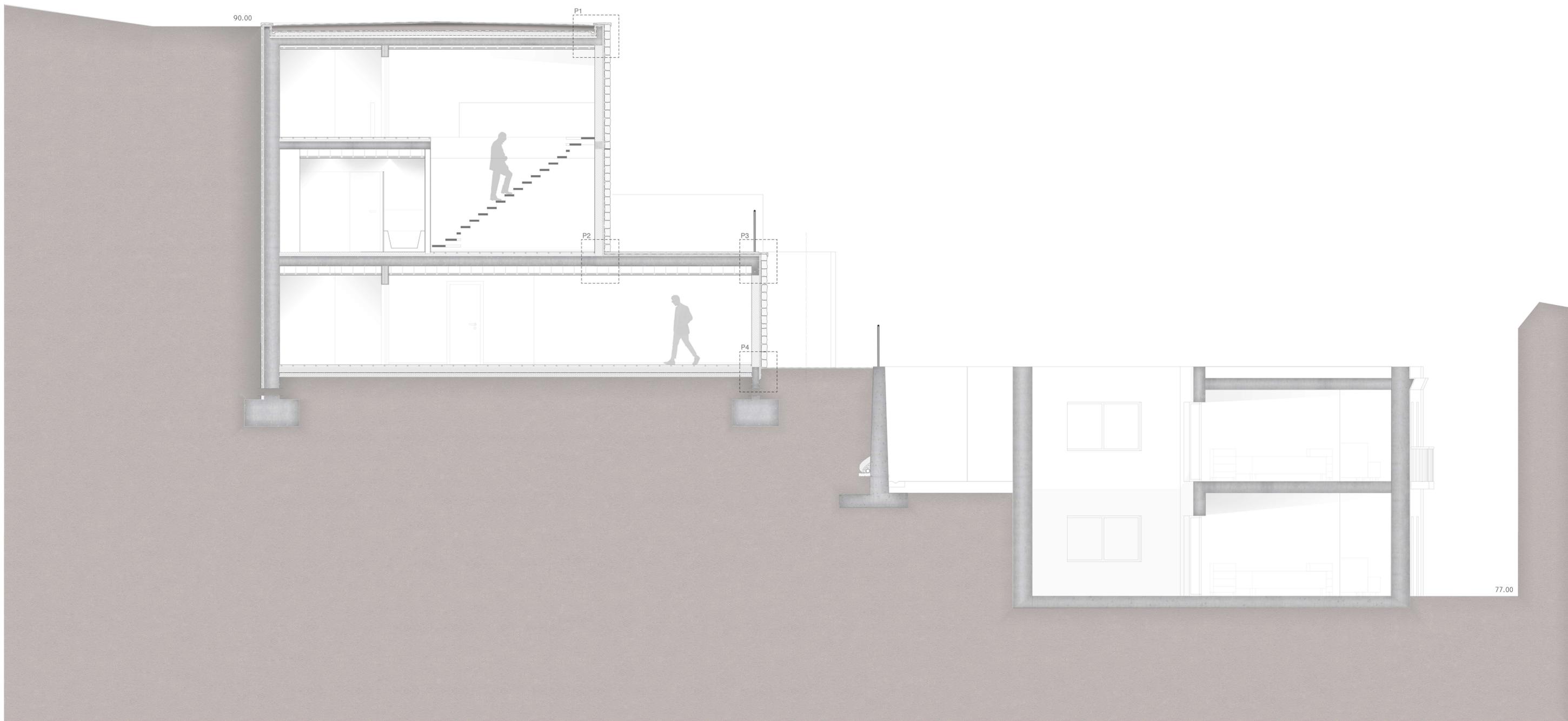
Corte Construtivo 1:10 0 5 10 CM

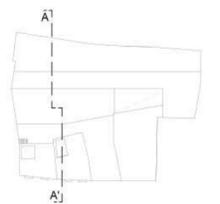
