U.PORTO

MESTRADO INTEGRADO

ARQUITETURA

Sustentabilidade e Arquitetura: Projeto para o concurso Architecture Student Contest 2024 Helsinki

Inês Isabel Vasconcelos Custódio

M

2024

U.PORTO

Inês Isabel Vasconcelos Custódio. Sustentabilidade e Arquitetura: Projeto para o concurso Architecture Student Contest 2024 Helsinki

Sustentabilidade e Arquitetura: Projeto para o concurso Architecture Student Contest 2024 Helsinki

Inês Isabel Vasconcelos Custódio

M.FAUP **2024**

FACULDADE DE ARQUITETURA

Sustentabilidade e Arquitetura:
Projeto para o concurso Architecture Student Contest 2024 Helsinki

Inês Isabel Vasconcelos Custódio

Dissertação de Mestrado Integrado em Arquitetura

Orientador: Eliseu Manuel Vieira Gonçalves

Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto

2024

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Eliseu Gonçalves, pela orientação da presente dissertação, pela disponibilidade durante toda a sua realização, pela partilha de conhecimento e pelos contributos para o trabalho e projeto elaborados.

À Professora Doutora Maria Clara do Vale, pela sua disposição e flexibilidade do acompanhamento do projeto durante a fase do concurso.

À Saint-Gobain, pela oportunidade oferecida pela realização de um concurso para estudantes e pelo apoio durante a sua duração.

A todos os que contribuíram para construir o conhecimento que tenho hoje, ao longo do período de todo o meu percurso académico.

Aos meus pais e família, pelo apoio incondicional e sacrifícios por mim durante todo o curso.

Resumo

O contexto global ambiental tem sofrido um grande desgaste devido a diversos fatores, nomeadamente a elevada emissão de CO_2 e o esgotamento de recursos. A construção é o setor que mais contribui para estas alterações, e, por isso, a sustentabilidade é um assunto muito abordado nas últimas décadas. Esta dissertação trata desta temática, explorando diferentes métodos arquitetónicos para um menor impacto ambiental. Daí surge o estudo de estratégias de desenho passivo, que garantem cumprir os princípios de sustentabilidade, ao mesmo tempo que respondem às condições climáticas, utilizando meios naturais. Outro tópico a relevar é a escolha de materiais renováveis e de baixo impacto, tendo sido abordado o contributo da construção em madeira e seus derivados.

Uma vez que este trabalho visa projetar para o concurso *Architecture Student Contest 2024 Helsinki*, organizado pela Saint-Gobain, cujo um dos pedidos é o desenho de um edifício habitacional, o estudo das questões contemporâneas de sustentabilidade na arquitetura foi um meio de recolher exemplos de estratégias que deem resposta, de forma ecológica, aos critérios desse tipo de programa.

Para a realização do projeto, a análise das premissas propostas pelo concurso foi importante, tal como a investigação do contexto geográfico e climático do local e as suas exigências a nível construtivo. Para além disso, toda a investigação ligada à arquitetura ecológica, tal como o recurso de casos de estudo, foi essencial para a adoção de estratégias benéficas para um projeto com o menor impacto ambiental possível.

Abstract

The global environmental context has experienced significant degradation due to various factors, namely high CO2 emissions and resource depletion. Construction is the sector that most contributes to these changes, and, therefore, sustainability has been a much-discussed topic in recent decades. This dissertation addresses this issue by exploring different architectural methods to reduce environmental impact. Hence, the study of passive design strategies arises, which ensure compliance with sustainability principles while responding to climatic conditions using natural means. Another important topic is the choice of renewable and low-impact materials, with focus on the contribution of wood construction and its derivatives.

Since this work aims to design for the *Architecture Student Contest 2024 Helsinki*, organized by Saint-Gobain, in which one of the requirements is the design of a residential building, the study of contemporary sustainability issues in architecture served as a means to gather examples of strategies that ecologically respond to the criteria of this type of function.

To carry out the project, analyzing the premises proposed by the contest was important, the same way as was investigating the geographical and climatic context of the location and its construction demands. Furthermore, all research related to ecological architecture, including the use of case studies, was essential for adopting beneficial strategies to achieve a project with the lowest possible environmental impact.

Sumário

Agradecimentos **6**

Resumo **8**

Abstract **10**

Introdução **12**

1. A sustentabilidade no projeto de Arquitetura **16**

1.1. Princípios para a sustentabilidade 17

1.2. Estratégias de desenho passivo 25

1.3. Contributos da construção em madeira para uma visão ecológica da arquitetura 33

2. Questões contemporâneas de sustentabilidade na habitação **38**

2.1. House in Regensburg, Thomas Herzog, Alemanha, 1979 41

2.2. La Borda, Lacol, Espanha, 2014 45

2.3. Chalon sur Saône, Lacaton & Vassal, França, 2015 51

3. O projeto **58**

3.1. Programa do concurso 59

3.2. Análise geográfica e climática 65

3.3. Proposta para o concurso 73

Considerações finais **89**

Bibliografia **91**

Webgrafia 93

Iconografia 94

Apêndices **103**

Condições técnicas do concurso 104

Desenhos do projeto 109

Diário de bordo 128

Introdução

A construção contemporânea tem um peso significativo no conjunto de fatores que mais contribuem para o desequilíbrio ambiental, nomeadamente, através dos gastos energéticos de origem fóssil e emissão de CO_2. Por este motivo, têm surgido estratégias que tentam minimizar estes impactos a partir de uma maior eficiência energética, uso de recursos de reduzida pegada ecológica, e circularidade dos materiais.

Esta dissertação surge como reflexo da minha motivação pessoal de compreender como podemos utilizar princípios de sustentabilidade na arquitetura, utilizando como caso prático para esse estudo o projeto para o concurso *Architecture Student Contest 2024 Helsinki*, organiado pela Saint-Gobain.

O objeto de estudo deste trabalho é o projeto do concurso, que visa a criação de soluções arquitetónicas sustentáveis para um terreno pertencente à *Helsinki University*, na Finlândia. Os encargos do concurso visavam o desenvolvimento urbano da área, a construção de um edifício novo residencial e a renovação de um edifício existente de escritórios a ser transformado em residências provisórias para investigadores da univer-

sidade. Para além disso, a proposta devia ter princípios de coesão, na medida em que liga os elementos novos e os elementos que já existiam, como o *Gardenia* (antigo jardim de inverno), o jardim japonês, o espaço de um antigo museu e outros espaços de recreio. O tema principal do concurso é a arquitetura sustentável nas suas mais diversas interpretações, incluindo diretrizes técnicas especificas.

Deste modo, o objetivo desta dissertação é refletir sobre a influência das premissas da sustentabilidade no projeto de arquitetura e, ao mesmo tempo, a partir deste estudo, dar resposta ao pedido do concurso. Isto implicara estudar várias questões ligadas a este tema, como o desenho habitacional, e como temas ligados ao mesmo podem contribuir para uma arquitetura sustentável, como por exemplo a sua ocupação do solo, a sua autonomia e os impactos da sua construção; o desenho passivo, e os tipos de estratégias que podem ajudar a melhorar a quantidade de consumo energético num edifício; ou, a circularidade dos materiais construtivos.

O estudo das matérias ligadas à bioclimática e à economia circular constitui um conjunto de conhecimento particular a aplicar a várias questões do caso prático, cumprindo também as condições técnicas associadas ao mesmo. O concurso obriga a entender os valores recomendados de conforto térmico, acústico, de qualidade do ar interior, de segurança contra incêndios, de luz solar, de emissões de carbono, de consumo de energia, e de circularidade de recursos. Para além disso, também estudar e dar resposta às condições do lugar, que implica entender o que a área urbana requere, e as condições climatéricas e solares finlandesas, muito distintas das de Portugal.

O primeiro capítulo aborda a sustentabilidade no projeto de arquitetura. Primeiramente, são abordados os princípios para a sustentabilidade, onde é apresentado o contexto ambiental global, destacando os principais fatores que contribuem para o desgaste do meio ambiente que verificamos hoje, e o conceito de sustentabilidade no meio da arquitetura e as premissas para o atingir. Seguidamente, são abordadas estratégias de desenho passivo, como a arquitetura bioclimática e a arquitetura solar passiva, que procuram so-

luções que possam ligar a sustentabilidade, o clima e o conforto humano. Devido ao seu carácter renovável e de baixo impacto ambiental também é estudado as vantagens da construção em madeira e de produtos derivados da mesma, como o CLT, uma vez que será o sistema escolhido para desenvolver o projeto.

O capítulo 2 aborda as questões contemporâneas da sustentabilidade na habitação, onde são sintetizados princípios de desenho arquitetónico que deem resposta aos problemas ambientais dos tempos de hoje. São apresentados três projetos que contêm temáticas inseridas neste tópico, nomeadamente a *House in Regensburg* (1979), de Thomas Herzog, *La Borda* (2014), do grupo Lacol e a *Chalon sur Saône* (2015), de Lacaton & Vassal. Estes trabalhos constituem casos paradigmáticos de éticas projetuais e as razões para a sua escolha foram respetivamente: o desenho passivo como meio natural de garantir conforto e o baixo consumo energético; as estratégias programáticas comunitárias e construção em CLT, como forma de reduzir o impacto ambiental construtivo; e a pré-fabricação e flexibilidade programática, onde o habitante se apropria dos espaços livremente a baixo custo, uma vez que são utilizados materiais pré-industrializados que podem ser desmontáveis.

O capítulo 3, tem como base o estudo teórico e das referências arquitetónicas do capítulo anterior para o projeto que responde às premissas do concurso. Essas condições são o primeiro tema abordado, sendo assim descrito a sua proposta programática e técnica. Seguidamente, é abordado o contexto geográfico do projeto, uma vez que, localizado em Helsínquia, apresenta questões territoriais e climáticas que requerem uma atenção diferente das abordadas em Portugal. Finalmente, é descrita a solução arquitetónica que foi proposta para o concurso, tendo como princípio responder às diversas temáticas levantadas na dissertação.

Finalmente são apresentadas as considerações finais, onde se destacam as questões importantes em cada fase de estudo que contribuíram para um bom entendimento da temática em questão e para o projeto elaborado.

Como metodologia, este trabalho tem uma abordagem do geral para o particular

na leitura e reflexão sobre as matérias em questão. Uma grande parte do estudo, tanto de contexto local, como de estratégias arquitetónicas que se adequem ao tema, são feitas através de bibliografia, mas também através da análise de casos de estudo que sirvam de exemplo para sustentar a proposta de projeto a elaborar para o concurso. Para isso foram selecionados três projetos de referência, cada um com a sua temática a destacar. O estudo destes casos é importante, sendo que são abordados temas de relevância para a temática desta dissertação e são utilizadas estratégias que são aplicadas no projeto para o concurso.

Para além disso, são realizados estudos de energia solar e clima no contexto do caso prático, utilizando diferentes tipos de ferramentas, como a carta psicrométrica, o Ladybug para a simulação tridimensional do número de horas de luz direta a que o edifício residencial está exposto e do percurso do sol e o *One Click LCA* para o cálculo de certificação energética, pedido pelo concurso.

1. A sustentabilidade no projeto de Arquitetura

1.1. Princípios para a sustentabilidade

Nos tempos mais recentes, tem-se vindo a notar sinais preocupantes de alterações ambientais. Os danos no meio ambiente são um assunto que requere a análise dos seus causadores, para que se possa encontrar estratégias com o fim de os mitigar, de modo a que seja possível continuar a ter uma boa qualidade de vida.

Primeiramente, é importante identificar as causas das alterações ambientais que têm decorrido ao longo dos anos, principalmente de ação humana. Segundo Brian Edwards, em *A Rough Guide to Sustainable Architecture*, os atos que maior contribuem para o aquecimento global são a deflorestação, normalmente associada à indústria da construção; a criação de aterros de resíduos, e a emissão de CO_2 e gases de metano associada; e o uso de componentes químicos, que destroem a camada de ozono.[1] A isto, podemos adicionar também outros agentes adversos ao meio ambiente tais como o uso excessivo de recursos, o consumo de água e energia e a poluição, tanto do ar com da água.

O maior processo de desgaste ambiental começou com a Revolução Industrial, quando se iniciou uma queima intensiva de carvão e de combustível fóssil, que como referido em Princípios de edificação sustentável, introduziu na atmosfera uma quantia de dióxido de carbono que é o maior responsável pelas alterações climáticas. Os danos ambientais também foram causados principalmente pelo elevado consumo dos países ricos, e por esse motivo "*quem polui não é necessariamente quem sofre os efeitos das alterações climáticas, quem usufrui de determinados níveis de conforto não é necessariamente quem paga a respetiva «fatura ambiental»*".[2]

A construção, o planeamento urbano e o desenho das cidades são um dos principais fatores ligados ao estado atual do planeta. Brian Edwards refere que "*fifty per cent of all resources consumed across the planet are used in construction, making it one of the least sustainable industries in the world. However, our daily lives are carried out in and on constructions of one sort or another: we live in houses, we travel on roads, we work in*

1 EDWARDS, Brian, *Rough Guide to Sustainability*, RIBA Enterprises, Londres, 2005, p. 7
2 MOURÃO, Joana, PEDRO, João Branco, *Princípios de edificação sustentável*, LNEC, Lisboa, 2012, p.7

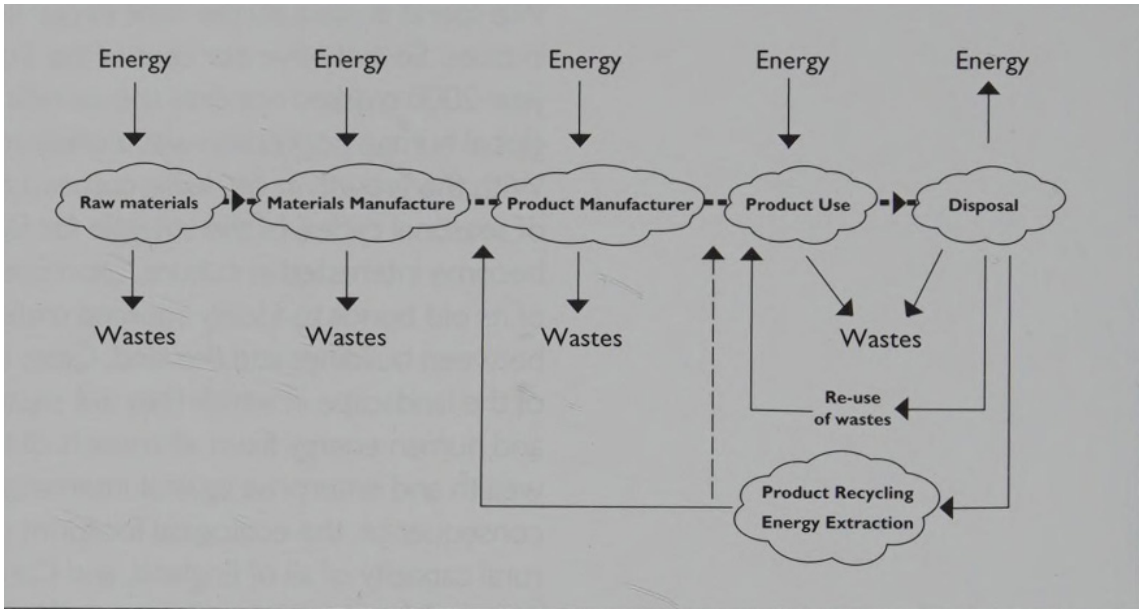


Fig. 1. Ciclo de vida de um produto

offices and we socialize in bars and pubs."[3] Os danos causados pela construção serão primeiro sentidos dentro das cidades, e como o autor afirma, conduzirão a problemas como a subida de temperaturas, problemas de saúde causados pela poluição do ar e da água, e escassez de energia e comida. As cidades acumulam todo este tipo de impactos, uma vez que apresentam uma densidade populacional grande (metade da população mundial reside em áreas urbanas) e a sua pegada ecológica está a aumentar cada vez mais.[4]

Segundo Joana Mourão e João Branco Pedro, entre os impactos ambientais derivados da cidade industrializada destacam-se o uso intensivo do solo – ou seja, o consumo de solo em hectares (agrícola, florestal, pastos, pescas, solo energético, e solo ocupado); a ilha de calor urbano – elevada temperatura provocada por atividades urbanas, o que aumenta as necessidades energéticas para o seu arrefecimento; impacto na qualidade da água – provocado pela elevada permeabilidade do solo que provoca desequilíbrios hidrológicos; impacto na qualidade do ar – uma vez que há um acrescente uso de veículos privados responsáveis pela poluição e impacto aerodinâmico – que consiste nas elevadas temperaturas provocadas pela menor velocidade do vento nas cidades devido a edifícios altos que agem como barreiras.[5]

3 EDWARDS, Brian, *Rough Guide to Sustainability*, RIBA Enterprises, Londres, 2005, p. 3
4 Ibidem, p. 4
5 MOURÃO, Joana, PEDRO, João Branco, *Princípios de edificação sustentável*, LNEC, Lisboa, 2012, p.10

A nível dos efeitos, podemos observar o que já está a acontecer no nosso planeta. Um dos acontecimentos mais preocupantes provenientes das nossas ações é a alteração climática, provocada pelo aumento do efeito de estufa – fenómeno esse que sempre existiu e é essencial para a retenção de temperatura, por gases como o CO_2, no planeta para a nossa sobrevivência, no entanto, recentemente tem vindo a ser elevado uma vez que há uma maior emissão desses gases, provocada principalmente pela queima de combustíveis fósseis. Esta subida de temperatura afeta vários elementos do planeta como os ecossistemas, a biodiversidade e a subida das águas do mar. Para além disso, a industrialização e o rápido crescimento urbano e demográfico traz consigo uma grande pegada ecológica, o que leva assim ao esgotamento de recursos – dentro disto pode-se considerar recursos alimentares e energéticos, materiais ligados à indústria e água potável. A poluição também conduz a efeitos ligados à qualidade do ar, onde vivemos, e à contaminação da água.

A alteração climática traz consigo uma subida de temperaturas cada vez mais assustadora, uma vez que já não é possível evitar este efeito, apenas reduzi-lo. Segundo o IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas), 2018, a temperatura aumentou 1ºC devido à ação humana e aumentará mais 1.5ºC entre 2030 e 2052, sendo que poderá atingir 2ºC, caso decisões não sejam tomadas. Este aumento poderá ser crítico para certas áreas, que de momento já se encontram em perigo.[6] Esta subida de temperaturas leva a catástrofes naturais devastadoras para certas populações tais como o degelo dos polos, inundações, desertificações, deslizes de terra, ciclones, entre outros.[7]

A cerca do uso excessivo de recursos, a WWF (*World Wide Fund for Nature*), em 2010, estimou que a pegada ecológica de 2007 no planeta teria sido o dobro da de 1966, e segundo esta lógica, precisaremos de dois planetas Terra em 2030 para manter o nosso estilo de vida. As Nações Unidas, em 2016, também realizaram uma previsão da pegada ecológica de 2050, que seria de três planetas Terra.[8]

6 CESCHIN, Fabrizio, GAZIULUSOY, Idil, Design for Sustainability: A Multi-level Framework from Products to Socio-technical Systems, Routledge, Oxon, 2020, p. 5

7 DOMINIQUE, Gauzin-Müller, Arquitectura ecológica, GG, Barcelona, 2002, p. 12

8 Ibidem, p. 6

O conceito de sustentabilidade é a capacidade de criar estratégias que cumpram as necessidades do presente sem que afete as gerações do futuro, sendo que isto pode se contextualizar em áreas económicas, sociais, ambientais e culturais.[9]

Ao longo dos últimos anos a sustentabilidade é um assunto que tem vindo a ser cada vez mais falado, e, ao mesmo tempo, a ser abordado em congressos mundiais. Podemos verificar que é tema de preocupação em diferentes áreas, como é o caso da economia e sociologia. Exemplo disso é o descrito por Fabrizio Ceschin em relação aos produtos sustentáveis. No início dos anos 90, observámos o redesenho de produtos de forma a reduzir o seu impacto individual e aumentar a sua eficiência económica. Depois na segunda metade dos anos 90, focou-se no ciclo de vida integral dos produtos. O resultado disto foi a criação de um mercado associado a produtos sustentáveis, em vez de substituir os produtos originais de forte impacto. Como forma de impedir que este processo continuasse, nos anos 2000 iniciou-se uma estratégia de produtos emocionalmente duradouros, tirando partido da sensibilidade do consumidor ao tema do impacto ambiental do produto.[10]

Como referido anteriormente, a Arquitetura é um dos setores que consome mais recursos globalmente, e é nos edifícios que passamos a maior parte das nossas vidas, não sendo assim desejável diminuir a sua construção. Por este motivo, o trabalho do arquiteto tem grandes consequências no estado ambiental do planeta, e requere a consciência dos danos provocados e de um pensamento que visa diminuí-los. O projeto deve cumprir assim vários objetivos para que seja dito sustentável. Segundo Brian Edwards, o mesmo deve ter em conta o aquecimento global, sendo que para isso usa meios como a conservação de energia, para controlar o seu custo. Para além disso, o projeto também tem de ter em conta as necessidades sociais, para criar espaços salubres e economicamente viáveis.[11] Por outro lado, em *A sustentabilidade como princípio ético*, refere-se que o papel da Ar-

9 https://www.dicio.com.br/sustentabilidade/

10 CESCHIN, Fabrizio, GAZIULUSOY, Idil, *Design for Sustainability: A Multi-level Framework from Products to Socio-technical Systems*, Routledge, Oxon, 2020, p. 8