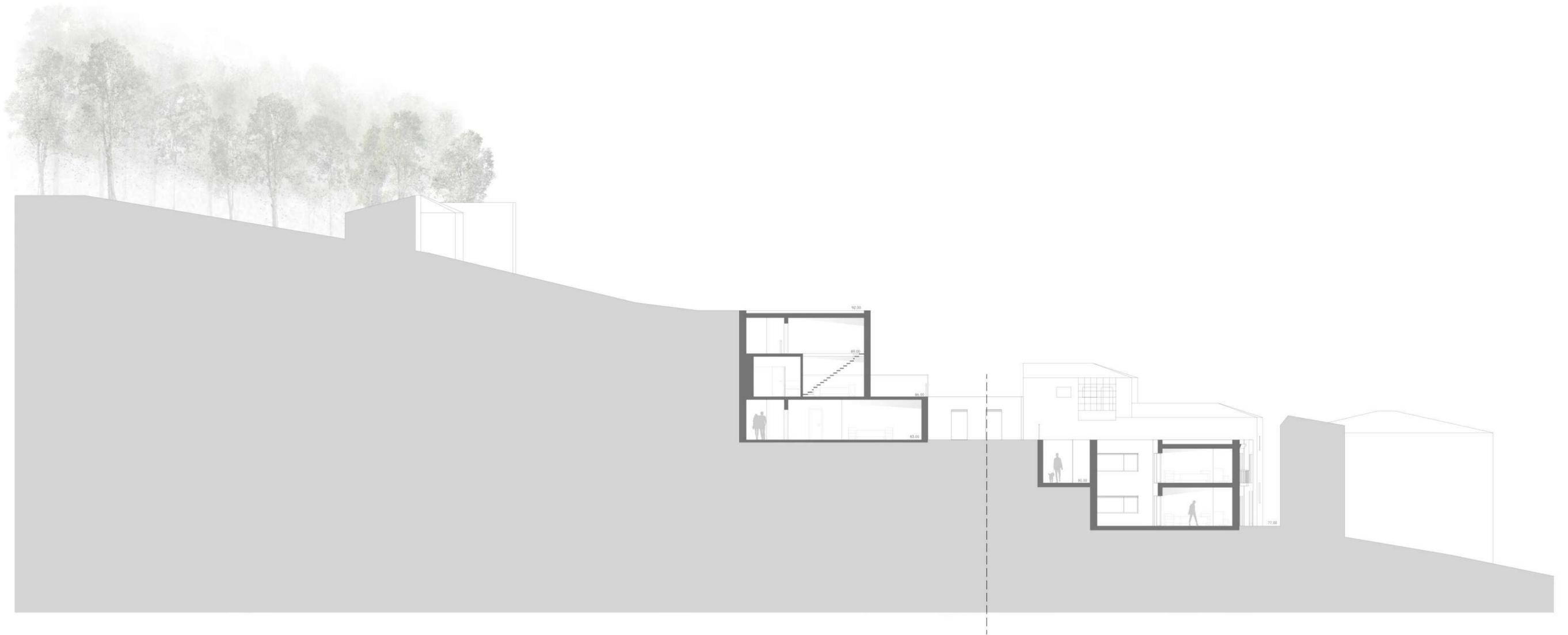




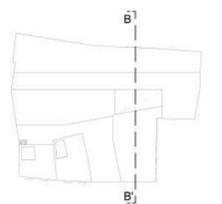
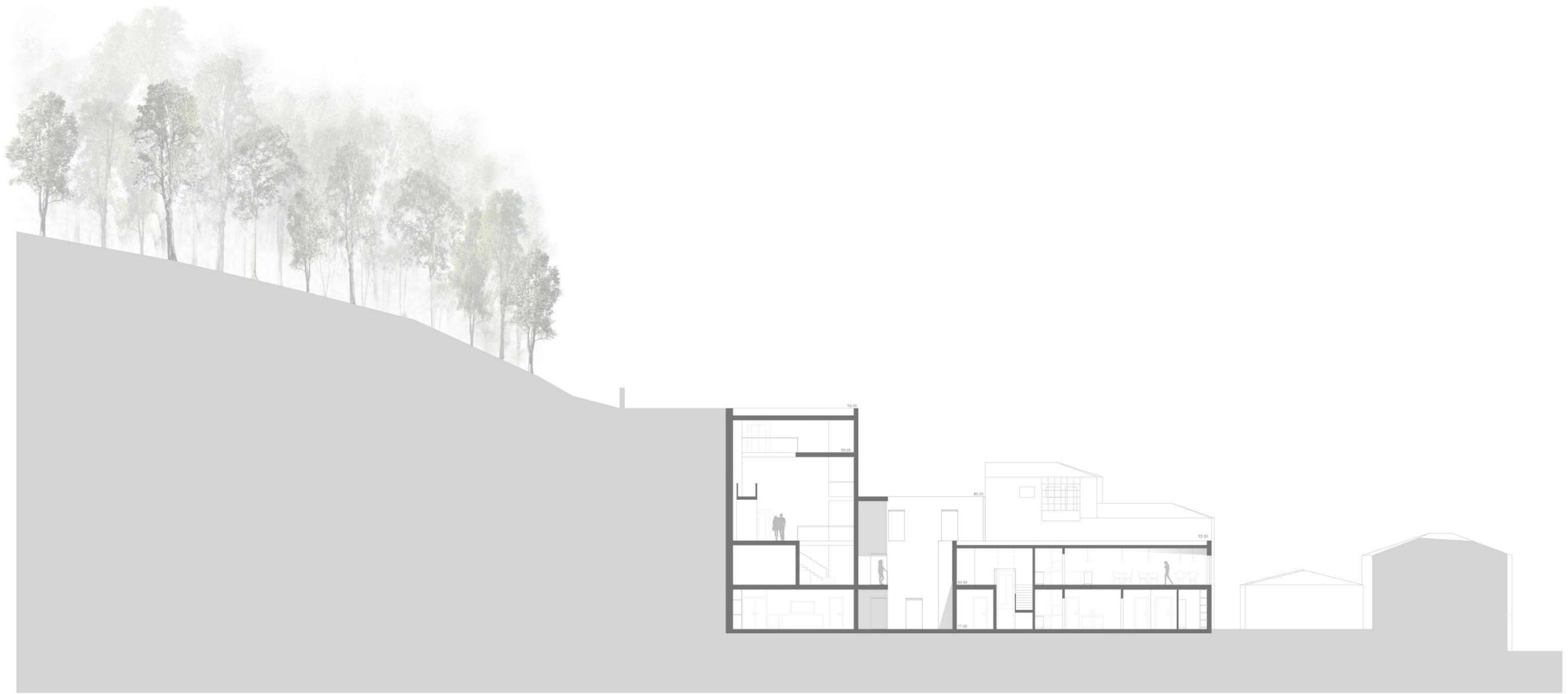


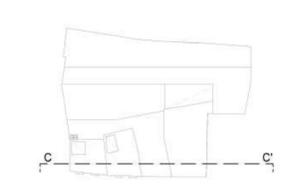


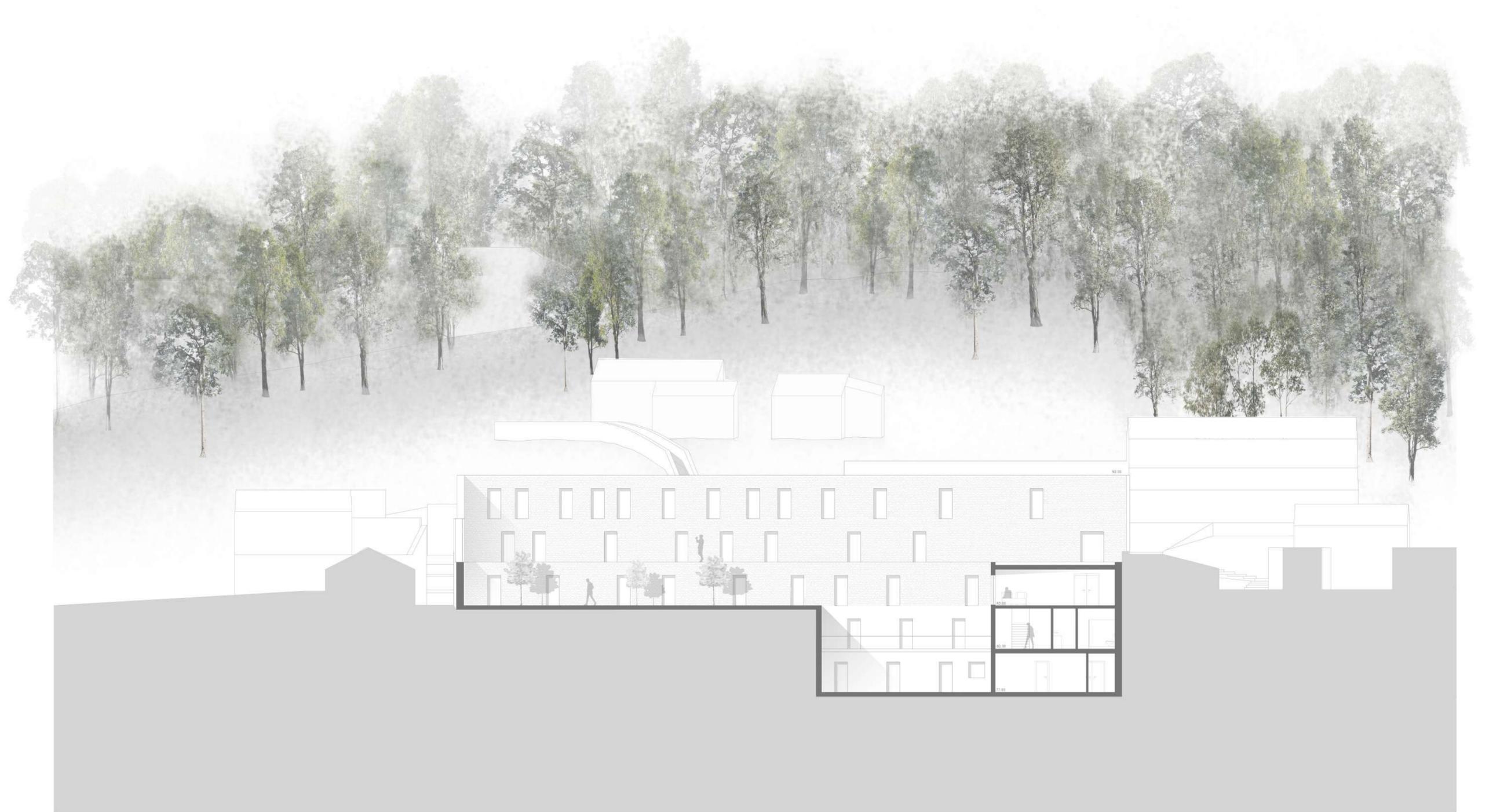