11 EDWARDS, Brian, *Rough Guide to Sustainability*, RIBA Enterprises, Londres, 2005, p. 3

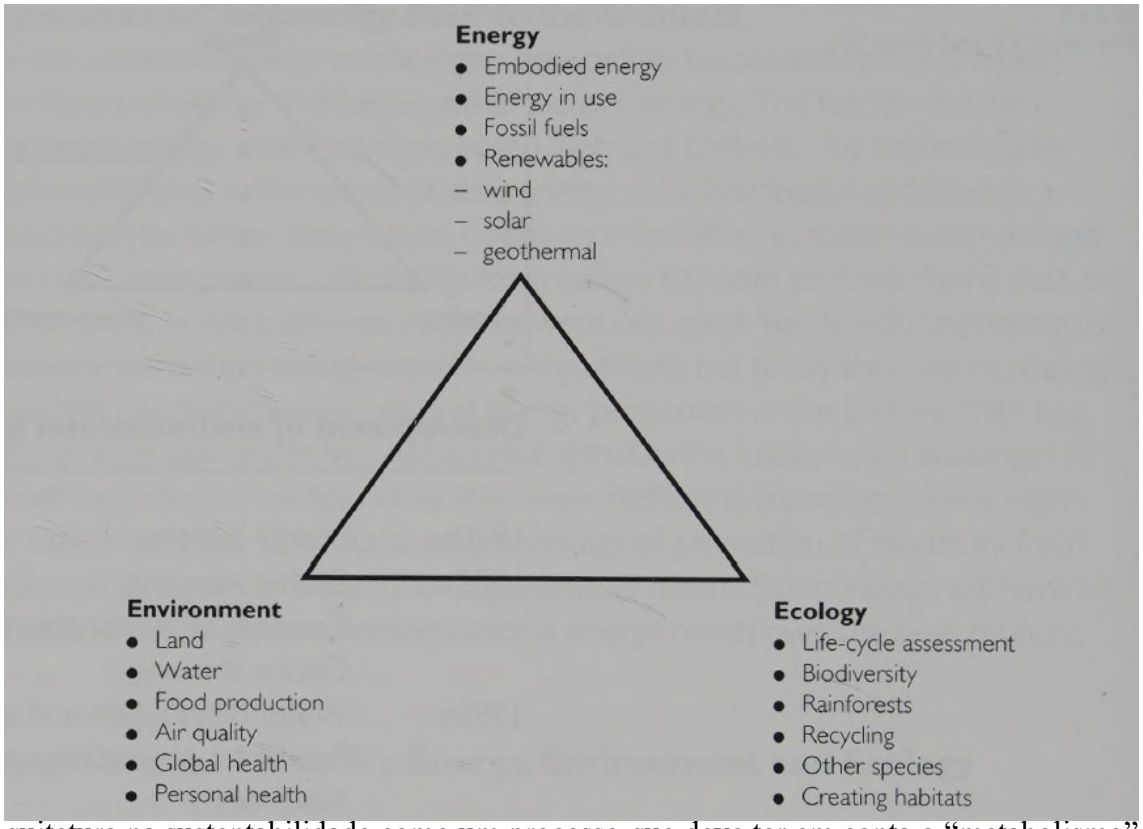


Fig. 2. Três perspetivas no projeto sustentável

quitetura na sustentabilidade como um processo que deve ter em conta o "metabolismo" das cidades, e que parte do arquiteto mas também de outras áreas, uma vez que, ao ser um trabalho multidisciplinar (co-design), é possível incluir novas soluções que conjuguem diferentes tipos de valores como ambientais, sociais, culturais e económicos. Para além disso, é importante considerar a circularidade dos recursos e ter conhecimento de que os processos se interligam, tornando o fim de vida de um material o início de outro, e de que nem sempre temos controle sobre estes processos.[12]

No *Earth Summit* das Nações Unidas ocorrido no ano de 1992, no Rio de Janeiro, introduziu-se uma abordagem a partir de três pontos – conhecida como os três E's: *Energy*, *Ecology* e *Environment* – ligados às preocupações ambientais. O objetivo do *Earth Summit* era proteger os habitats em perigo, espécies, heranças genéticas de todos os seres vivos a partir de ações humanas que foram repartidas pelos três pontos mencionados. Dentro da *Energy*, as ações são: usar fontes de energia renováveis em vez de

12 CALIX, Teresa, *Uma visão da Arquitectura a partir de três obstáculos* in RODRIGUES, Sara, JORGE, Renato, GARCIA, João, *A sustentabilidade como princípio ético. A visão de diferentes perspetivas*, U. Porto Press, Porto, 2022, p. 62

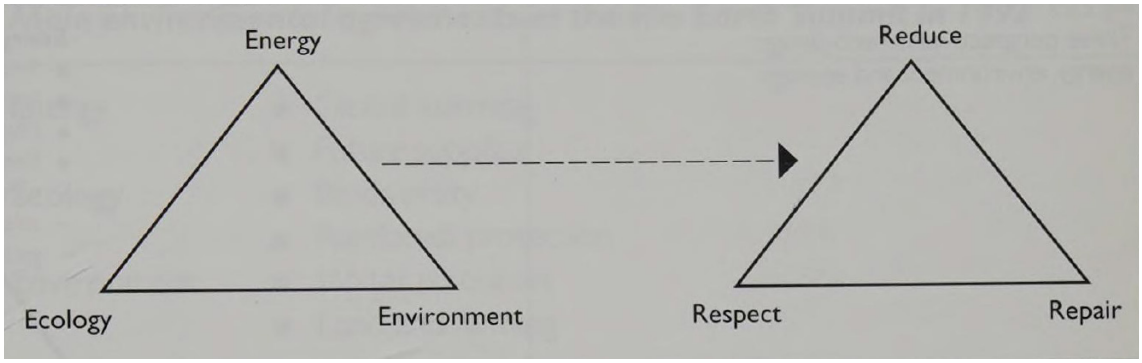


Fig. 3. Os três E's e os três R's

combustíveis fósseis, aplicar projetos de baixo consumo energético, ver o edifício como um gerador de energia, considerar todos os usos energéticos, usar meios de recuperação de calor, usar a orientação como meio para diminuir o gasto energético, considerar energia incorporada e energia em uso. Em relação ao *Environment*, as ações são considerar o impacto ambiental com uma visão aberta, considerar a conservação de recursos (solo, água, materiais), evitar poluição através do projeto, projetar para a durabilidade, flexibilidade e reciclagem e projetar para a saúde, o conforto e a segurança. Quanto à *Ecology*, o proposto é considerar o efeito da escolha dos materiais na biodiversidade, conectar sistemas de projeto a sistemas ecológicos, ver o desenvolvimento como um ciclo com reciclagem de desperdícios, maximizar diversidade a partir do mínimo de recursos, usar o desenvolvimento para estender ou criar habitats, usar plantações para abrigo e eficiência energética.[13]

A partir de agora os arquitetos deveriam estar informados sobre estes assuntos para o seu papel profissional, e foi-se desenvolvendo uma visão mais alargada em relação à sustentabilidade dos edifícios, sendo que agora seria avaliada a sua pegada ecológica. Neste sentido, foi introduzido então o LCA (*Life Cycle Assessment*), técnica que usa os princípios ecológicos para avaliar o desempenho dos edifícios desde o seu início de vida até ao fim, incluindo assim a sua construção, uso e demolição. As vantagens desta ferramenta são permitir que os impactos ambientais, ecológicos e energéticos sejam analisados e colocados no contexto dos benefícios sociais e económicos; oferecer uma visão em que o tempo está em questão, sendo possível compreender os ciclos de impactos e

13 EDWARDS, Brian, *Rough Guide to Sustainability*, RIBA Enterprises, Londres, 2005, p. 90

reciclagem desde o início ao fim de vida; e conectar os serviços de projeto, manufatura, construção e manutenção. Por outro lado, a principal desvantagem é que o LCA analisa o processo de cada elemento de construção e o seu impacto ecológico ao longo do tempo, sem ter em conta fatores mais complexos como os materiais de união ou pinturas.[14]

Para além das Nações Unidas, outras organizações intergovernamentais realizaram políticas de ações que mitiguem os danos causados pelas alterações climáticas. Exemplo disso, foi o *Green Paper* realizado pela Comissão Europeia, em 1990, com o objetivo de abordar o problema da deterioração urbana causa pela poluição que tem levado a riscos de saúde, segurança e alterações climáticas. O *Green Paper* lista assim ações e políticas para as cidades europeias como é o caso de planeamento urbano, de proteção e criação de espaços naturais, de gestão da água, consumo de energia, desperdícios urbanos, transporte e património histórico.[15]

Apesar de existirem princípios de sustentabilidade, de acordo com várias políticas de desenvolvimento sustentável, não podemos limitar a arquitetura sustentável a regras gerais, uma vez que esta deve dar resposta ao nível de conforto do utilizador, tendo em conta o clima e o uso de energia, e às condições de habitabilidade em um determinado território, ao mesmo tempo que reduz o seu impacto ambiental. Dentro da arquitetura sustentável, segundo Joana Mourão e João B. Pedro, em Princípios de edificação sustentável, pode-se aplicar diversos tipos de abordagens que utilizam ferramentas diferentes para alcançar o mesmo objetivo. As três abordagens diferentes referidas por esta fonte são a arquitetura ecológica, que aborda os recursos naturais e humanos como um todo; a arquitetura bioclimática, que trata a energia e o conforto; e, a arquitetura solar passiva, que utiliza a energia solar como fonte de energia e calor, de forma a garantir conforto e um reduzido impacto ambiental e económico.[16]

14 Ibidem, p. 113

15 Idem, *Sustainable Architecture: European directives & building design*, Architectural Press, Oxford, 1999, p. 11

16 MOURÃO, Joana, PEDRO, João Branco, *Princípios de edificação sustentável*, LNEC, Lisboa, 2012, p.15

1.2. Estratégias de desenho passivo

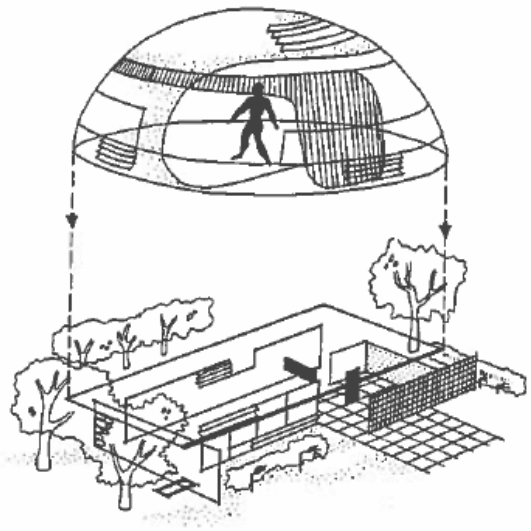


Fig. 4. Representação teórica da habitação equilibrada

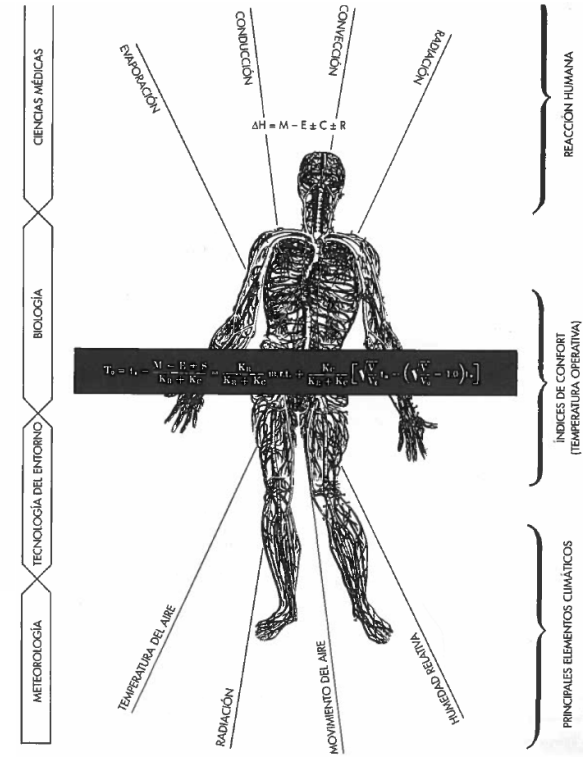


Fig. 5. Relação entre o corpo humano e o clima

Como reação aos problemas ambientais que têm surgido nos últimos anos, foram surgindo métodos projetuais que procuram cumprir os princípios de sustentabilidade, atendendo às condições do clima e ao conforto do habitante. Deste modo, é importante explicar a arquitetura bioclimática e a arquitetura solar passiva, exemplos de estratégias de desenho que resultam da necessidade de reduzir o impacto ambiental e o consumo energético, garantindo o bem-estar do habitante.

A arquitetura bioclimática é, como o seu nome indica, a relação entre a arquitetura, o clima e os seres vivos. Para que estes três contextos tenham, em simultâneo, algo a ganhar, a arquitetura bioclimática baseia-se em essenciais princípios que são o uso de materiais com critérios de sustentabilidade, a tomada de decisões que não coloquem em risco gerações futuras e a gestão energética ótima dos edifícios.[17]

Deste modo, a sua efetividade baseia-se tanto em características de projeto como de lugar. No primeiro caso, o projeto bioclimático tem como fundamento dar resposta às condições do clima através do seu desenho, usando meios como a sua forma, implanta-

17 GONZÁLEZ, F. Javier, *Arquitectura Bioclimática: en un entorno sostenible*, Munilla-Lería, Madrid, 2004, p.11

ção, orientação, posição dos espaços e captação de energia. Tudo isto varia dependendo do lugar no globo em questão, na medida em que cada local apresenta um clima, ventos, qualidade do solo, topografia, radiação solar e vistas distintas.[18]

Para entendermos como podemos dar resposta ao clima, temos de identificar o que o compõe. O clima é assim uma combinação de elementos, que parte da radiação solar como um fator que influencia vários outros. Os raios solares, ao entrarem em contacto com a superfície da Terra, aquecem-na, sendo que a temperatura também é um dos elementos do clima a ter em conta, e se entrarem em contacto com a superfície da água causam evaporação que leva a fenómenos como a humidade e a criação de nuvens. A temperatura elevada também produz movimentos desiguais de massas de ar, ou seja, o vento. A arquitetura bioclimática tem, assim, em vista responder a todos estes fatores, de forma única às condições de cada lugar, que podem ser distinguidos pelas seguintes características: latitude, continentalidade, orografia, temperatura da superfície do mar, altitude sobre o nível do mar, natureza da superfície da terra, propriedades físicas da atmosfera e fenómenos meteorológicos.[19]

Para além do objetivo da sustentabilidade, também é importante ver a arquitetura bioclimática como meio de atingir conforto e de responder às necessidades do corpo humano. Como mencionado em *Arquitectura y Clima* (2002), os fatores climáticos estão diretamente ligados com o corpo humano, na medida em que provocam reações no mesmo, através da temperatura, radiação solar, humidade e movimento do ar. O mecanismo biológico do ser humano atua de forma a manter uma temperatura corporal média de entre 36ºC e 37ºC. É o papel do arquiteto criar um ambiente agradável, de forma a não produzir tensões negativas ao sistema de compensação térmica do corpo humano.[20]

Dentro da arquitetura bioclimática, dá-se o nome de arquitetura solar passiva

18 GAUZIN-MULLER, Dominique, *Arquitectura ecológica: 29 ejemplos europeos*, GG, Barcelona, 2002, p. 92

19 GONZÁLEZ, F. Javier, *Arquitectura Bioclimática: en un entorno sostenible*, Munilla-Lería, Madrid, 2004, p.13

20 OLGYAY, Victor, *Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*, Gustavo Gili, Barcelona, 2002, p. 17

àquela que utiliza a energia solar como meio de otimizar a relação com o clima local, tendo como benefícios: a autonomia do edifício, a redução de combustíveis fósseis e a minimização da degradação ambiental, tendo, dessa maneira, características em comum com a arquitetura sustentável.[21]

No entanto, é importante diferenciar o carácter "passivo" deste tipo de arquitetura dos opostos sistemas de captação de energia solar "ativos". Um sistema solar passivo é aquele em que a energia térmica é captada e transmitida de forma natural,[22] ou seja, é a própria configuração arquitetónica que recorre a um conjunto de estratégias com o objetivo de armazenar e distribuir o calor do sol. Isto distingue-se do uso de meios mecânicos artificiais, tal como painéis solares e bombas de circulação de fluídos, para essa distribuição de calor. Como referido em *Sun Wind & Light* (2014), enquanto que um sistema mecânico molda o clima para se adaptar ao edifício, na arquitetura solar passiva é o edifício que se adapta ao clima.[23]

O uso deste tipo de estratégia no projeto elaborado em conjunto com a presente dissertação justifica-se pelas características do local proposto pelo concurso. Devido às suas condições climáticas rigorosas, principalmente pelas baixas temperaturas e o reduzido número de horas solares durante o inverno, a existência de qualquer tipo de meio de aquecimento é essencial, e consequentemente a sua renovação de ar. Sendo que a sustentabilidade é o tema a destacar neste trabalho e nas premissas do concurso proposto, a utilização de meios passivos para o controlo de conforto no interior do edifício habitacional é importante de maneira a que este seja completamente realizado através da sua forma e construção e através de energias renováveis (como a energia solar), reduzindo os impactos ao longo do seu período de vida provenientes do consumo energético.

As características arquitetónicas que contribuem para o uso eficaz de energia solar dividem-se em fatores exteriores ao edifício e fatores constituintes do edifício.

21 MOURÃO, Joana, PEDRO, João Branco, *Princípios de edificação sustentável*, LNEC, Lisboa, 2012, p. 16
22 MOITA, Francisco, *Energia Solar Passiva*, Imprensa Nacional – Casa da Moeda, 1987, p. 35
23 DEKAY, Mark, BROWN, G. Z., *Sun Wind & Light: architectural design strategies*, John Wiley & Sons, Hoboken, 2014, p. 166

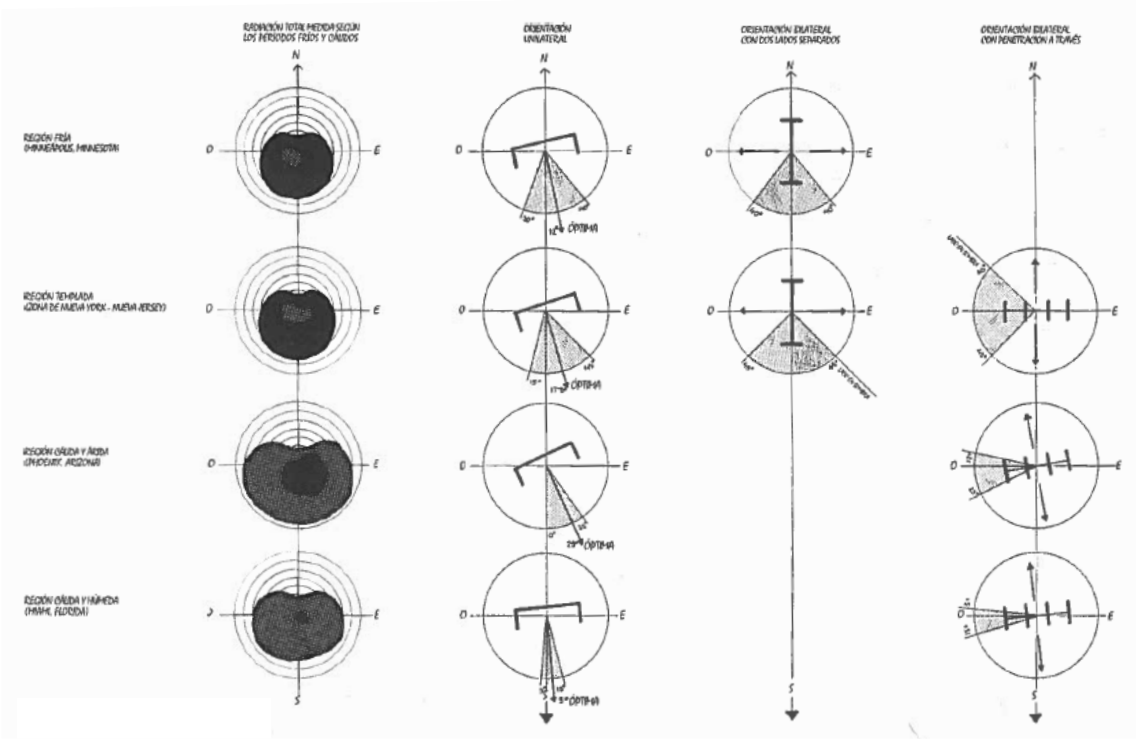


Fig. 6. Gráfico de orientação regional

Dentro dos fatores exteriores ao edifício, podemos identificar a forma, a orientação e a localização. Em relação à forma, deve ser compacta e com pouca superfície exterior, de forma a minimizar as perdas térmicas, e a face orientada a Sul deve ser maior que as restantes.[24] A forma ótima é aquele que segue o eixo Este-Oeste e uma proporção ideal, que num clima frio corresponde a 1:1,1 e num clima quente a 1:1,4. No entanto, o critério da flexibilidade da forma é importante para se poder aproveitar o máximo de ensolaração possível.[25] Geralmente, caso as condições atmosféricas sejam favoráveis, a forma do edifício deve-se comunicar com a Natureza fluidamente. Caso o oposto aconteça, é importante manter o equilíbrio no interior, encerrando sensivelmente as suas superfícies.[26]

Quanto à orientação, a organização das divisões deve ser pensada por zonas que precisam de mais aquecimento e pelas zonas que menos precisam, sendo que as funções orientadas a Sul devem ter uma grande exposição ao sol, o que é obtido através do desenho dos vãos[27]. Uma orientação a Sul é a que oferece melhores condições de habitabi-

24 MOITA, Francisco, *Energia Solar Passiva*, Imprensa Nacional – Casa da Moeda, 1987, p. 41

25 OLGYAY, Victor, *Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*, Gustavo Gili, Barcelona, 2002, p. 88

26 Ibidem, p. 92

27 DEKAY, Mark, BROWN, G. Z., *Sun Wind & Light: architectural design strategies*, John Wiley & Sons,



Fig. 7. Reserva de calor

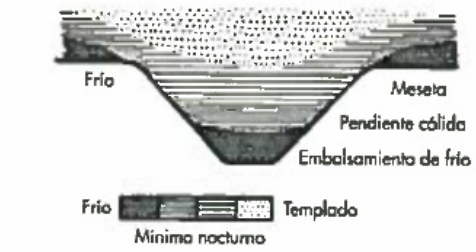


Fig. 8. Zona de declive de temperatura temperada

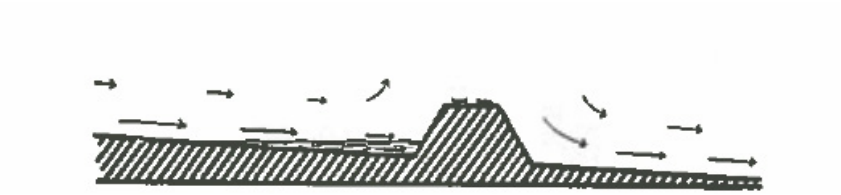


Fig. 9. Movimento de ar frio

lidade, oferecendo calor no inverno e frio no verão. Uma edificação orientada a Sudeste ou Sudoeste também é aceitável, uma vez que apresenta a vantagem ter uma ensolaração regular, no entanto, em relação ao caso anterior, o seu interior é mais frio no inverno e mais quente no verão.[28]

Em relação à localização, diversos fatores afetam a captação ou perda de energia térmica de um edifício como a topografia, na medida que certas pendentes recebem mais insolação ou vento; a vegetação, que provoca sombra, ou a água, uma vez que a humidade afeta a temperatura.[29] O principal foco em zonas frias é implantar o edifício numa zona protegida dos ventos, e exposta ao sol de inverno, de forma a ser possível ter melhores condições de vida. Por outro lado, em zonas quentes, o principal objetivo é combater o calor, podendo-se usar como meios a sombra e o vento para atingir temperaturas confortáveis – um exemplo de uma implantação agradável para este tipo de condições é o topo duma colina, sendo essa exposta a correntes de ar, mas de maneira a evitar as faces Este e Oeste da mesma, uma vez que a radiação solar atinge mais obliquamente nas faces Norte e Sul.[30] A topografia é um fator importante, na medida em que, na atmosfera, a tempera-

Hoboken, 2014, p. 166

28 OLGYAY, Victor, *Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*, Gustavo Gili, Barcelona, 2002, p. 54

29 MOITA, Francisco, *Energia Solar Passiva*, Imprensa Nacional – Casa da Moeda, 1987, p. 38

30 OLGYAY, Victor, *Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*, Gustavo Gili, Barcelona, 2002, p. 52

tura diminui com a altura. Dentro desse assunto, podemos observar os macroclimas e os microclimas – sendo que os macroclimas podem ser representados por montanhas, onde a temperatura diminui 0,56ºC ao subir, em média, 100m; e os microclimas são as pequenas diferenças no terreno, onde o ar frio pesa mais do que o ar quente e comporta-se como água, na medida em que circula os pontos mais baixos junto ao solo, principalmente durante a noite.[31]

Por outro lado, os fatores constituintes do edifício que podem afetar a minimização de perdas térmicas são diversos, como a fenestração, os materiais, o sombreamento e a ventilação. Existem várias formas de realizar o controlo solar de um edifício, o que contribui para o valor plástico e arquitetónico do mesmo. O mesmo pode ser realizado ou pela sua estrutura ou por elementos externos à mesma, como exemplificado em *Arquitectura y Clima* (2002) por paredes-cortina, *brise-soleil* horizontal ou vertical, proteção modular fixa ou móvel, e lâminas verticais móveis.

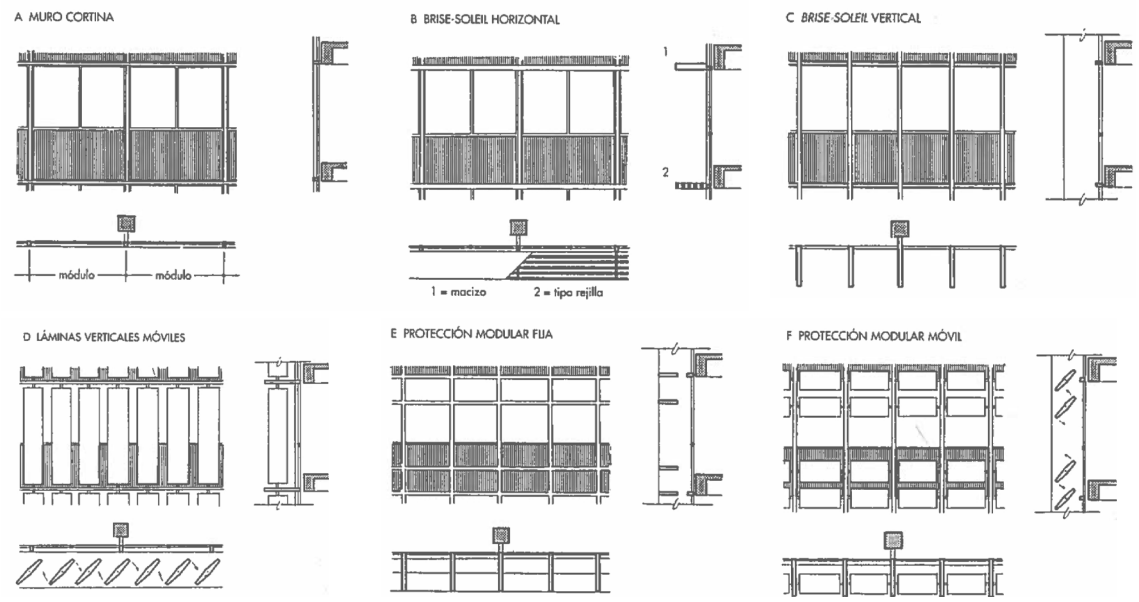


Fig. 10. Tipos de proteção solar

31 Ibidem, p. 44

Em relação à ventilação, as forças que proporcionam a renovação de ar num edifício podem-se agrupar em movimentos de ar por diferenças de pressão e renovação de ar por diferenças de temperatura. A ação do vento produz o movimento de ar que circunda um edifício criando zonas de baixa pressão nos lados adjacentes à fachada mais exposta – as diferenças de pressão de ar nos lados mais e menos expostos contribuem, assim, para o movimento de ar no interior de uma edificação. Através da arquitetura é possível provocar essa ventilação através de vários fatores, como uma orientação perpendicular à zona de vento; criação de zonas de baixa e alta pressão de ar, associando pequenas entradas e saídas do mesmo; dirigir o fluxo às zonas de atividade, através da distribuição em planta e não colocar elementos que obstruam esse fluxo.

Finalmente a escolha dos materiais, deve ser realizada tendo em conta o tipo de clima. Em locais de clima quente, é importante que os materiais apresentem características de reflexão e emissão, para uma defesa eficaz contra os impactos da radiação solar. Num clima frio, as principais características a ter em conta na escolha dos materiais deve ser inércia térmica, transmissão de calor e capacidade isolante.[32]

Nos sistemas solares passivos, geralmente existe alguma das seguintes abordagens: ganho direto, ganho indireto ou estufa. No primeiro referido, os espaços de estar são aquecidos pelo sol que passa pelos vãos e são estes espaços que têm a função de absorver, armazenar e distribuir o calor no edifício.[33] O conceito de ganho indireto significa que a luz solar é absorvida por massa térmica localizada entre o sol e o interior do edifício, dessa forma, sendo transferida para o espaço interior, o que normalmente é realizado através de paredes térmicas que podem ser alvenaria ou tanques de água.[34] No caso das estufas, as mesmas podem ser anexas ao edifício e da energia absorvida por esses espaços, uma porção é transferida para o espaço interior.[35]

32 Ibidem, p. 113
33 MAZRIA, Edward, *The Passive Solar Energy Book*, Rodale Press, Inc., Emmaus, 1979, p. 29
34 Ibidem, p. 43
35 Ibidem, p. 52

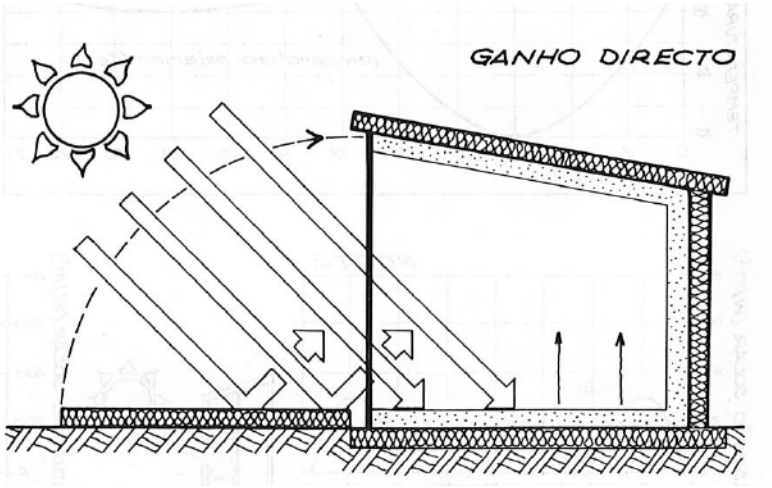


Fig. 11. Representação de um sistema de ganho solar direto

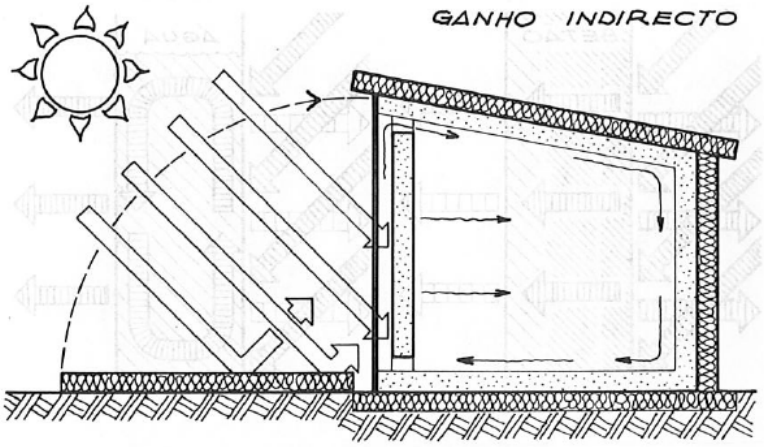


Fig. 12. Representação de um sistema de ganho solar indireto

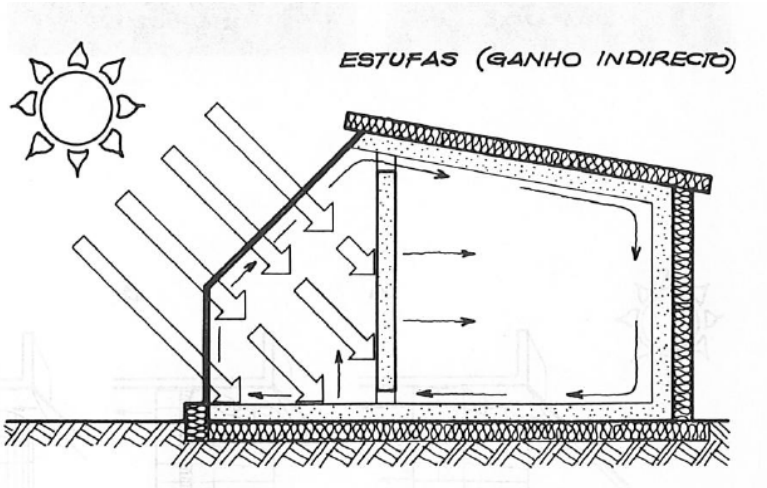


Fig. 13. Representação de um sistema de ganho solar de uma estufa

1.3. Contributos da construção em madeira para uma visão ecológica da arquitetura

O estudo da construção em madeira deve-se ao seu carácter ecológico, uma vez que é renovável e de baixo impacto ambiental, tal como o CLT, seu derivado, que apresenta a vantagem de ser estrutural e de ser vendido e distribuído em painéis pré-fabricados de fácil transporte, eliminando o consumo energético durante a fase de obra de uma construção. Por estes motivos, o CLT foi o material escolhido para o projeto do edifício habitacional para o concurso organizado pela Saint-Gobain.

Cerca de 30% da superfície de terra do planeta, ou seja, 4 bilhões de hectares, segundo Gerd Wegner, em *Manual of Multi-storey timber construction*, é coberta por floresta. No entanto, esta área tem vindo a diminuir nas últimas décadas devido a práticas como queimadas, conversão em terreno agrícola e exploração de madeira ilegal.[36]

A madeira é um material inteligente na medida que é um recurso renovável, caso o uso do solo de onde provém seja bem gerenciado, sendo que, para isso, a extração de madeira deve ser menor que o seu crescimento. A plantação de árvores é um bom modelo de uso de solo porque intensifica a relação entre a sustentabilidade, economia e aspetos sociais, uma vez que contribui para a proteção climática e da biodiversidade, ao mesmo tempo que pode ser utilizada para a construção e outras indústrias. O uso deste material é vantajoso para o meio ambiente porque evita o consumo de materiais de origem fóssil. Para além disso, as árvores utilizam energia solar, um recurso renovável, e absorvem dióxido de carbono, contribuindo para a redução dos gases existentes na atmosfera que provocam o efeito de estufa. A madeira usada na construção também pode ser reciclada em produtos compostos por pedaços ou fibras de madeira.[37]

Com o surgimento da industrialização, foram produzidos em massa produtos de madeira maciça e derivados de madeira. Nos produtos de madeira maciça, há vários processos que melhoram as suas características para o uso na construção. Alguns desses procedimentos são a secagem da madeira, prevenindo o seu encolhimento e o surgimento

36 WEGNER, Gerd, *Wood as a resource* in KAUFMANN, Hermann, KROTSCH, Stefan, WINTER, Stevan, *Manual of Multi-storey timber construction*, Detail Business Information GmbH, Munique, 2018, p.15

37 HERZOG, Thomas, *Timber Construction manual*, Birkhäuser, Basel, 2004, p. 47

de fungos; a colagem de peças individuais e o uso de juntas como finger-joint, que aumentam a sua resistência a carga. Os produtos derivados da madeira caracterizam-se pela junção da madeira através de vários processos, seja a húmido ou a seco, normalmente recorrendo ao uso de colas. Neste tipo de produto, a madeira pode ser utilizada em forma de placas, tábuas, folhas, pedaços ou fibras.[38]

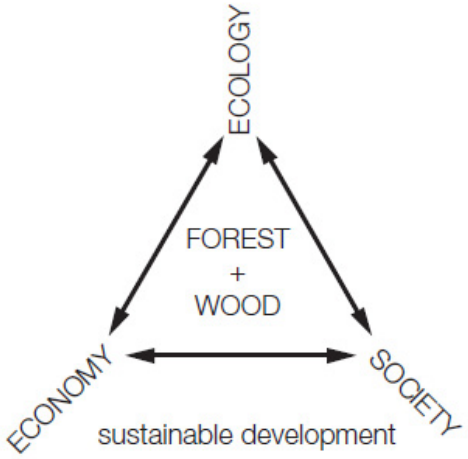


Fig. 14. A contribuição da madeira e das florestas no desenvolvimento sustentável

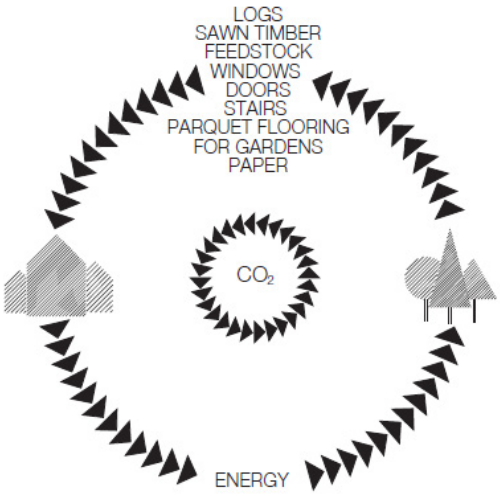


Fig. 15. Ciclo de vida da madeira e do dióxido de carbono

38 KAUFMANN, Hermann, KROTSCH, Stefan, WINTER, Stevan, *Manual of Multi-storey timber construction*, Detail Business Information GmbH, Munique, 2018, p.18

Cross Laminated Timber (CLT) é o nome dado a várias placas de madeira coladas entre si num ângulo de 90º. O CLT é um produto versátil e tem vários usos, no entanto, normalmente é utilizado como elemento estrutural em edifícios de múltiplos pisos. Por ser um produto pré-fabricado e produzido em massa, tem a vantagem de ter uma montagem rápida e simples, da mesma forma que pode ser desmontado no seu fim de vida. O seu carácter de produto industrializado não impede simples ajustes e alterações manuais no local da obra. Para além disso, também é versátil pela sua possibilidade de, através de ferramentas digitais, ser produzido em qualquer forma e tamanho (que pode atingir os 30m), apesar de existirem dimensões industriais standard. A geometria do painel pode variar e as propriedades da madeira permitem curvá-lo. Em comparação aos diversos materiais de construção tradicionais, o CLT tem uma maior capacidade de resistência em relação ao seu próprio peso, tendo assim a vantagem de ser um material estrutural leve.[39]

Este produto é ecológico porque apresenta uma produção que apresenta energia incorporada, na medida que os próprios desperdícios de madeira podem ser utilizados como combustível para fabricação de painéis. Devido à capacidade de absorção de carbono da madeira, o CLT contém compostos de carbono durante todo o seu ciclo de vida, contribuindo assim para a redução de gases que provocam o efeito de estufa na atmosfera.

Geralmente, os painéis de CLT são compostos por placas perpendiculares com espessura entre 20 e 60mm. A madeira normalmente utilizada é de pinho ou abeto, mas cada marca pode optar por diferentes espécies. O processo de manufatura normalmente abrange o corte das tábuas e a sua secagem, mantendo uma percentagem de entre 8 e 15% de humidade. As tábuas são selecionadas com base na existência de imperfeições, prevenindo quebras, sendo também avaliada a sua capacidade de resistência. Depois de selecionadas, as tábuas são unidas por uma articulação finger-joint e aplanadas, sendo coladas em placas e colocadas sob pressão, através de uma prensa hidráulica. Após a cola solidificar-se, os painéis são cortados nas dimensões definidas pela respetiva marca.[40]

39 GUSTAFSSON, Anders, *The CLT Handbook*, Föreningen Sveriges Skogsindustrier, Estocolmo, 2019, p. 11
40 Ibidem, p. 17

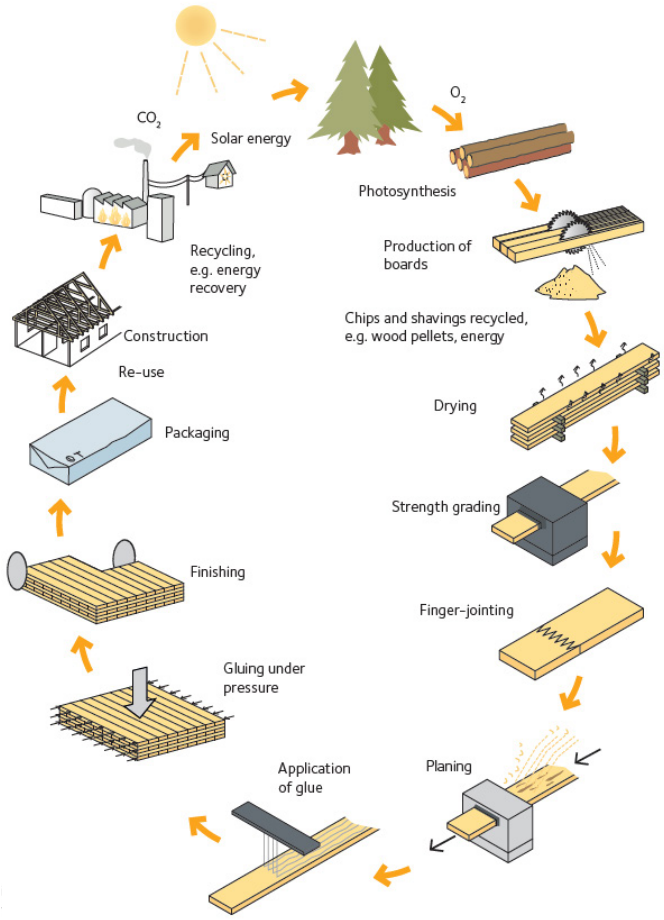


Fig. 16. Ciclo de vida do CLT



Fig. 17. Exemplo de construção em CLT

2. Questões contemporâneas de sustentabilidade na habitação

O modo de desenhar habitação para o futuro deve dar resposta aos problemas ambientais, que cada vez mais se agravam, e à melhor qualidade de vida do seu habitante. Para isso, como referido em *Sustentabilidade ambiental da habitação* (2010), do LNEC, o projeto arquitetónico deve assegurar cumprir os objetivos de reduzir os impactos ambientais, garantir a autonomia do edifício, proteger a qualidade do meio ambiente e dar resposta às necessidades sociais.[41]

De modo a diminuir as emissões carbónicas, a seleção dos materiais é uma fase importante no processo do projeto. No momento dessa escolha devem ser avaliados fatores como o ciclo de vida dos materiais, sendo isso possível através do LCA e privilegiando elementos de baixo impacto durante as suas diversas fases de vida – matéria prima, produção, uso e fim de vida - e dando prioridade a materiais recicláveis e reutilizáveis. Outro fator importante é o seu desempenho construtivo, em termos de durabilidade, resistência, conforto, estética e capacidade de desmontagem.

Para que um edifício habitacional utilize o mínimo de recursos naturais, é impor-

41 S.N., Sustentabilidade Ambiental da Habitação, LNEC, Lisboa, 2010, p. 61

tante garantir a sua autonomia, por exemplo, a nível energético e hidrológico. De maneira a que o consumo energético seja reduzido, é importante garantir o controlo microclimático no interior do edifício, de modo a que a temperatura seja ideal para o conforto do morador. Isso é possível a partir da priorização de estratégias de aquecimento e arrefecimento passivas e do aproveitamento de fontes de energia renováveis.

Os recursos naturais e o solo são recursos limitados e por isso é importante proteger o meio ambiente, sendo assim necessário saber utilizá-lo, diminuindo as dimensões do território construído e conservar o território natural. Por esse motivo, deve-se priorizar solo menos suscetível ao risco de perdas, ou seja, evitar zonas com perigo de cheias e zonas costeiras, onde a habitação está mais exposta ao processo de erosão, desta forma auxiliando a longevidade do edifício. Para além disso, é importante fazer uso da malha urbana já existente, evitando as demolições e optando pela reabilitação. [42]

De forma a que uma habitação seja sustentável é necessário cumprir os princípios básicos de habitabilidade, sendo que o Homem é o seu principal usufruidor, e ter um papel útil para as necessidades sociais. Sendo assim, é necessário atender às bases do funcionamento humano como a salubridade, a segurança o conforto e a economia. Deste modo, é essencial destacar o carácter físico e psicológico humano. Para o aspeto físico, é importante garantir elementos básicos como o acesso a energia e água, aquecimento e ventilação, e da mesma forma, dar atenção à boa saúde mental do habitante, que parte da adequação aos seus modos de vida e da disponibilidade de espaços para o seu lazer. De maneira a responder às melhores condições de habitabilidade é importante articular temas como a função, a espaciosidade, a capacidade e a acessibilidade, para uma melhor qualidade de vida, com a economia. Quanto menor for o custo da construção da habitação, maior é a margem para a oferta de outros elementos que melhorem a qualidade de vida, por exemplo, através do uso de elementos pré-industrializados sustentáveis que geralmente são menos caros. Outro aspeto importante para a oferta de uma melhor satisfação

42 Ibidem, p. 62

por parte do morador é a sua apropriação e participação. Dois fatores que incentivam o mesmo são a otimização da construção e a flexibilidade no seu uso. A otimização da construção parte da responsabilidade do arquiteto de realizar o melhor possível com o menor impacto ambiental, recorrendo ao disponível num território específico e respondendo aos desafios económicos. A flexibilidade provem do desenho dos espaços de modo a que o habitante tenha a maior liberdade de utilizá-lo de acordo com os seus modos de vida.[43]

Neste capítulo, são apresentados três casos de estudo cuja sua escolha deve-se ao facto de abordarem algumas questões contemporâneas de sustentabilidade importantes na habitação. A primeira, *House in Regensburg* (1979), de Thomas Herzog, aborda a criação de um microclima no espaço da habitação através de estratégias de aquecimento e ventilação passivas, especificamente através da estufa criada pela lâmina de vidro diagonal e através do levantamento do chão e de aberturas transversais que permitem a ventilação natural. A *La Borda* (2014), do grupo Lacol, apresenta a seleção de um material construtivo estrutural com mínimas emissões de carbono durante todo o seu ciclo de vida, o CLT, e a organização programática comunitária, que permite um reduzido consumo energético uma vez que vários dos espaços são utilizados pelos residentes dos diversos apartamentos. Por fim, a *Chalon sur Saône* (2015), dos arquitetos Lacaton & Vassal, é um exemplo de não só de flexibilidade programática, onde os habitantes têm a liberdade de se apropriaram dos espaços, mas também de construção de baixo custo através de elementos pré-industrializados para que seja mais acessível e que também apresente consumos de energia e água mínimos durante a sua obra e possa ser desmontada no seu fim de vida. A análise destas obras foi importante para o projeto realizado na medida que alguns dos métodos projetuais foram implementados no seu desenho, como é o caso da construção em CLT, da utilização da estufa como meio passivo de aquecimento, da pré-fabricação e da flexibilidade programática para o melhor aproveitamento por parte do habitante.