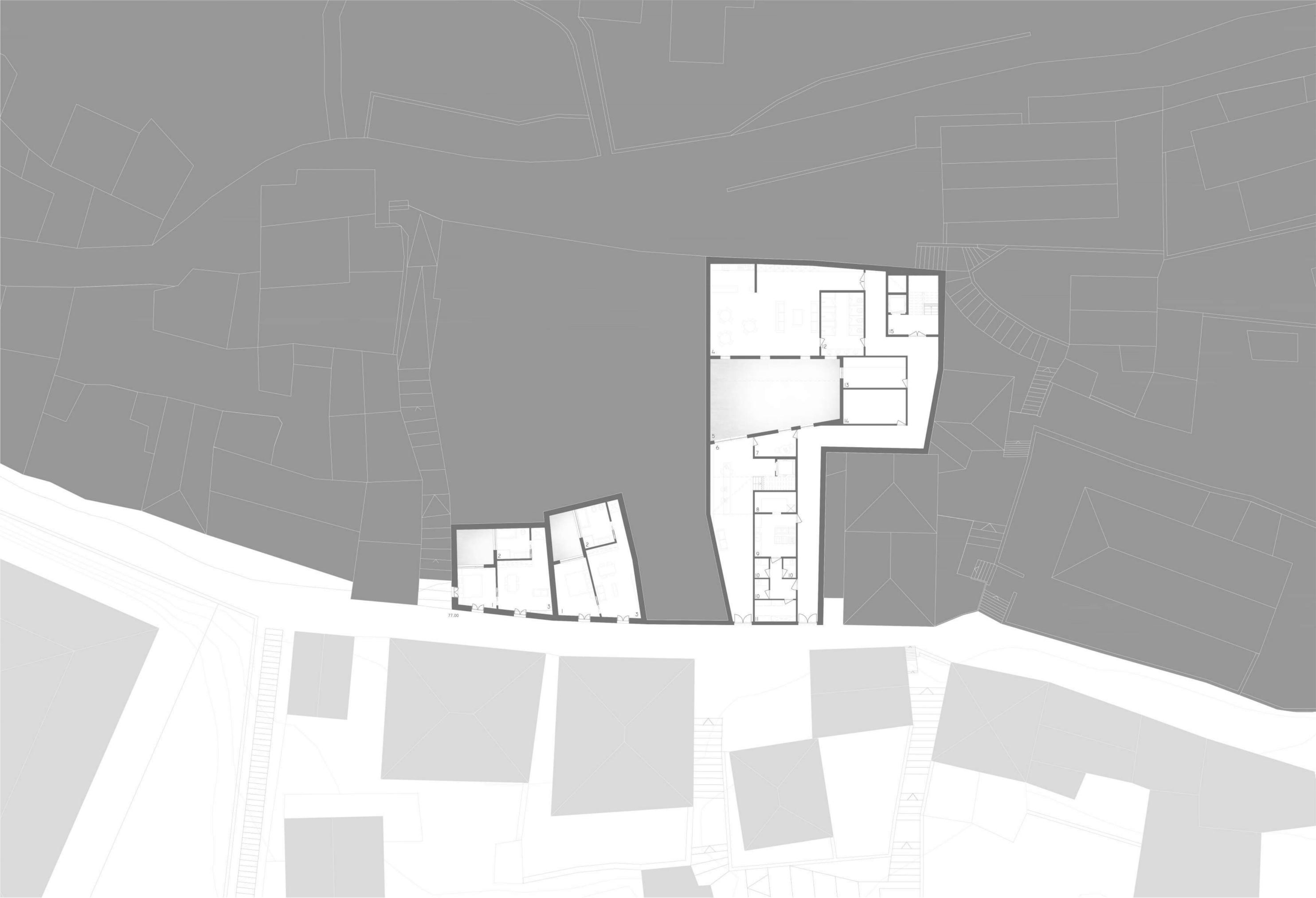






50





77.00