43 Ibidem, p. 85

2.1. House in Regensburg, Thomas Herzog, Alemanha, 1979



Fig. 18. Fotografia da House in Regensburg

"*If we see the envelope of a building as a "skin" that protects the interior against the element of nature and at the same time takes advantage of their potential, we can thus imagine the creation of a protected and controllable space. In this case environmental conditions represent a resource and no longer a force against which we must fight, and the building envelope may represent qualitative and quantitative plus values in energetic terms. The functional and material instruments that are designated "ad hoc" to manipulate climate conditions (the sun, the wind, precipitation, light) make these envelopes function like "sensitive skins" that evoke the myriad possibilities of change.*"[44]

Para Thomas Herzog, o elemento "pele" é o limite físico entre o natural e o artificial que, no entanto, deve relacionar os dois, na medida em que a Natureza – que é uma fonte de energias renováveis - pode ser utilizada para o conforto no meio em que vivemos, minimizando os danos causados na mesma, uma vez que desta maneira podem ser

44 HERZOG, Thomas, *"a house is not a car": a conversation with Thomas Herzog* in PERRICCIOLI, Massimo, ROSSI, Monica, *Thomas Herzog: reacting skin*, edizioni kappa, Roma, 2005, p. 96

usados menos recursos para o consumo energético.

Construída entre 1977 e 1979, a casa em Regensburg, de Thomas Herzog, na Alemanha, caracteriza-se pela sua forma prismática envidraçada, que lembra um jardim de inverno. Constrangido por um conjunto de edifícios de múltiplos pisos dos anos 50, por árvores altas e um pequeno riacho, o edifício cuja cobertura de vidro inclina-se para o chão, orienta-se para o vasto jardim. Os espaços formados pela cobertura inclinada que atinge o solo são áreas de estufa que funcionam como zonas de temperatura intermediária entre o interior e o exterior do edifício. A casa encontra-se dois metros abaixo do nível da rua e no limite norte do terreno, de forma a orientar-se para a área ajardinada e a proteger os espaços interiores da rua.

Os espaços são organizados por funções e adequadamente articulados com as áreas exteriores do edifício, sendo a planta dividida em áreas paralelas. Uma vez que a casa é orientada a Sul, os espaços de entrada, de serviços e de apoio localizam-se do lado norte, situando-se os principais espaços de estar a Sul, voltados para os espaços de estufa. Assim, a zona mais isolada termicamente apresenta-se a norte e a mais ensolarada a Sul.

Durante o inverno, a radiação solar atinge os espaços de estufa e os espaços de estar, aquecendo o interior da casa. A mesma é capaz de reter o calor durante a noite devido ao uso de massa térmica no piso de pedra. Na área em que uma faia pré-existente está situada, a zona de estufa interrompe-se, formando um espaço negativo. Isto permite que a sua copa ofereça sombreamento durante o verão. Para além disso, através destes negativos, foi possível posicionar elementos de ventilação transversais às áreas de estufa. O piso levantado também permite ventilação natural, tal como a abertura na zona mais alta da casa, para onde o ar quente sobe.[45]

45 HERZOG, Thomas, "*Wohnhaus in Regensburg: Architekt Thomas Herzog*" in Werk, Bauen + Wohnen (Bund Schweizer Architekten), Zurique, 1980, n. º 5, p. 21

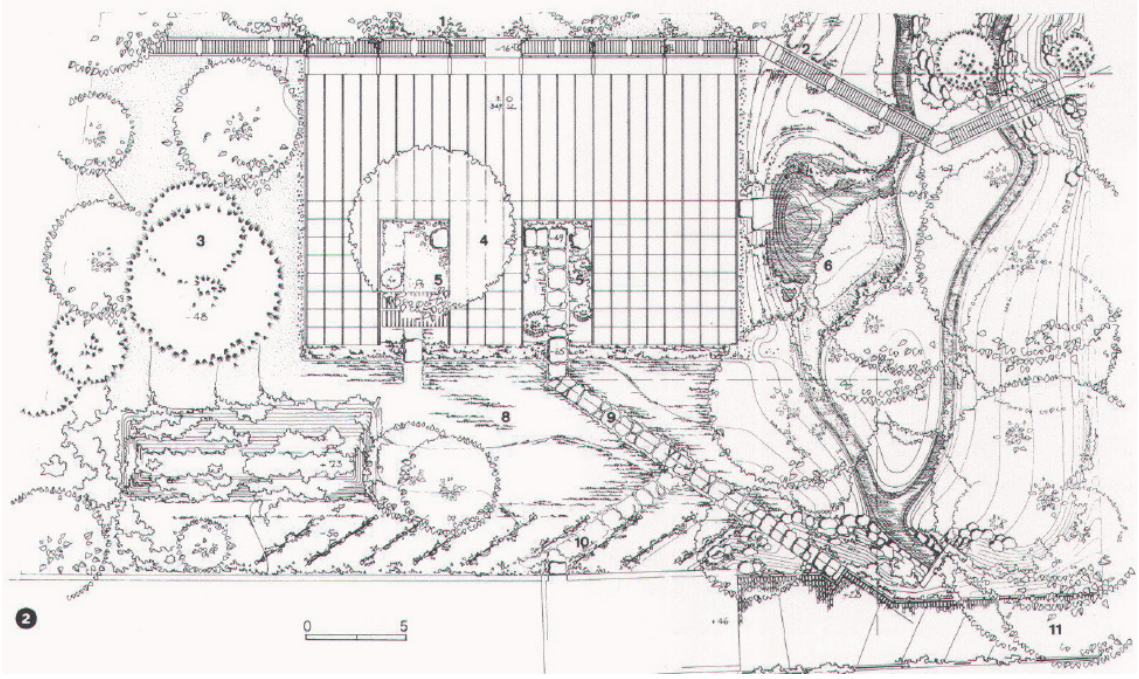


Fig. 19. Implantação da House in Regensburg

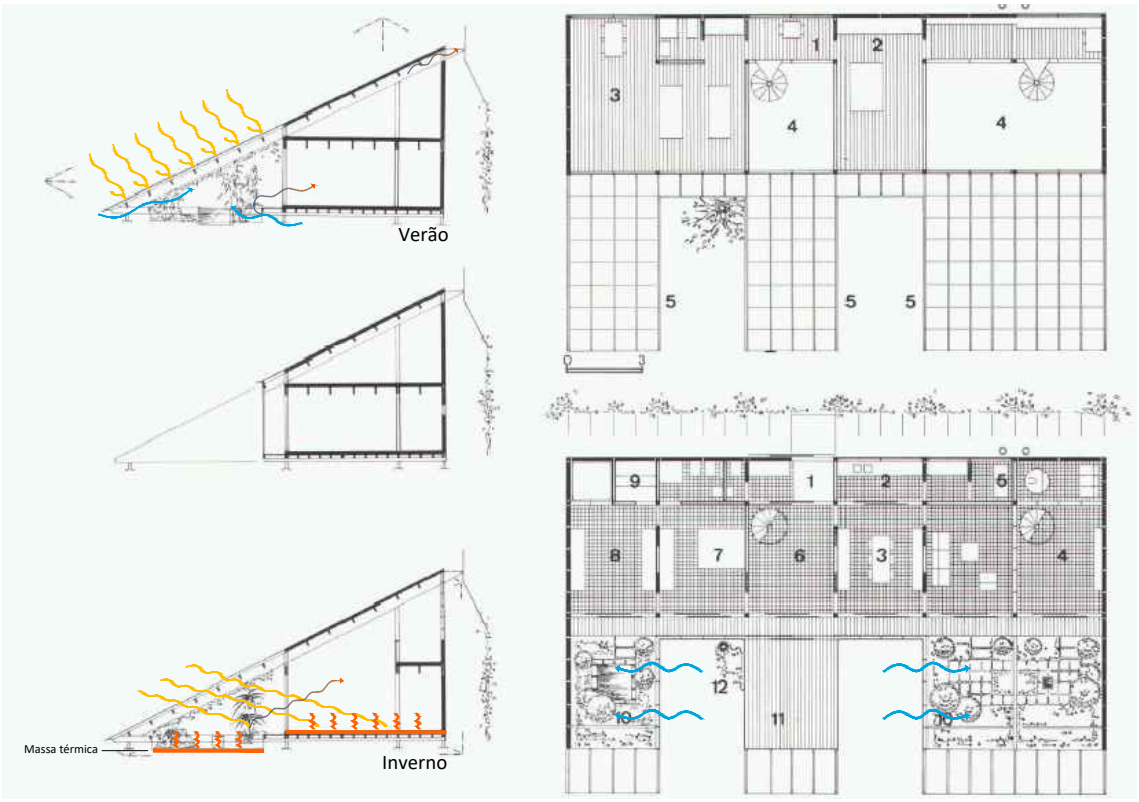


Fig. 20. Desenho de estudo de aquecimento solar e circulação do ar no verão e inverno



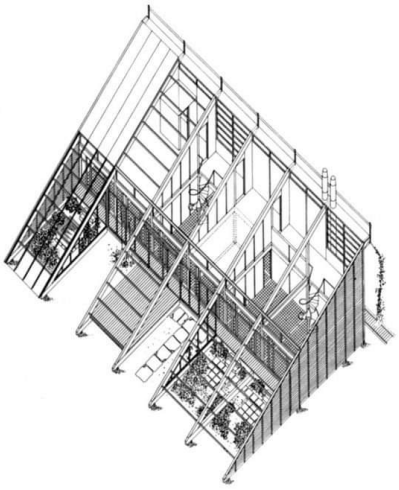


Fig. 21. Fotografia da House in Regensburg
Fig. 22. Axonometria da House in Regensburg



Fig. 23. Fotografia da House in Regensburg

2.2. La Borda, Lacol, Espanha, 2014



Fig. 24. Fachada da La Borda

O processo do projeto La Borda iniciou-se em 2012, com a crise da habitação em Barcelona, com a fundação duma cooperativa de habitação organizada por um grupo de moradores. O grupo Lacol participou desde o início com o objetivo de estudar alternativas para a habitação tradicional e para a crise habitacional da cidade.

Assim, o projeto teve como base três princípios: a redefinição do programa de habitação coletiva, a sustentabilidade ambiental e a participação dos residentes.[46]

A definição do programa foi estruturada de forma que as diversas funções se organizassem à volta de um pátio central. Foram introduzidos espaços de uso coletivo, de modo a que fosse possível minimizar o consumo energético. Como George Kafka refere, ao incentivar o indivíduo ao uso dos espaços de comunidade é concebível reduzir o valor

46 https://www.lacol.coop/projectes/laborda/. Consultado em 13/04/2024

de energia usado para o aquecimento de cada apartamento. Da mesma forma, ao reduzir o número de espaços com a mesma função, tornando-os num só de uso coletivo, como por exemplo uma lavandaria, também é possível reduzir o consumo energético.[47]

De forma a ter uma pegada ecológica reduzida, o projeto teve como bases a seleção de materiais que produzem o mínimo de desperdícios durante a construção e estratégias passivas de forma a controlar a demanda energética. Para isso, a estrutura é maioritariamente em CLT (*cross laminated timber*), o que devido ao seu baixo peso permite um menor volume de betão para as fundações. Para além disso, o pátio central com cobertura em policarbonato funciona como uma estufa, na medida em que no inverno captura energia solar para o aquecimento e no verão permite a ventilação. A partir do desenho das fachadas e do maior isolamento térmico nas portas e janelas é possível minimizar perdas térmicas, uma vez que a fachada norte é mais fechada e a fachada virada a Sul apresenta maiores vãos de forma a aproveitar a radiação solar e varandas em LSF (*light steel framing*). Segundo Cristina Gamboa, o edifício também apresenta sistemas de aquecimento de água a partir de painéis solares e caldeira de biomassa, o que permite criar a energia vinda de fontes renováveis.[48]

Finalmente, entra no processo da La Borda o âmbito social, ou seja, a participação dos utilizadores. Para que as diversas estratégias funcionem, é necessária a sensibilização dos residentes em relação à situação ambiental. Foram realizados vários workshops de arquitetura, onde foi articulada a participação da equipa técnica e os residentes. As decisões arquitetónicas tiveram impactos nos modos de vida e objetivo inicial da cooperativa de habitação. As estratégias *low-tech* e de materiais melhoram a eficiência energética, o que traz vantagens económicas a longo prazo, e também torna possível o valor mensal das rendas ser 20% menor que a média do setor privado. A sensibilização dos utilizadores tor-

47 KAFKA, George, *Sustainable building, sustainable living: La Borda, Barcelona by Lacol*, 23 junho 2020. Disponível em: https://www.architectsjournal.co.uk/buildings/sustainable-building-sustainable-living-la-borda-barcelona-by-lacol.Consultado em 13/04/2024

48 GAMBOA, Cristina, *Architect's view* in *Sustainable building, sustainable living: La Borda, Barcelona by Lacol*, 23 junho 2020. Disponível em: https://www.architectsjournal.co.uk/buildings/sustainable-building-sustainable-living-la-borda-barcelona-by-lacol. Consultado em 13/04/2024

nou possível a decisão de não construir garagem subterrânea, o que implicou negociações com o município, e também traz benefícios a nível construtivos e de pegada ecológica dos residentes a nível de mobilidade.[49]

Este projeto, dos arquitetos Anne Lacaton e Jean Philippe Vassal, é composto por 96 fogos divididos numa série de blocos de habitação plurifamiliar localizados na frontei-

49 KAFKA, George, *Sustainable building, sustainable living: La Borda, Barcelona by Lacol,* 23 junho 2020. Disponível em: https://www.architectsjournal.co.uk/buildings/sustainable-building-sustainable-living-la-borda-barcelona-bv-lacol. Consultado em 13/04/2024

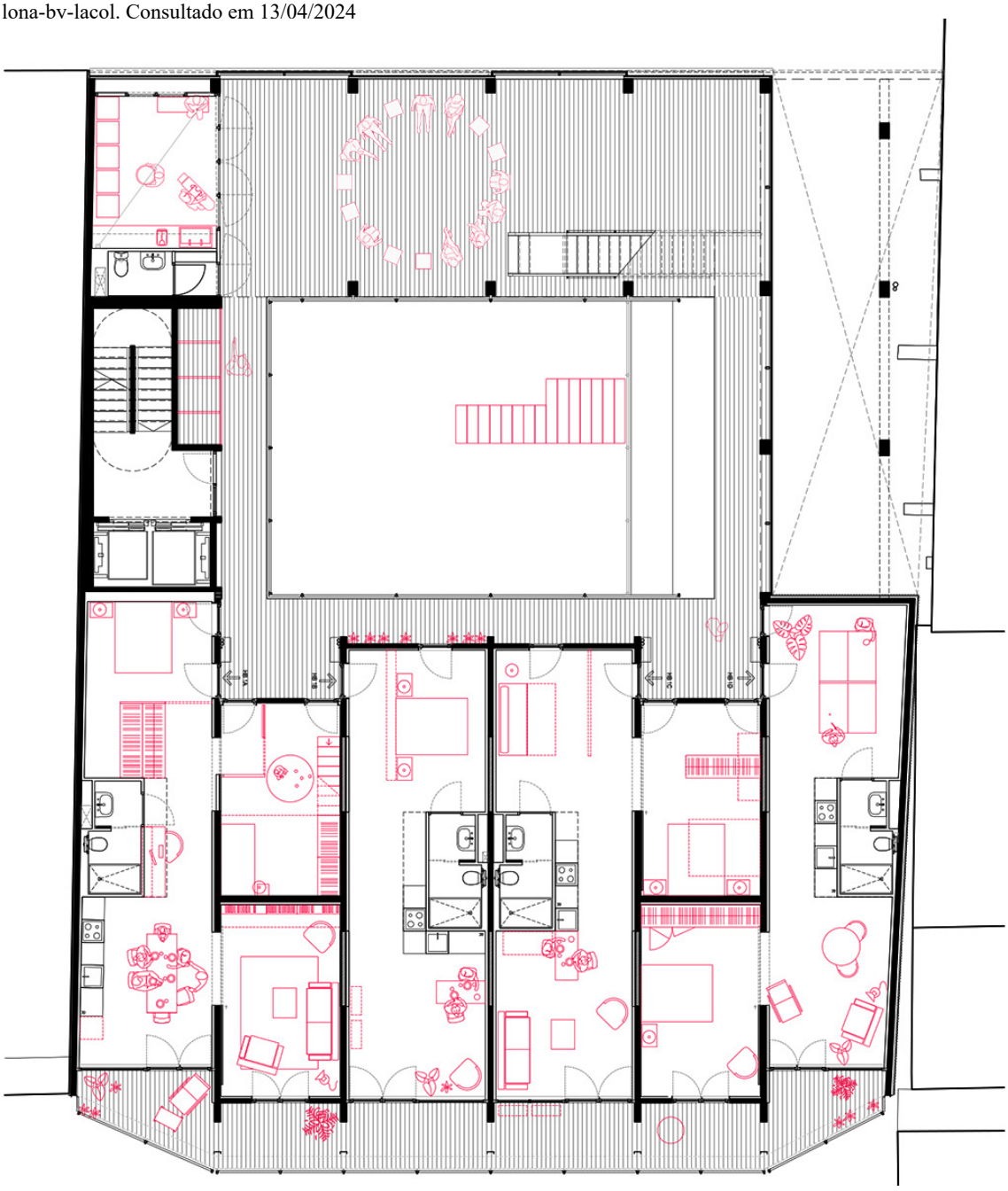


Fig. 25. Planta do Piso 3 da La Borda

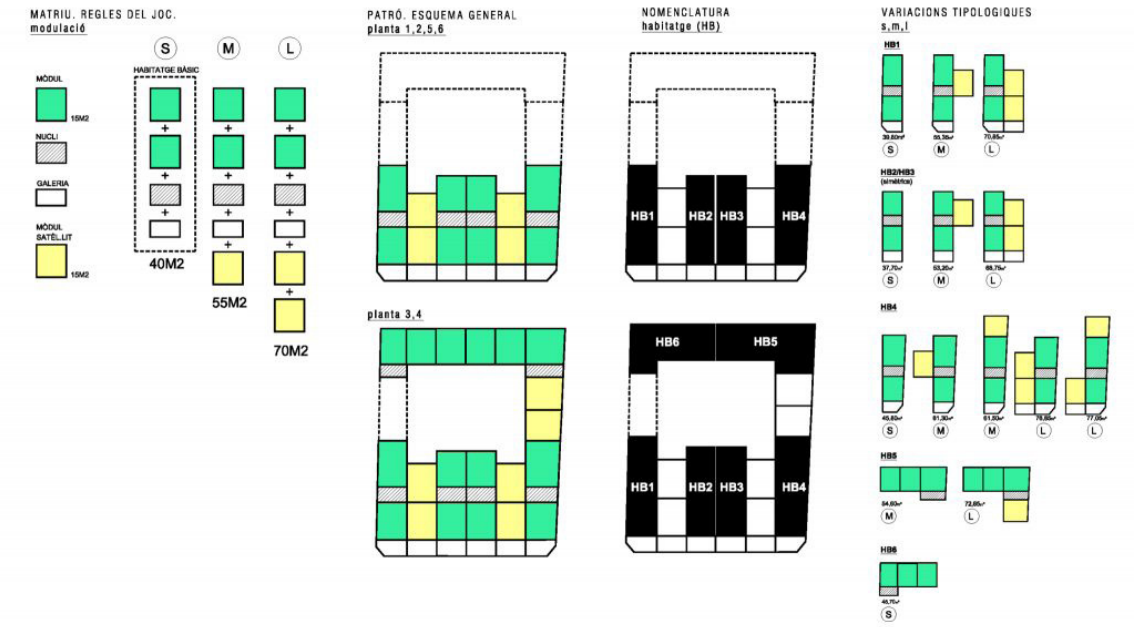
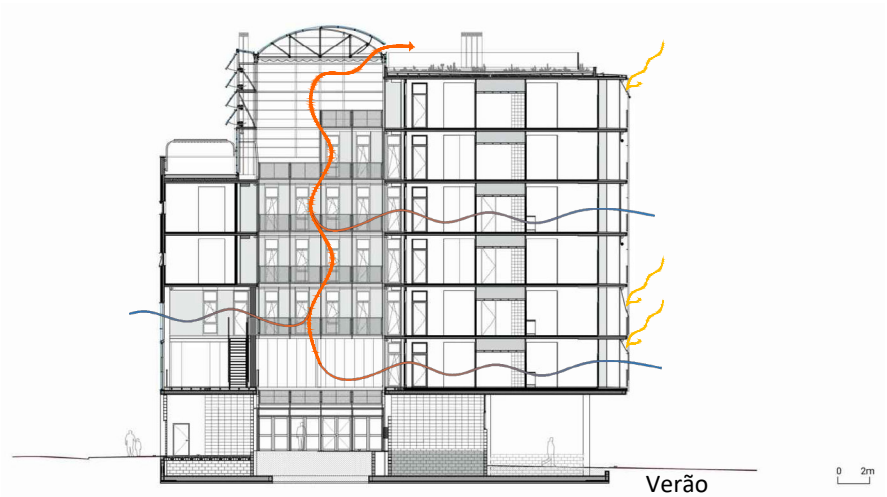


Fig. 26. Esquema de tipologias da La Borda



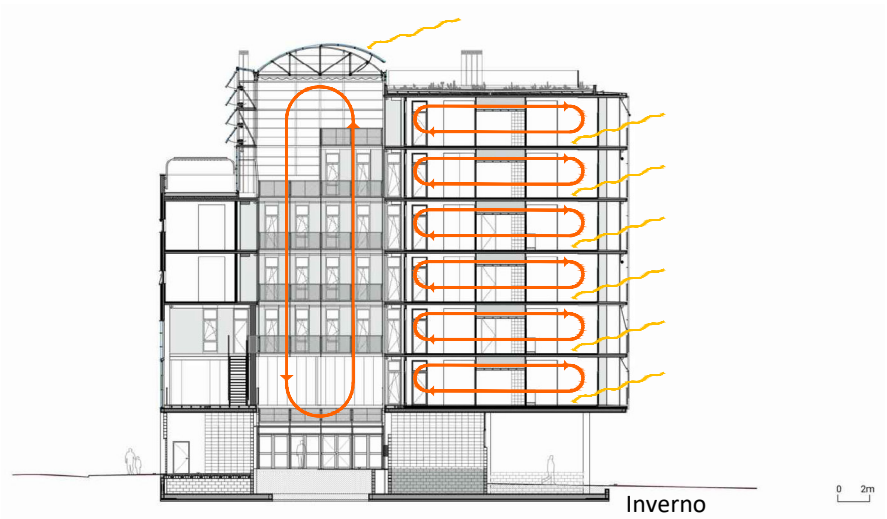


Fig. 27. Desenho de estudo de aquecimento solar e circulação do ar no verão e inverno



Fig. 28. Fotografia
da La Borda



Fig. 29. Fotografia
da La Borda

2.3. Chalon sur Saône, Lacaton & Vassal, França, 2015



Fig. 30. Fotografia da Chalon sur Saône

ra de Prés-Saint-Jean.

O projeto teve uma principal condicionante que foi o grande risco de cheias na área. Por este motivo, os apartamentos iniciam-se a 4.5m do chão, dando origem a 2 ou 5 pisos a partir dessa cota, sendo que os últimos pisos podem ser transformados em duplex. A separação dos edifícios do chão cria uma ideia de transparência, uma vez que possibilita uma visão direta para o parque. Este parque é um espaço verde que se espalha também por baixo dos edifícios e que pode ser apropriado pelos residentes para hortas e espaços de lazer. O rés-do-chão também apresenta esta altura para que a vegetação possa crescer e para que seja um espaço aberto.[50]

Da mesma maneira que existe uma grande flexibilidade no espaço exterior também existe no contexto da habitação. Cada apartamento apresenta 2 quartos. Não existe separação física entre sala de estar e cozinha. O único elemento fixo é a cozinha e os habitantes têm a liberdade de organizar o grande espaço conforme os seus estilos de vida.[51]

50 "*96 Dwellings, Près Saint Jean*" in *Lacaton & Vassal: 1993-2015*, El Croquis, Madrid, 2015, nº177/178, p. 339

51 PETERS, Charlotte, 96 logements, *Chalon-sur-Saône / Prés-Saint-Jean, Lacaton & Vasal*, 29 dezembro 2017. Disponível em: https://wordpressmdesignhabitatgecollectiuwordpress.wordpress.com/2017/12/29/96-loge-

Em relação à apropriação dos espaços, Anne Lacaton apresenta na entrevista com Denis Bocquet uma visão a seu favor, na medida em que os habitantes devem ter completa liberdade de escolherem como vivem nos espaços propostos pelo arquiteto:

> "*(...) I think we have to trust people's capacity of inventing the best use for the space we propose. Apartments have to be capable, they have to integrate the notion of movement. What the architect creates is not a sacred space in which the dweller has to fit in: it's a space for the dwellers, in which enough elements are to be found for a genuine appropriation.*[52]"

Da mesma forma, em que há uma grande flexibilidade na organização dos espaços interiores, o mesmo também acontece com a relação interior-exterior do apartamento. O espaço exterior de cada fogo é encerrado por janelas de correr de vidro. Os mesmos funcionam como estufas, sendo que no inverno encontram-se fechados, permitindo que a radiação penetre estes elementos e gere calor, que se propaga para o interior das habitações. No caso do verão, estes espaços encontram-se abertos de forma a criar ventilação para o arrefecimento e circulação de ar no interior dos apartamentos.

Para Lacaton & Vassal, trabalhar no contexto da habitação social, não deve impedir de pensar nas melhores condições de vida dos habitantes, sendo que a grande diferença entre a mesma e a habitação individual é apenas o seu financiamento – fundos públicos. Em *Chalon sur Saône*, devido ao seu tipo de habitação, houve um tipo de procedimento que garantisse uma boa qualidade de vida a um baixo custo. Para isso recorreu-se a elementos de baixo custo e à pré-fabricação. Os materiais são relativamente simples e consistem principalmente de elementos de aço, betão e policarbonato. A estrutura dos edifícios é unilateral, suportada por um sistema de pórticos em aço, sobre a qual pousam lajes alveoladas de betão.[53] Devido ao uso de materiais industrializados e de baixo custo

ments-chalon-sur-saone-pres-saint-jean-lacaton-vasal/. Consultado em 01/08/2024

52 LACATON, Anne, *Interview with Anne Lacaton: More space, more light, more green: a new vision of social housing*, 2014, p. 246

53 PETERS, Charlotte, 96 logements, *Chalon-sur-Saône / Prés-Saint-Jean, Lacaton & Vasal*, 29 dezembro 2017. Disponível em: https://wordpressmdesignhabitatgecollectiuwordpress.wordpress.com/2017/12/29/96-logements-chalon-sur-saone-pres-saint-jean-lacaton-vasal/. Acesso em 01/08/2024

foi possível proporcionar habitação maior do que o standard e com o mesmo orçamento. Em relação à proposta de habitação de baixo custo, Anne Lacaton refere o seguinte:

> "*Of course, quality has a cost, but the adequate architectural design can sometimes provide surprisingly simple solutions and our goal is to provide this quality without increasing the cost and within the budget given for the project. We also try as much as possible to use technical solutions and materials that already exist and can be found among standard commercial products: you don't have to reinvent everything at every step of your work. What counts is the general philosophy of the process, not the original design of every piece of steel or glass used in this process. That's why we have nothing against the idea of using industrially developed elements.*[54]"



Fig. 31. Fotografia da Chalon sur Saône

54 LACATON, Anne, Interview with Anne Lacaton: More space, more light, more green: a new vision of social housing, 2014, p. 246

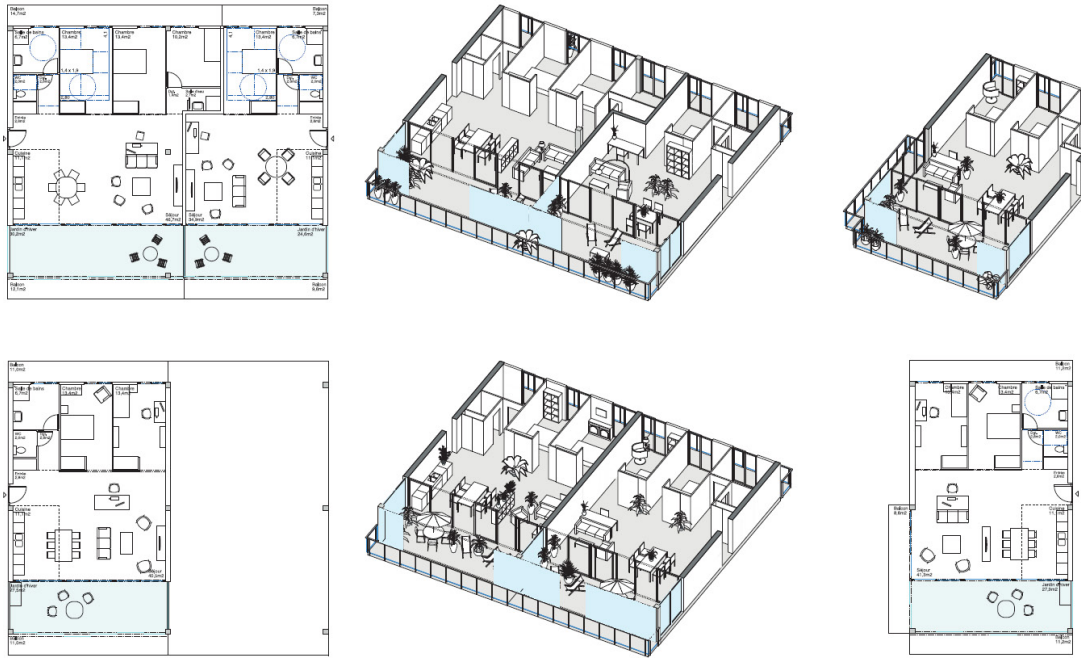


Fig. 32. Axonometrias e plantas da Chalon sur Saône

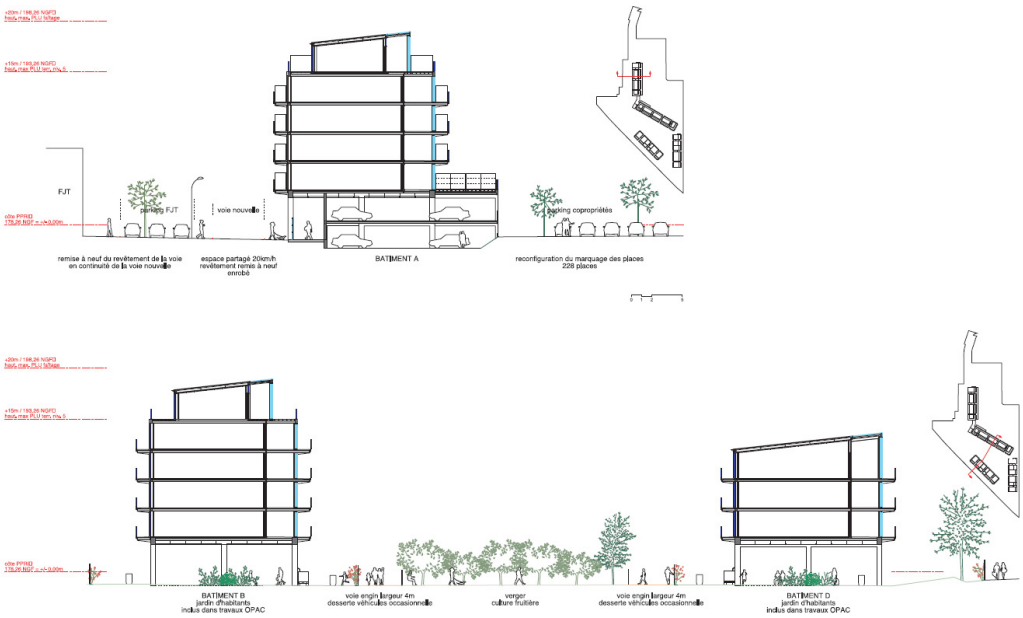


Fig. 33. Cortes transversais da Chalon sur Saône

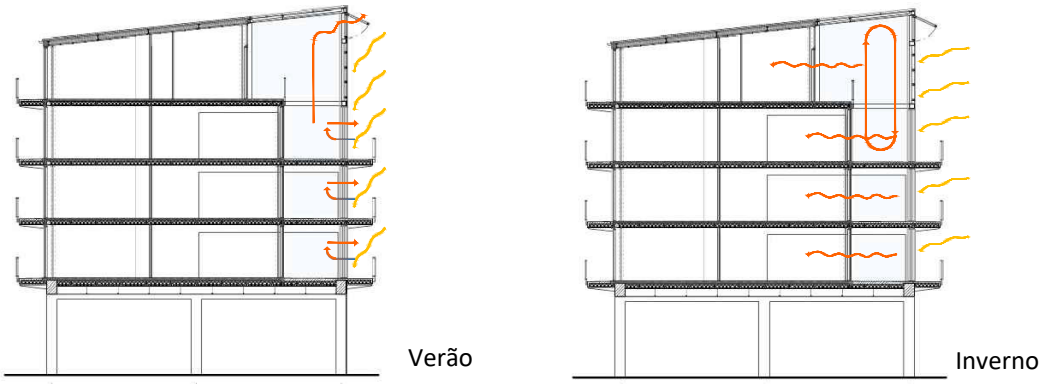


Fig. 34. Desenho de estudo de aquecimento solar e circulação do ar no verão e inverno



Fig. 35. Fotografia do Rés-do-Chão vazado da Chalon sur Saône



Fig. 36. Fotografia do espaço de estufa da Chalon sur Saône

3. O projeto

3.1. Programa do concurso



Fig. 37. Fotografia aérea do terreno do concurso

A 19ª edição do concurso de arquitetura para estudantes organizado pelo grupo *Saint-Gobain* tem como objetivo realizar um projeto numa área pertencente à *Helsinki University*, no distrito de Vikki, em Helsínquia, Finlândia. O terreno em questão encontra-se próximo ao campus, a um hospital veterinário e à *Vikki Research Farm*. A ideia do projeto deve conciliar o espaço verde na área e o futuro uso por parte de estudantes e investigadores desta área.

A tarefa do concurso consiste na renovação de um edifício existente de escritórios para a estadia temporária de investigadores e o desenho de um novo edifício residencial. O projeto deve ter uma visão que também abrange os elementos existentes, entre os quais o Gardenia – atual restaurante/cervejaria, que já fora um jardim de inverno; o jardim japonês; e os novos espaços que estarão no local do museu – que será demolido. A proposta também deve ter como princípio a sustentabilidade.

O distrito de Vikki apresenta planos de construir apartamentos para 4000-7000 residentes brevemente. Também está previsto o desenvolvimento do sistema de transportes públicos nesta área. Dessa forma, é possível criar um meio onde as distâncias entre a universidade, habitação e trabalho sejam curtas, evitando o uso de transporte próprio, pro-



Fig. 38. Programas no terreno do concurso

movendo assim a sustentabilidade. Dos espaços térreos são previstas áreas diversas como restaurantes, comércio e áreas de trabalho. Ao mesmo tempo, o plano inclui a articulação com áreas verdes e de lazer.

A nível de transportes públicos, a área específica ao concurso encontra-se diretamente ligada a uma linha de elétrico que teve inauguração em agosto de 2023 e que interliga as zonas Este e Oeste de Helsínquia. Nas proximidades, ao longo duma autoestrada existente, está planeada outra linha de elétrico que conecta o districto de Vikki com Malmi.

Atualmente, ao redor do terreno da área de projeto, as principais funções dos edifícios próximos são residenciais, universitários e áreas verdes. A Norte, existe habitação para estudantes, as facilidades da universidade e o Parque de Ciências. A Este, encontra-se o hospital veterinário e um hospital equestre. No sentido Sul, está a *Vikki Research Farm* e campos ligados à mesma. Finalmente, a Oeste localiza-se uma floresta para um ecossistema de preservação de pássaros.



Fig. 39. Fotografia aérea do antigo edifício de escritórios (Edifício A)



Fig. 40. Fachada principal do antigo edifício de escritórios (Edifício A)

Começando pelo edifício a ser renovado, o edifício A, é pedido que o mesmo seja transformado para funções residenciais a curto ou longo prazo, como para hospedar investigadores e professores. Este espaço é hoje em dia utilizado para atividades de escritório pelos funcionários da universidade. É sugerido que o programa inclua quartos - dormitório para investigadores e acomodação temporária; e espaços auxiliares para o novo uso - como cantinas, comércio, área administrativa, salas de reunião e espaços de lazer. A expansão e/ou demolição de partes do edifício existente foram permitidas. Também é op-

tativo alterar a sua imagem arquitetónica exterior, sendo que é possível adaptar a fachada a um melhor conforto, através de isolamento ou proteção solar. Para os espaços de habitar é priorizado o conforto a nível acústico e de privacidade. É pretendido que a nova solução seja compatível com a estrutura existente de betão armado. Os espaços habitáveis devem ter entre 36 e 57 m^2.



Fig. 41. Fotografia aérea do edifício a demolir (Edifício B)

O edifício B, por outro lado, é o projeto duma nova construção a partir do zero. Atualmente nesta área do terreno, existem dois blocos com formato em L destinados ao comércio e retalho. Como encargo do concurso, estes devem ser demolidos, para uma nova proposta de um edifício em altura com 5 ou 6 pisos com parque de estacionamento subterrâneo, não excedendo os lugares para um carro por cada 140-200m^2. O edifício em questão é habitacional e destina-se não só a estudantes como professores e famílias locais. As funções de serviços e comércio devem localizar-se no rés-do-chão, podendo ser considerada uma ligação através de um átrio semiprivado ao Gardenia. As áreas comuns sugeridas são lavandaria, arrumos para bicicletas, áreas de descanso e lazer e outros tipos de serviços de uso comum. A área habitacional do edifício, correspondente a 80%, deve ser organizada em 30% de apartamentos T3, 50% T2 e 20% estúdios. Os fogos devem incluir zona de estar, de dormir, kitchenette, instalações sanitárias e arrumos.



Fig. 42. Fotografia aérea do antigo museu

A zona C corresponde à área exterior e ao antigo museu, que será demolido uma vez que se apresenta contaminado por bolor no seu interior. O edifício é de pedra, e o pretendido é que o exterior em pedra seja preservado. Novas soluções devem ser propostas a nível urbano, de lazer ou de desporto. Existe a possibilidade de propor um outro edifício, por motivos compositivos ou volumétricos. A área exterior correspondente deve criar conexões com as ruas e criar ligações pedestres, introduzir áreas de lazer e repouso, propor novas atividades exteriores e minimizar a impermeabilização do solo.



Fig. 43. Fotografia da entrada do Gardenia

A área D abrange o Gardenia e o jardim japonês. O pedido do concurso é integrar estes elementos para um desenho urbano coerente.

O concurso também apresentou condições de aspeto técnico e construtivo. A nível de conforto térmico, é sugerido o uso de métodos passivos e ativos para aquecimento e ventilação, sendo possível propor o uso de energias renováveis. Acusticamente, as divisões devem ser projetadas seguindo a norma finlandesa SFS 5907:2022, que aborda as categorias acústicas para habitação, sendo o recomendado a classe A1. Relativamente à qualidade do ar em interiores, é pedido que a concentração de CO_2 dentro dos apartamentos deva ser mínima, sendo possível recorrer a estratégicas de ventilação mecânicas ou naturais. O projeto também deve incluir segurança contra incêndios, a nível de seleção de materiais, barreiras contrafogo e percursos de evacuação em caso de emergências. O novo edifício deve ter uma elevada eficiência energética, recorrendo a estratégias como um bom isolamento, ventilação, proteção solar, entre outros; e também baixa emissão de CO_2 durante o seu ciclo de vida, devendo ser comprovado pelo cálculo e apresentação do LCA (*life cycle assessment*) correspondente. Também deve ser priorizada a circularidade dos recursos utilizados para a construção do edifício, para que este seja projetado para a sua própria longevidade e para que tenha a capacidade da reutilização de materiais no seu fim de vida, tendo também como prioridade a sua desmontagem em vez de demolição.



Fig. 44. Fotografia aérea do terreno a projetar

3.2. Análise geográfica e climática

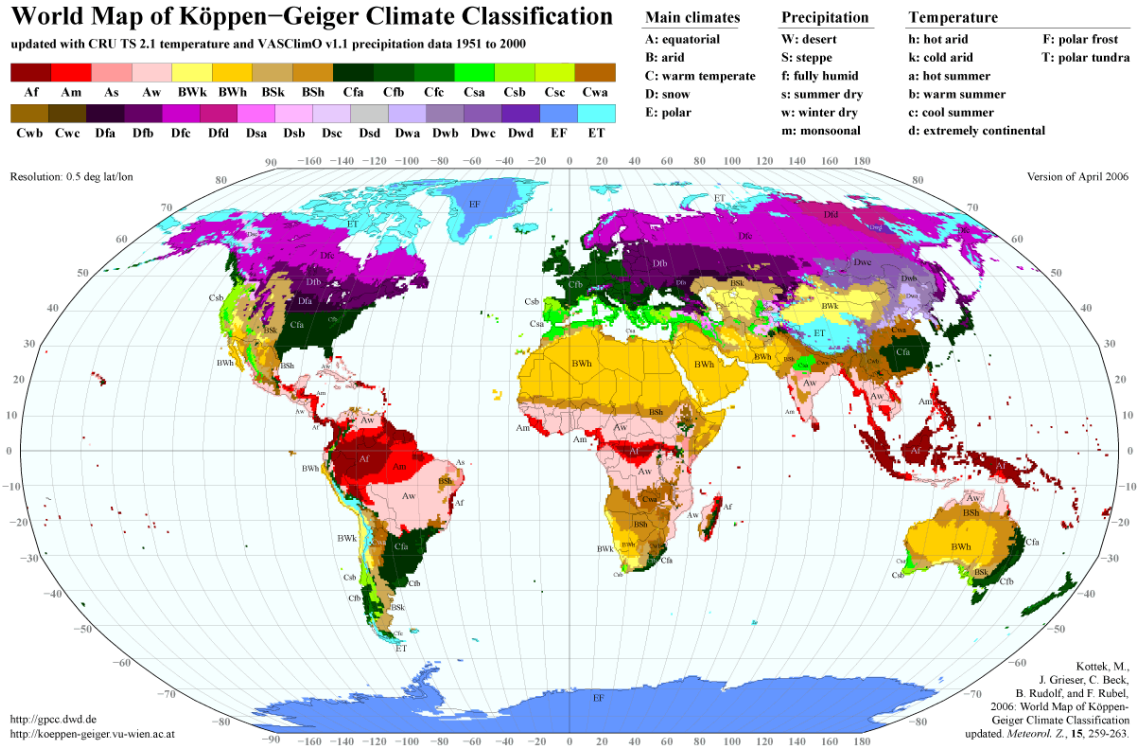


Fig. 45. Mapa Köppen-Geiger

Por ser tão distinto do contexto mediterrâneo, é importante analisar o contexto territorial e climático em Helsínquia, sendo que atingir um projeto que proporcione uma boa qualidade de vida e conforto nesta região parte de exigências muito diferentes das que são características em Portugal, devido principalmente às suas temperaturas e horas solares completamente contrastantes.

O clima em Helsínquia caracteriza-se principalmente pelos seus invernos rigorosos de temperaturas baixas, ventos fortes e neve. Segundo o mapa Köppen-Geiger, podemos ter uma visão inicial do clima característico da Finlândia e mais especificamente da sua capital. Com a leitura dessa carta, podemos observar que apesar das temperaturas muito baixas no inverno e da neve, os verões são húmidos e amenos. Normalmente, as temperaturas durante o ano variam entre -8ºC e 21ºC. A estação mais quente corresponde ao período entre 3 de junho e 3 de setembro, sendo as suas temperaturas máximas e mínimas, em média, de 21ºC e 13ºC. Durante esta época, apesar do clima ser ameno, a precipitação é frequente. O período de verão apresenta um número de horas solares extremo, sendo o dia em que o sol nasce mais cedo 18 de junho, às 03:53; e o dia em que o sol se

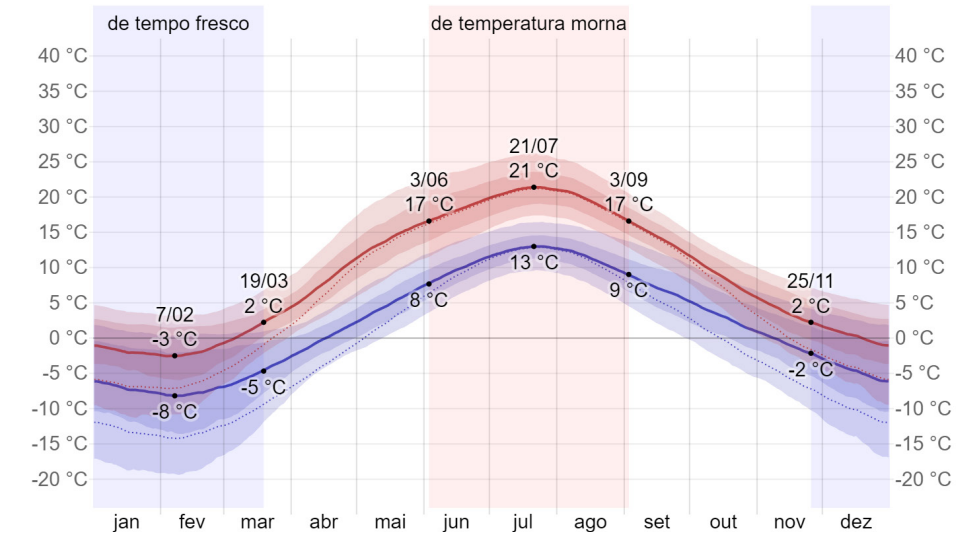


Fig. 46. Temperaturas máximas e mínimas médias em Helsínquia

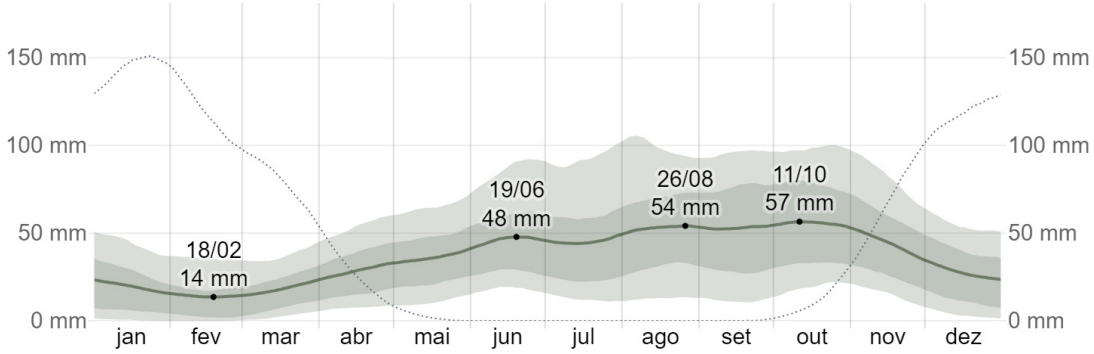


Fig. 47. Chuva mensal média em Helsínquia

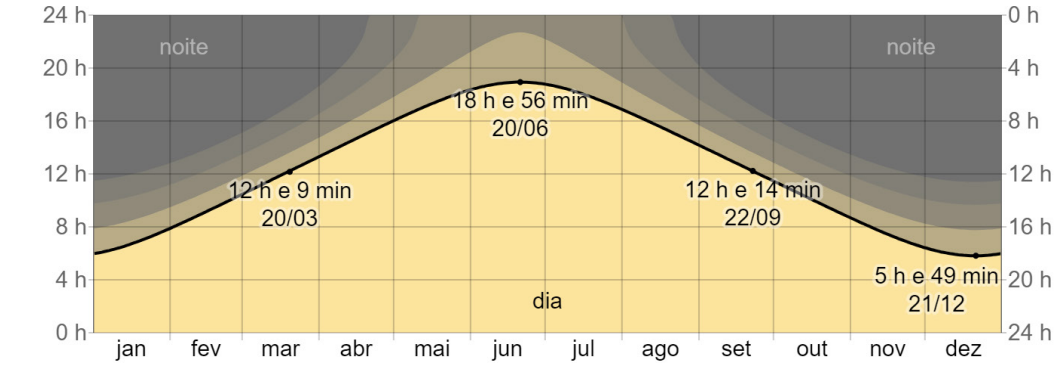


Fig. 48. Horas de luz solar e crepúsculo em Helsínquia

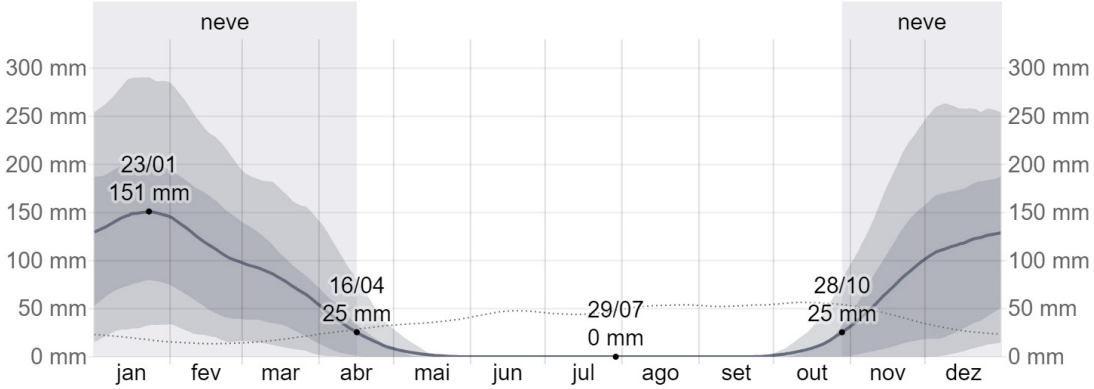


Fig. 49. Precipitação de neve mensal média em Helsínquia

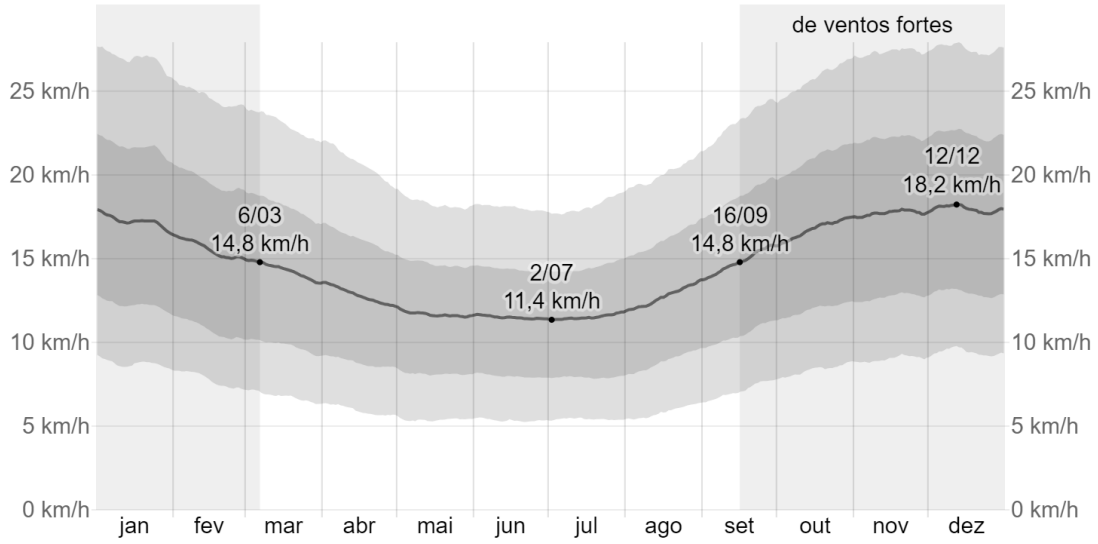


Fig. 50. Velocidade média do vento em Helsínquia

põe mais tarde é em 22 de junho, às 22:50. Um fenómeno curioso é o sol de meia-noite, que acontece devido ao número de horas de sol prolongado, sendo que acaba por não haver um pôr-do-sol completo. Por outro lado, a estação mais fria, entre 25 de novembro e 19 de março, apresenta temperaturas mínimas e máximas médias de -8ºC e -2ºC, respetivamente. Em Helsínquia, geralmente há uma queda de neve significativa, cobrindo toda a cidade. Os dias são muito curtos, sendo o nascer-do-sol mais tardio às 9:25, e o pôr-do-sol mais cedo às 15:11.[55]

Depois de analisar estes dados, podemos associá-los ao nível de conforto e como o mesmo pode ser melhorado através de estratégias arquitetónicas. Após verificar que as temperaturas são geralmente demasiado baixas para um nível de conforto aceitável, os gráficos relativos ao sombreamento solar mostram a necessidade de existir exposição solar baseado na orientação da fachada e altitude do edifício. Como podemos observar, no gráfico relativo ao verão e outono a inserção de elementos de proteção solar é mais útil, no entanto, em ambos os gráficos podemos verificar que a necessidade de radiação solar é predominante. Também podemos analisar o nível de conforto a partir da relação entre a temperatura e humidade ao longo do ano, questionando como a arquitetura pode melhorar o mesmo. Durante os meses de verão, Helsínquia apresenta um nível de humidade

55 https://pt.weatherspark.com/y/91632/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Hels%C3%ADnquia-Finl%C3%A2ndia-durante-o-ano. Consultado em 29/07/2024

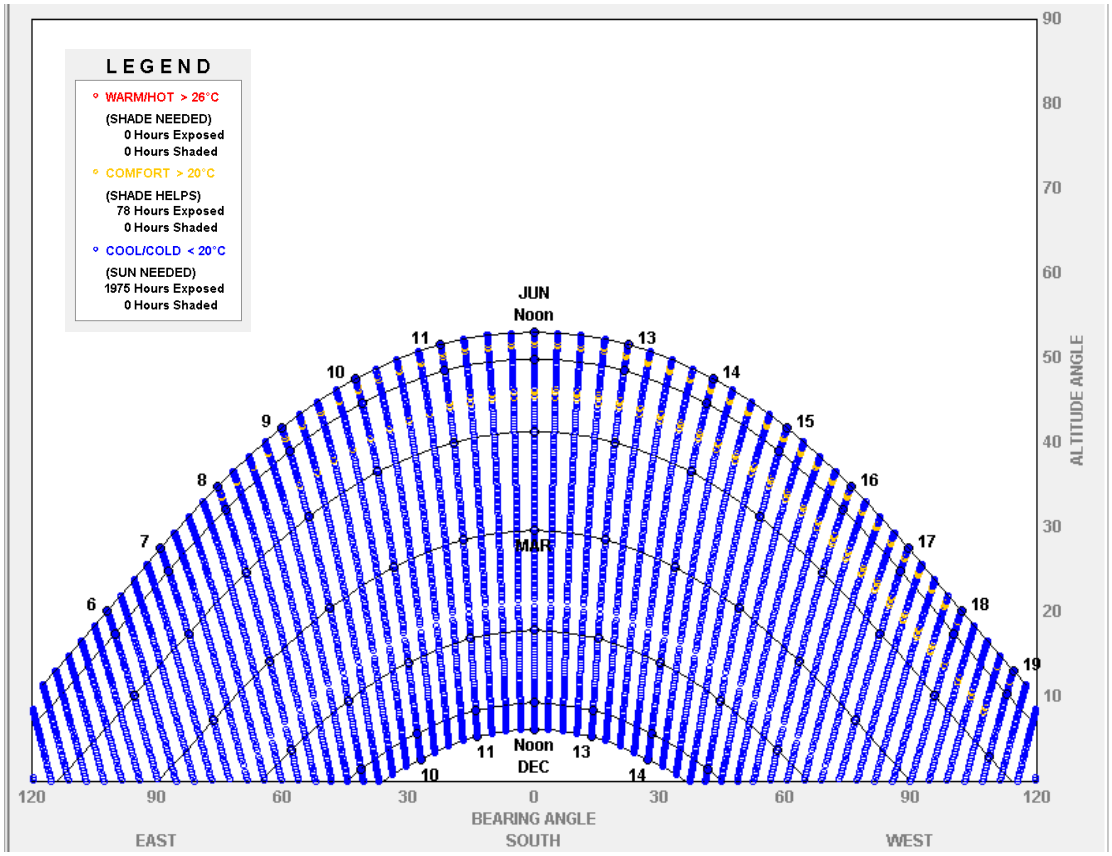


Fig. 51. Gráfico de sombreamento durante o inverno e primavera (21 de dezembro a 21 de junho)

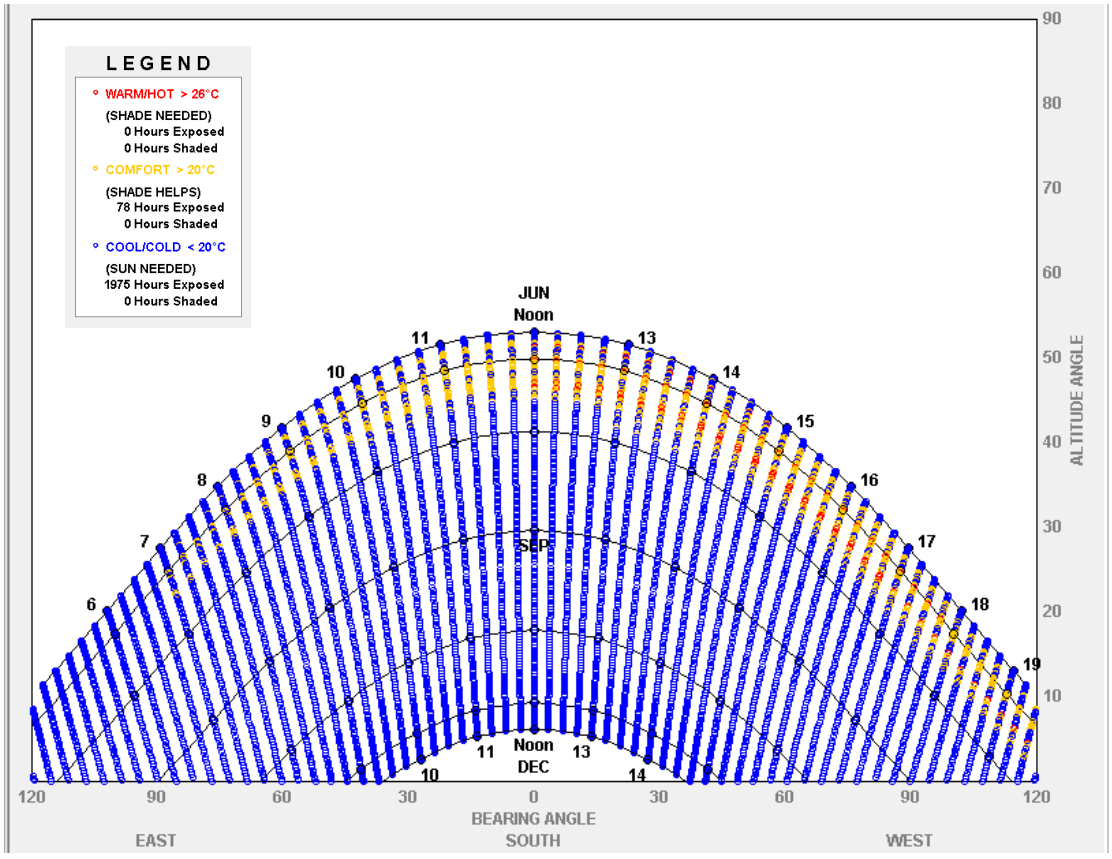


Fig. 52. Gráfico de sombreamento durante o verão e outono (21 de junho a 21 de dezembro)

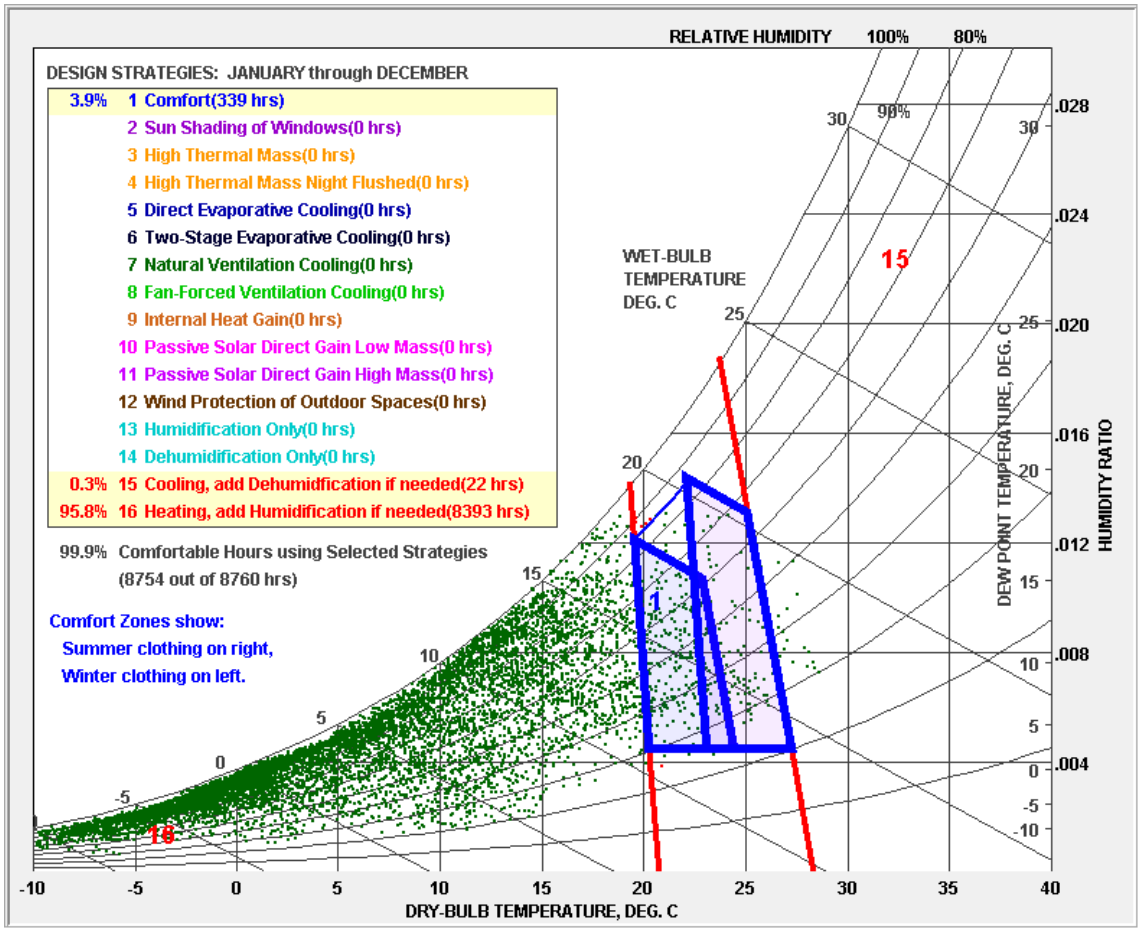


Fig. 53. Carta psicrométrica

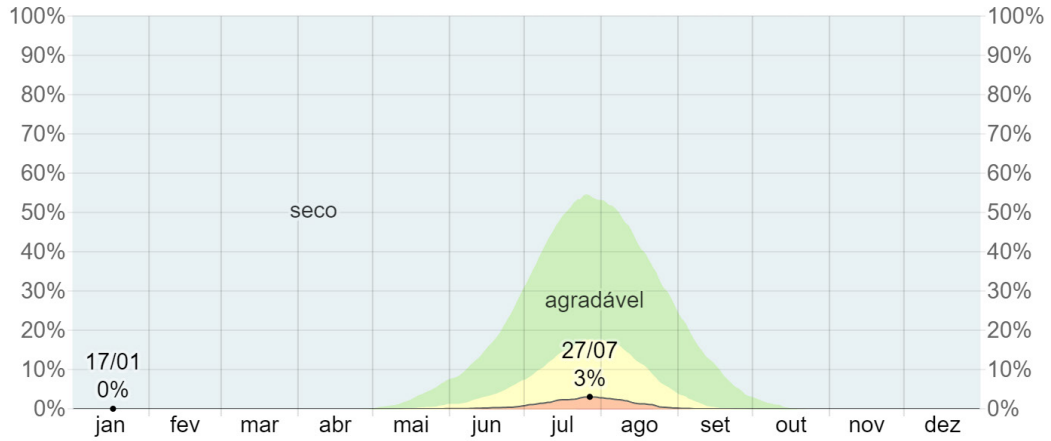


Fig. 54. Níveis de conforto em humidade em Helsínquia

agradável, mas durante o resto do ano é geralmente seco. Por esse motivo e pelas temperaturas demasiado baixas durante o inverno, a carta psicométrica é um bom instrumento para identificar as temperaturas em que o conforto é baixo para procurar meios como resolvê-lo. Como podemos observar no gráfico em questão, os pontos de temperatura e humidade identificados ao longo do ano encontram-se maioritariamente fora da zona de conforto desejável, marcada a azul. Deste modo, para melhorar o bem-estar dentro de um edifício devem ser adotadas estratégias arquitetónicas de aquecimento e de humidificação do ar para quando as temperaturas se encontram abaixo do desejável.

Sendo um país nórdico, o seu clima distingue-se do que conhecemos no Mediterrâneo. Como Christian Norberg Schulz descreve, no Norte "*(...) the sun does not rise to the zenith but grazes things obliquely and dissolves in an interplay of light and shadow. (...) And the buildings lose much of their figural effect; houses lie scattered and hidden. Moreover, they consist for the most part of wood, a material that lacks the permanency of stone.*"[56] Esta efemeridade também pode ser observada particularmente na Finlândia devido à sua tradição construtiva em madeira, material esse historicamente menos duradouro, como indica J. M. Richards – "*(...) because of the predominating use of timber, many early buildings have not survived – the history of most Finnish towns is the history of a succession of disastrous fires.*"[57]

Adicionalmente a isto, o território finlandês é caracterizado pela sua grande extensão e como Christian Norberg Schulz indica, é "*emphasized by the lack of relief and distinct spaces. To the space of the forest belongs the cloven light that contributes to the impression of incompleteness. Here, architecture has as its main task to create places in the indefinite (...).*"[58] A baixa urbanização do território pode ser justificada pela reduzida densidade demográfica do país, correspondente, em 2024, a 18 pessoas por km2, e a uma população total de 5.549.051 pessoas na data de 22 de abril de 2024, segundo os dados

56 SCHULZ, Christian Norberg, Nightlands, The MIT Press, Cambridge, 1996, p.1

57 RICHARDS, J. M., A guide to Finnish architecture, Frederick A. Praeger, Inc. Publishers, Nova Iorque, Washington, 1967, p. 15

58 SCHULZ, Christian Norberg, Nightlands, The MIT Press, Cambridge, 1996, p. 194

das Nações Unidas, sendo que a Finlândia apresenta tão elevada extensão em comparação com outros países europeus.[59]

A paisagem finlandesa caracteriza-se, segundo Christian Norberg Schulz, pelas suas superfícies planas ocultadas por neve, cujo tom contrasta-se com os montes escuros cobertos de árvores. O mesmo também descreve o seu terreno com um contínuo que intercala terra e água, devido à elevada quantidade de lagos. A sua vegetação faz parte da identidade da paisagem, uma vez que a linha costeira apresenta florestas e o interior do país é dominado por árvores coníferas, entre as quais o pinho, que originam um panorama uniforme.[60]

A arquitetura finlandesa é marcada por personagens como Alvar Aalto e Carl Ludwig Engel, em respetivos tempos distintos, no entanto a sua arquitetura vernacular também merece a sua devida atenção. A mesma é caracterizada por cidades compostas por casas em madeira, geralmente de um ou dois pisos de altura, por vezes levantadas do solo por uma cave de pedra. As suas fachadas são muitas vezes moduladas e pintadas de cores como amarelo ocre, branco ou cinzento, e também ornamentadas ligeiramente – através de pilastras, padieiras de portas e janelas, cornijas e frontões. A sua estrutura é de madeira e o seu revestimento em tábuas, seja na horizontal ou na vertical.[61]

59 Wordometers, *Finland's Population*. Disponível em: https://www.worldometers.info/world-population/finland-population/ Consultado em 22/04/2024

60 SCHULZ, Christian Norberg, Nightlands, The MIT Press, Cambridge, 1996, p. 43

61 RICHARDS, J. M., A guide to Finnish architecture, Frederick A. Praeger, Inc. Publishers, Nova Iorque, Washington, 1967, p. 58



Fig. 55. Casas de madeira do séc. XVIII com embasamento de pedra e detalhes de carpintaria em madeira

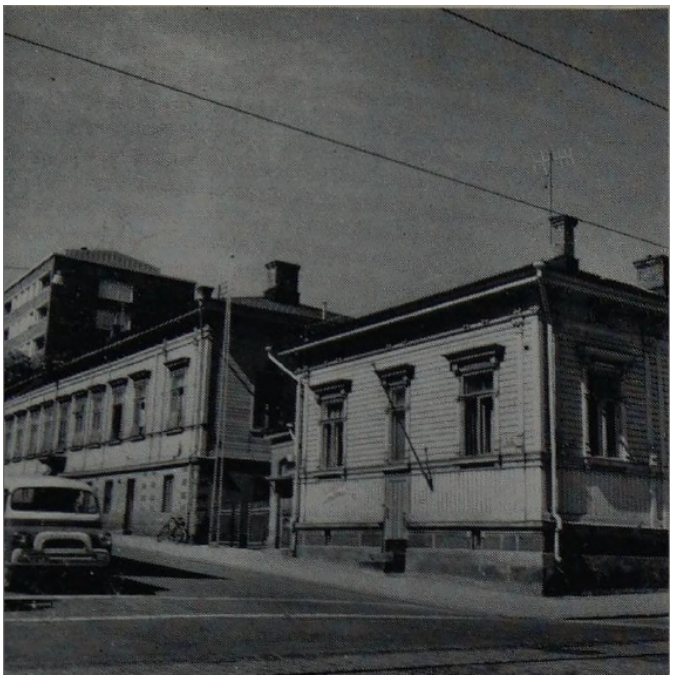


Fig. 56. Casas de madeira do séc. XIX

Devido principalmente ao clima local, o interior dos edifícios recebe uma grande valorização e significância, mas sem se isolar do exterior, dando assim origem a formas livres resultando na torre, na cobertura unificante, e em espaços cavernosos.[62]

62 SCHULZ, Christian Norberg, Nightlands, The MIT Press, Cambridge, 1996, p. 194

3.3. Proposta para o concurso

O projeto apresentado teve como princípio a sustentabilidade e o cumprimento das condições técnicas do concurso da *Saint-Gobain*. Para isso, o estudo através de bibliografia e casos práticos auxiliou no exercício de projeto, na medida em que introduziu estratégias de sustentabilidade e de desenho passivo que contribuíram para a realização duma proposta que responde ao clima do local, muito distinto do que o Mediterrâneo apresenta, aos impactos causados pela construção, e ao consumo energético, fator que influencia a pegada ecológica de uma obra a longo prazo.

Uma vez que a área de projeto proposta pelo concurso se apresenta numa zona ligada à *Helsinki University* a Norte, e à *Vikki Research Farm* e à zona florestal protegida a Sul, a intenção urbana do projeto foi ligar as duas funções da cidade, surgindo daí um parque que dá continuidade e preserva a área verde existente e que também serve para o usufruo da comunidade universitária e dos futuros residentes dos edifícios propostos. O desenho urbano conecta os novos edifícios propostos e os existentes, ou seja, o antigo edifício de escritórios e o antigo museu, que terão uma nova função, e também o Gardenia, atual restaurante e cervejaria. Estes elementos pousam sobre o parque que apresenta áreas de descanso e lazer, entre os quais o jardim japonês existente, um campo desportivo, um jardim de infância e hortas urbanas, ligadas à nova estufa, readaptação a partir do antigo museu. Todo o conjunto de edifícios e espaços de recreio são interligados por caminhos pedestres, complementados por bancos, incentivando à paragem do indivíduo e ao desfruto da Natureza. Os diversos espaços de lazer têm o objetivo de abranger e atrair qualquer faixa etária da comunidade residente nesta área.



Fig. 57. Implantação geral da proposta



Fig. 58. Representação esquemática do programa

"*The physical location of a given building site defines a set of climatic conditions that will influence the energy use of the building. Key climate variables include temperature and relative humidity, the position and intensity of the sun, the speed and direction of the wind and the dominant sky conditions, or cloudiness, which influences the quality and quantity of light.*"[63]

Em encontro com o que Mark Dekay e G. Z. Brown mencionam em *Sun, Wind and Light* (2014),[64] o estudo do local e respetivo clima e arquitetura foi importante para cumprir as condições de conforto que o edifício em questão requere, devido ao clima que o local apresenta. Deste modo, o processo deste projeto começou pelo estudo solar do local dedicado à proposta, em Helsínquia.

A partir de cartas solares, foi possível observar a amplitude solar e o ângulo em qua a sua luz atinge os edifícios no local de intervenção, em cada hora de um dia específico. Para estudo em questão, foi aplicado este método nas datas correspondentes aos solstícios de verão e de inverno, uma vez que, por serem situações opostas, é possível observar os extremos de número de horas solares e do percurso do sol durante um ano inteiro. Assim, determinou-se o número mínimo e máximo de horas solares durante um dia, respetivamente 5h 48min e 18h 56min.

O estudo de número de horas solares também foi feito relativamente à sua projeção em cada fachada do novo edifício proposto, utilizando o plugin *Ladybug* no programa *Rhinoceros*, sendo possível, assim, tirar a conclusão que a fachada Sul é a que apresenta a maior ensolaração e, por isso, a maior capacidade de captar energia solar para o uso em aquecimento durante o inverno, período esse em que os gastos energéticos aumentam devido ao clima frio.

63 DEKAY, Mark, BROWN, G. Z., Sun, Wind and Light: architectural design strategies – third edition, WILEY, New Jersey, 2014, p. 80

64 Ibidem

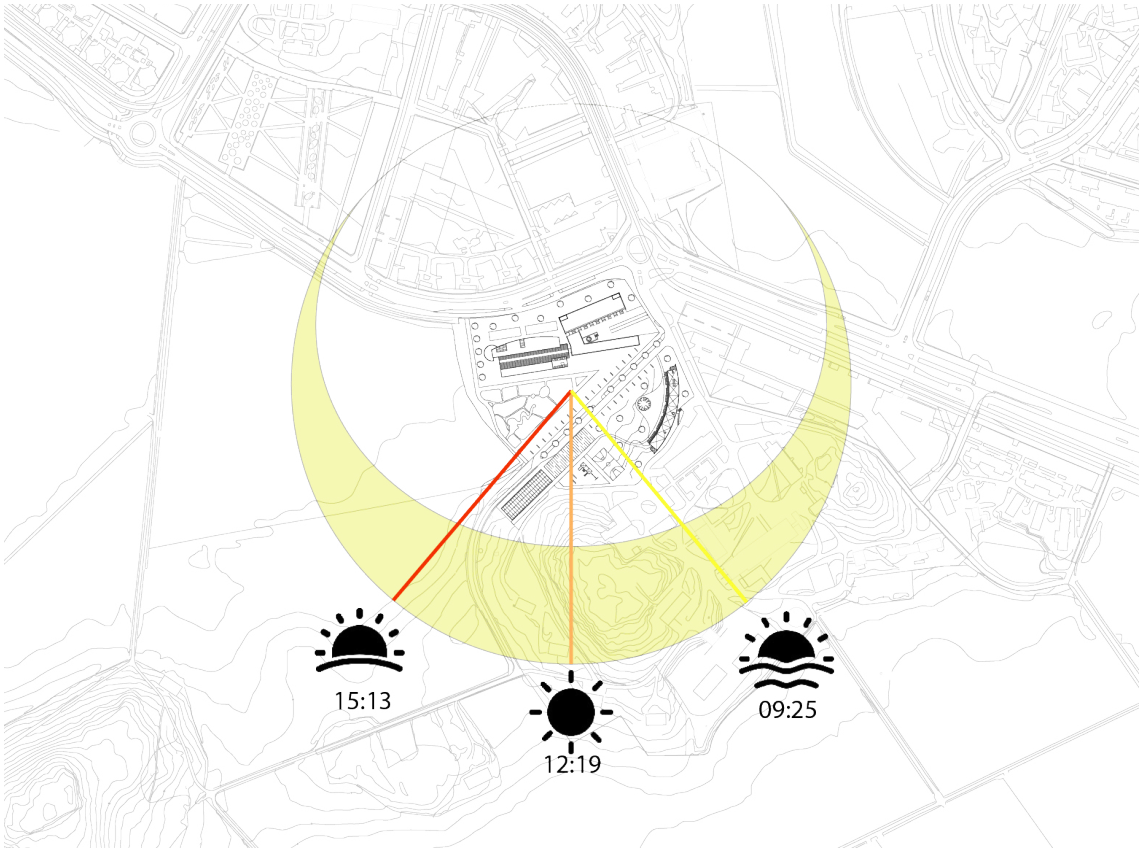


Fig. 59. Carta solar referente ao solstício de inverno

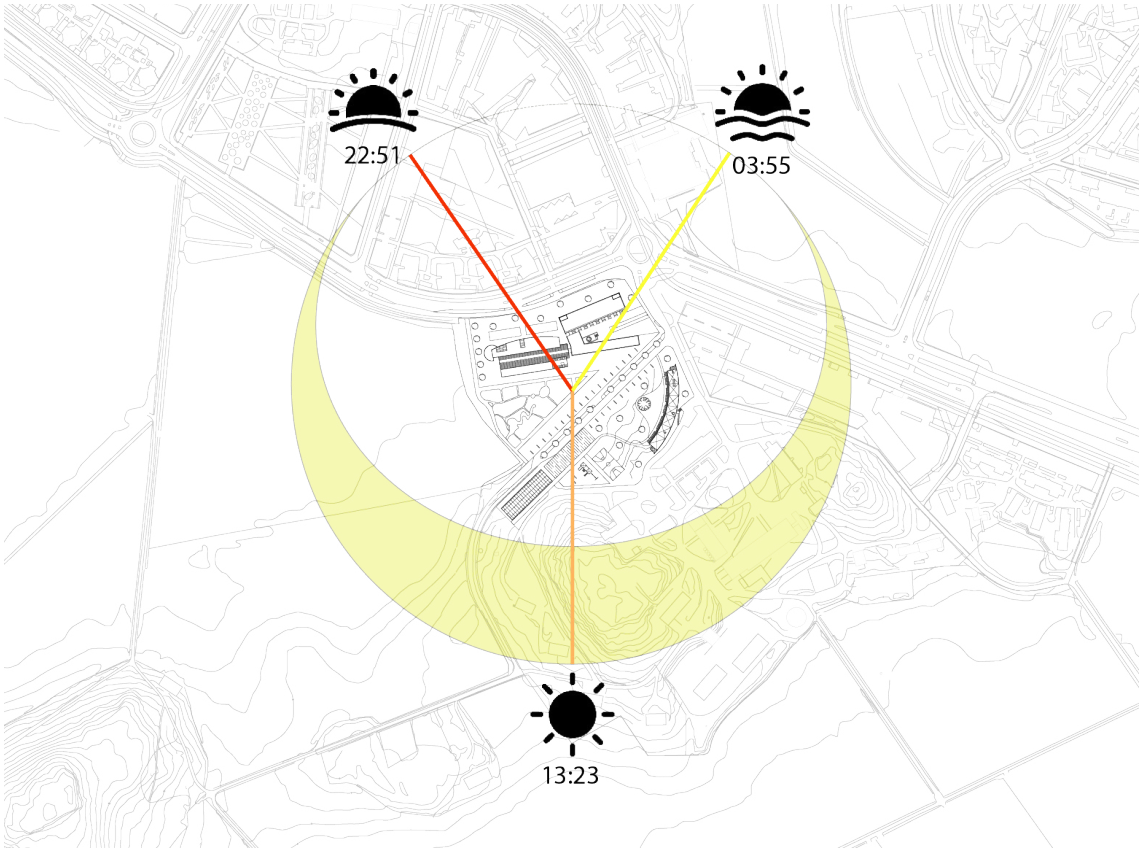


Fig. 60. Carta solar referente ao solstício de verão

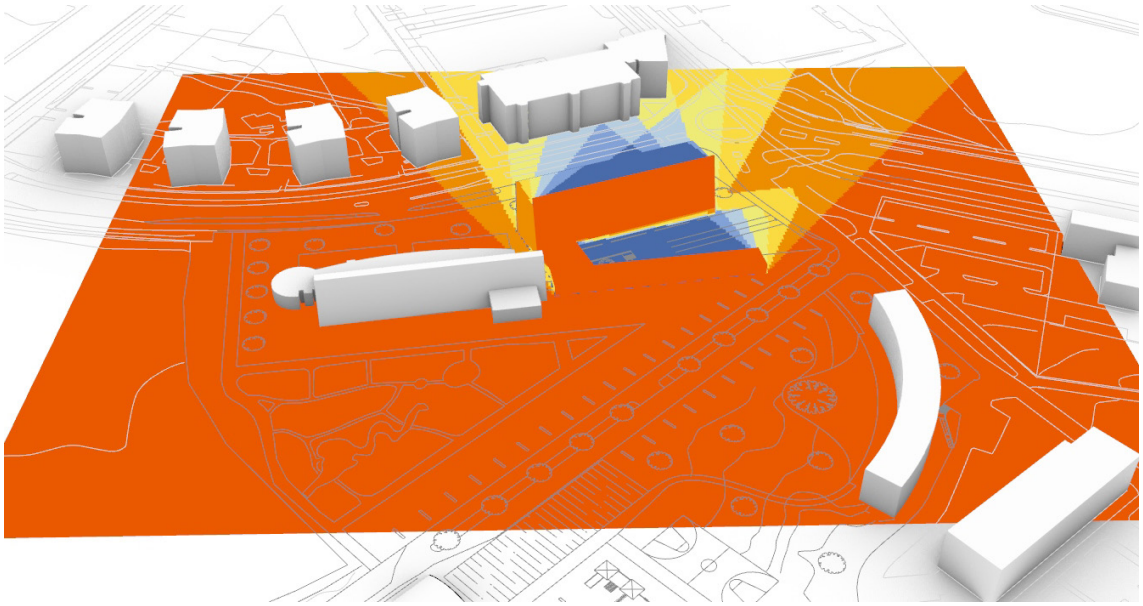


Fig. 61. Representação do número de horas solares no solstício de inverno pelo Ladybug

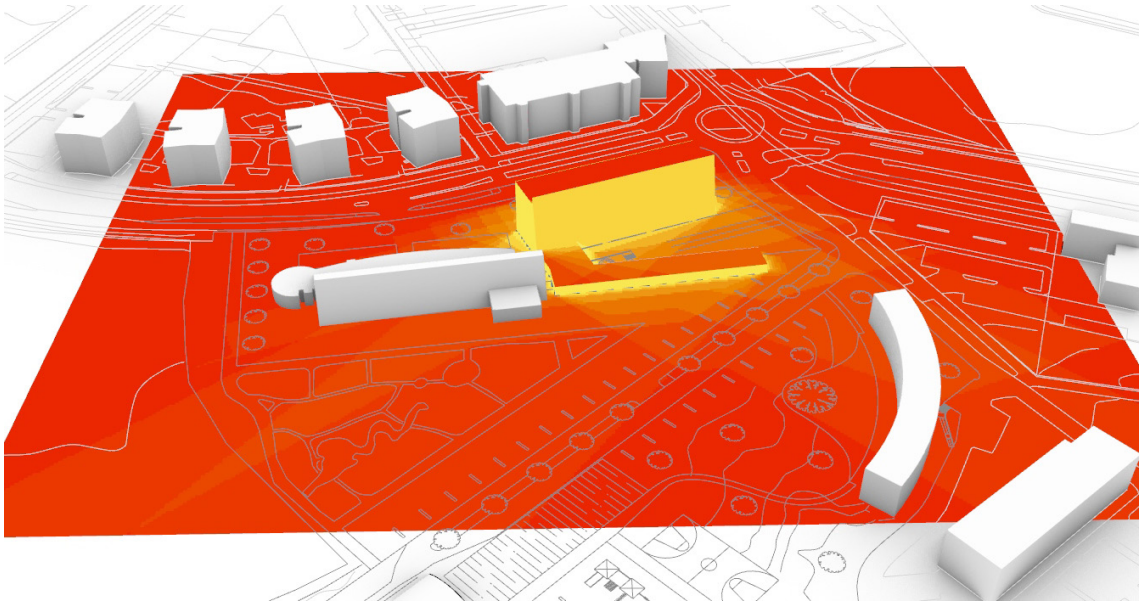
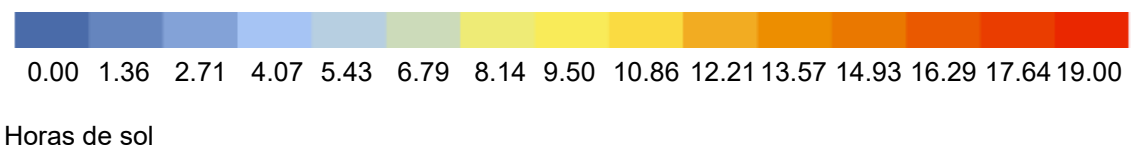


Fig. 62. Representação do número de horas solares no solstício de verão pelo Ladybug



Utilizando como referência o edifício a renovar e o Gardenia, o novo edifício proposto também apresenta uma fachada de vidro, com um ritmo marcado pela estrutura, de maneira a absorver o máximo de energia solar, dando assim resposta ao clima finlandês. A partir disso, foi adotada uma estratégia de estufa, similar aos jardins de inverno, como método de absorção de radiação solar para o aquecimento das habitações propostas, permitindo também o crescimento de plantas nestes terraços.

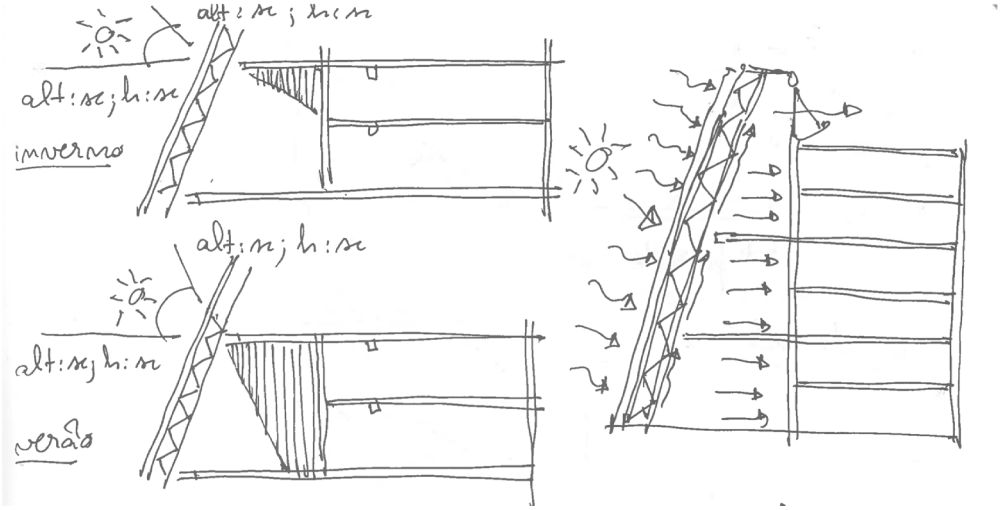


Fig. 63. Desenho de estudo de absorção solar pela estufa

A estrutura deste edifício é maioritariamente de CLT (*cross laminated timber*), contribuindo assim para uma menor pegada ecológica durante a fase de construção, e também de betão para a garagem subterrânea e fundações. O uso de CLT permite a desmontagem da estrutura no fim de vida do edifício, para o seu reuso ou processamento de desperdícios. Para além disso, por ser um material leve, permite assim um menor uso de betão para as fundações.



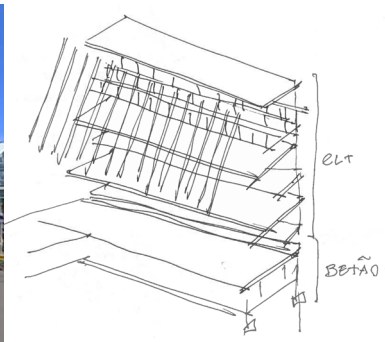


Fig. 64. Fotografia do Gardenia

Fig. 65. Desenho de estudo da estrutura do novo edifício residencial

O rés-do-chão apresenta áreas de serviço e de comércio distribuídas ao longo duma galeria interior com ligação ao Gardenia, de modo a evitar percursos exteriores durante o inverno. Entre os espaços mencionados, esta área apresenta um snack-bar, um espaço de arrumos para bicicletas, uma área comum, uma sala de leitura, uma lavandaria e lojas, orientadas a Sul para a rua no interior do terreno, não sendo assim exclusivas aos residentes do edifício.

As tipologias dos apartamentos correspondem às apresentadas como condições do concurso. Subdividem-se em T0s simplex e T2s e T3s duplex. A fachada Sul apresenta espaços negativos com o objetivo de permitir a renovação de ar no sentido longitudinal ao edifício. Por outro lado, a fachada norte possui menores vãos de modo a minimizar perdas térmicas.

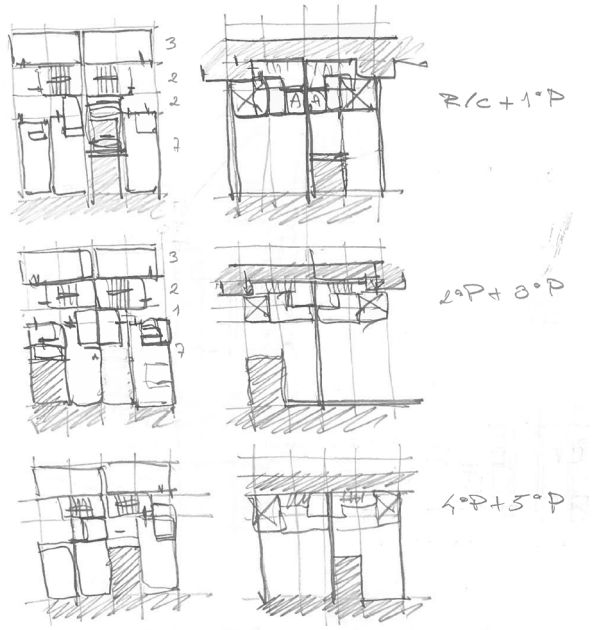


Fig. 66. Desenho de estudo de tipologias do edifício residencial

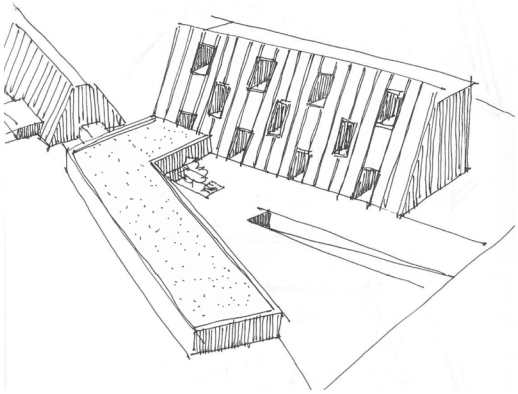


Fig. 67. Esquisso do edifício habitacional



Fig. 68. Plantas do Rés-do-chão e Piso 1 do edifício habitacional



Fig. 69. Plantas do Piso 2 e do Piso 3 do edifício habitacional



Fig. 70. Plantas do Piso 4 e do Piso 5 do edifício habitacional

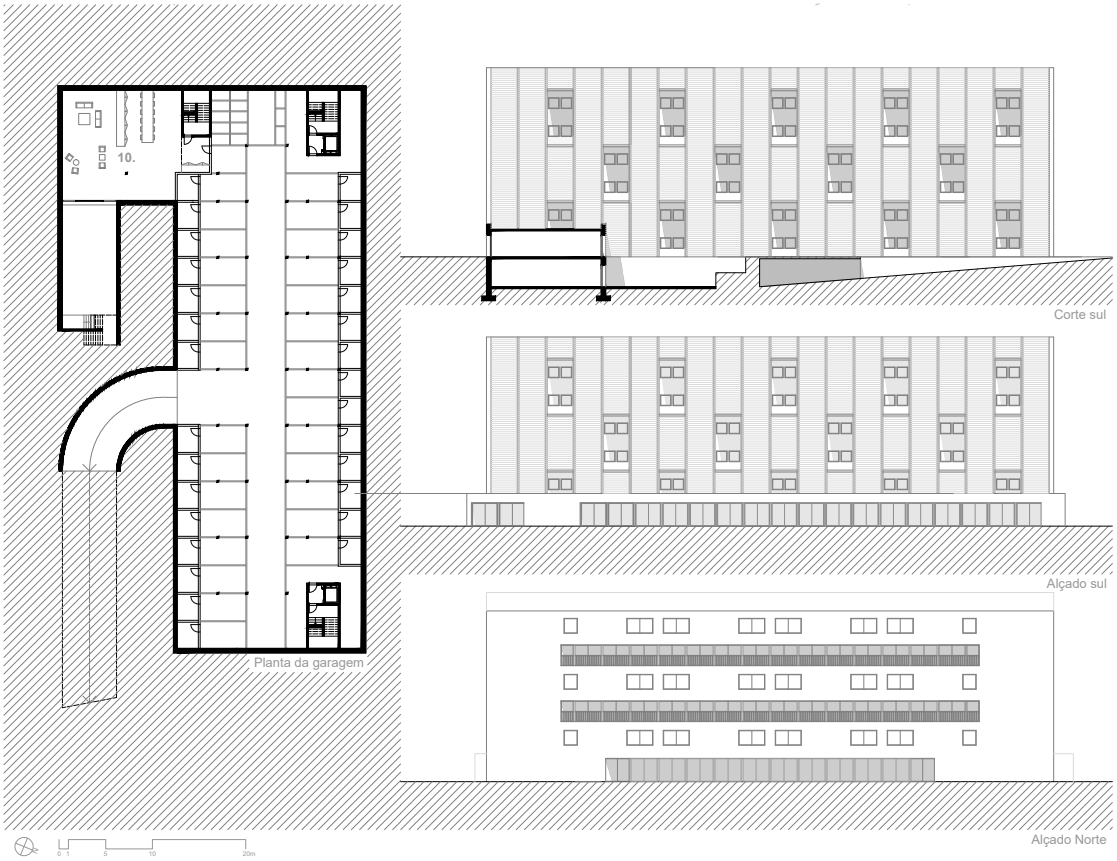


Fig. 71. Plantas da Garagem e alçados do edifício habitacional

Em relação às opções construtivas adotadas, foi procurado utilizar produtos e sistemas da Saint-Gobain, uma vez que fazia parte dos requisitos do concurso, tendo optado o máximo possível aos produtos fabricados e vendidos pela marca na Finlândia, devido às emissões de CO_2 causadas pelo seu transporte até o local de obra.

O uso da madeira predominou na escolha de materiais, devido à sua abundância no país em questão. O CLT foi optado para a estrutura e paredes do edifício, tendo sido adotadas placas de origem de abeto finlandês. Relativamente ao revestimento das fachadas foram escolhidas tábuas de madeira de pinho finlandês.

Também procurou-se escolher um isolamento térmico com impactos ecológicos reduzidos, tendo-se assim optado por um isolamento de lã de vidro, sendo os materiais para a sua produção ou de origem natural, a areia e o bórax que são extraídos de pedreiras, ou reciclados, como é o caso dos cacos de vidro que são depois fundidos e fibrados dando origem à lã de vidro.



1. CLT 5x4cm - Hoisko CLT
2. Isolamento térmico de lã de vidro 20cm - ISOVER EXTREMO 32
3. Isolamento hidrófogo 0.15cm - WEBERDRY ROLL
4. Barrotes 3x5cm - LUNAWOOD
5. Revestimento de madeira - LUNA PANEL SYSTEM 19X117

Fig. 72. Axonometria dos elementos construtivos constituintes da parede exterior do edifício habitacional

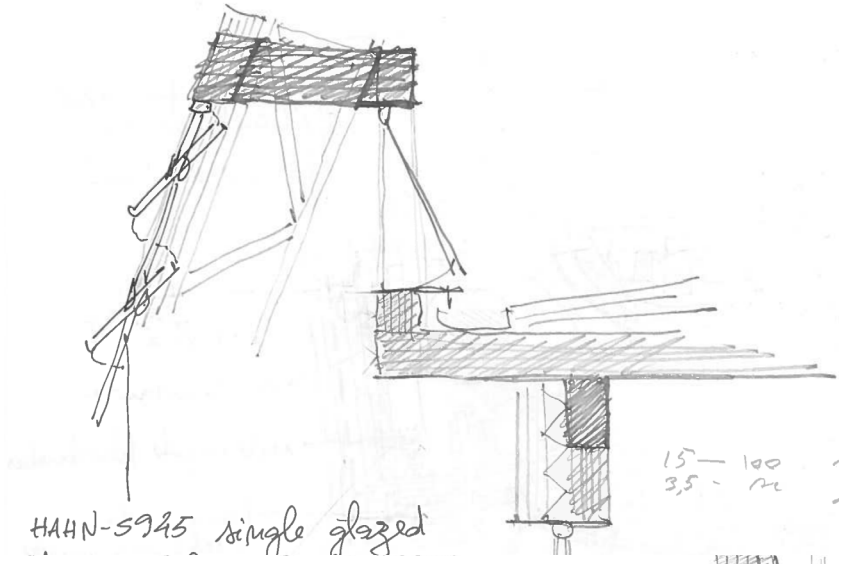


Fig. 73. Desenho de estudo construtivo

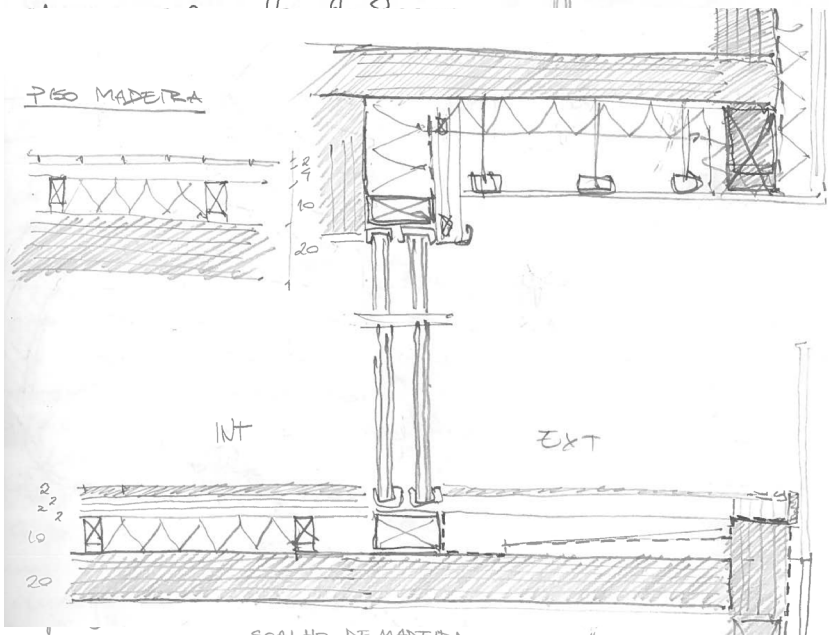


Fig. 74. Desenho de estudo construtivo

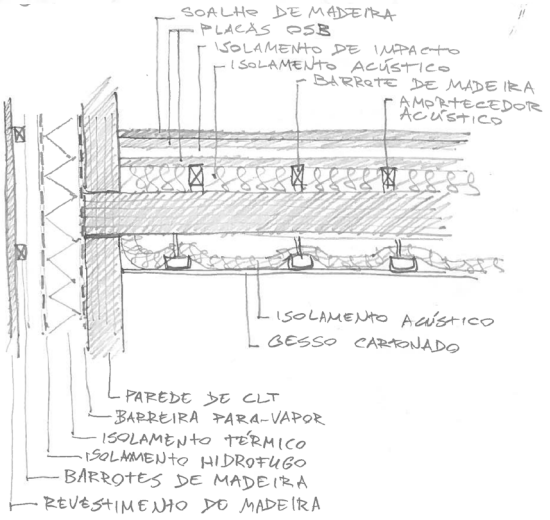


Fig. 75. Desenho de estudo construtivo

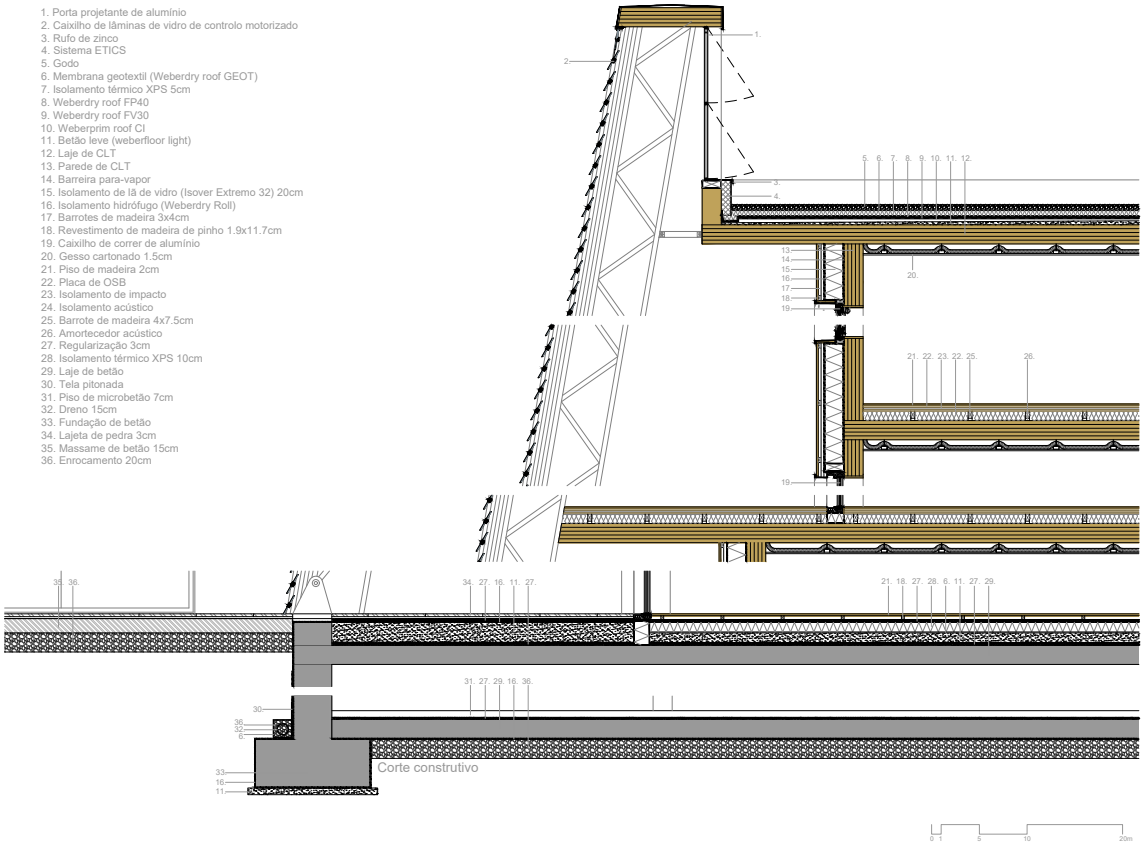


Fig. 76. Corte construtivo da fachada sul do edifício residencial

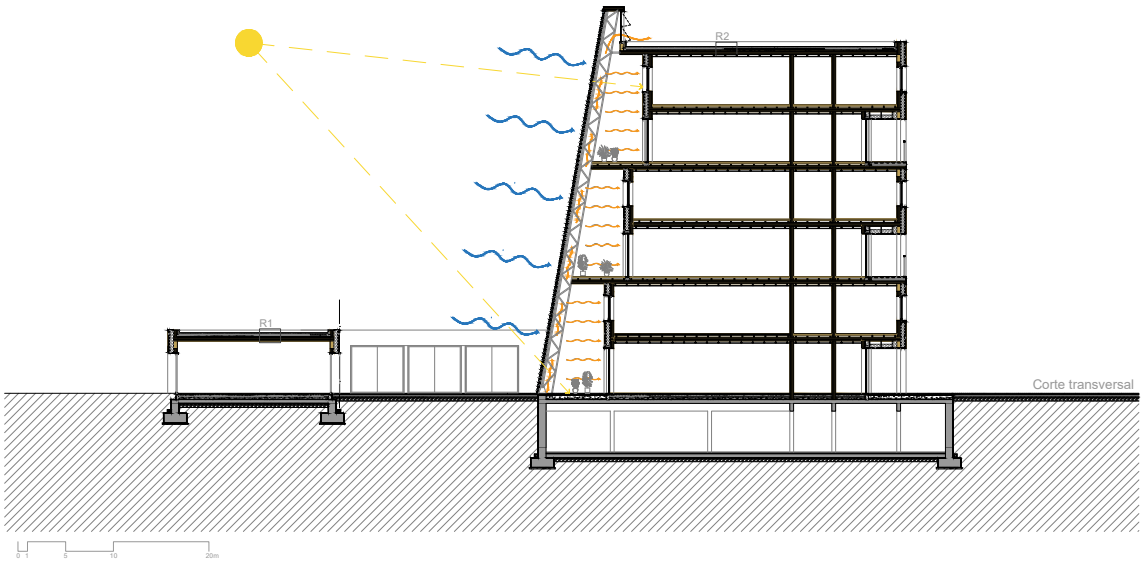


Fig. 77. Corte transversal e sistemas da Saint-Gobain utilizados no edifício residencial

Foram aplicadas diferentes estratégias para o aquecimento do interior do edifício e para a sua renovação de ar. No interior das zonas de estufa, dá-se a captação de radiação solar, aquecendo estes espaços, e transferindo o calor para cada apartamento, evitando, assim, o consumo de energia para este efeito, no período de inverno. A escolha da organização dos fogos em duplex foi realizada de maneira a que um maior número de espaços habitáveis estivesse exposto ao calor proveniente da estufa. Durante o verão, o ar quente sobe e sai pela janela projetante na cobertura, permitindo o arrefecimento destes espaços. Para além disso, a fachada de vidro é constituída por um sistema de lâminas de vidro com capacidade rotativa, possibilitando a renovação de ar.

O desenho dos terraços foi realizado de modo que a sua profundidade permitisse uma exposição total ao sol dos espaços habitáveis a Sul durante o inverno, de modo que seja possível usufruir do máximo de luz diurna, contribuindo para a qualidade de vida dos residentes. Durante o verão, esta laje proporciona sombra ao apartamento inferior.

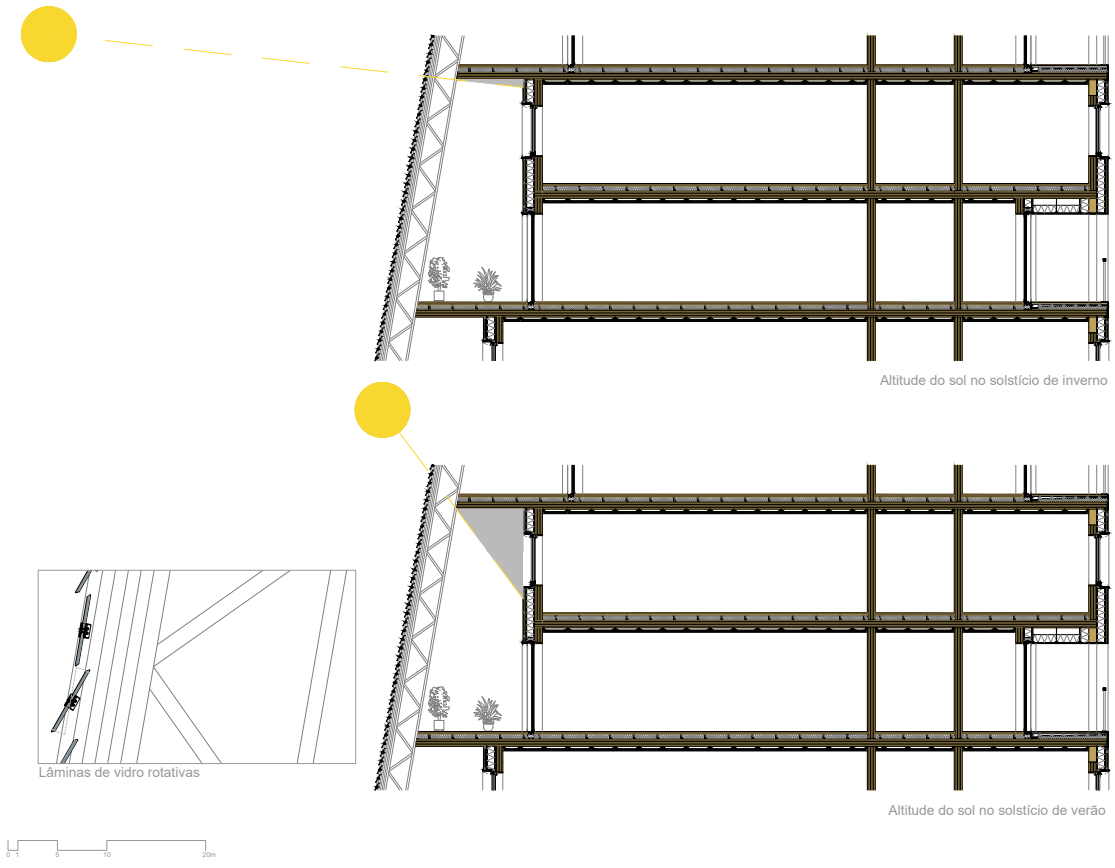


Fig. 78. Estudo solar nos solstícios de verão e inverno no edifício residencial

Relativamente ao edifício a renovar, em que o espaço interior deveria ser adaptado a uma nova função, as principais alterações foram realizadas na organização das paredes interiores e nos vãos da fachada Sul. O rés-do-chão é novamente dedicado a serviços e comércio, sendo que apresenta lojas, uma cantina, espaços comuns, sala polivalente, e área administrativa. Os restantes dois pisos são destinados aos quartos para hóspedes temporários e investigadores. Cada quarto apresenta espaço de estar, de dormir, de comer e de estudo. Uma vez que os vãos originais eram pequenos, para os novos espaços de habitar as janelas a Sul foram desenhadas de forma a receber mais luz solar durante o dia.

Novamente, foram adotados produtos da *Saint-Gobain* para a renovação interior do edifício, mais particularmente para paredes interiores e tetos falsos. Para as paredes entre divisórias e entre apartamentos, e também para os tetos falsos, foram escolhidos sistemas de gesso cartonado. Já as paredes que dividem os apartamentos da galeria interior de acessos são um sistema de paredes de massa térmica. O objetivo foi o uso dos blocos

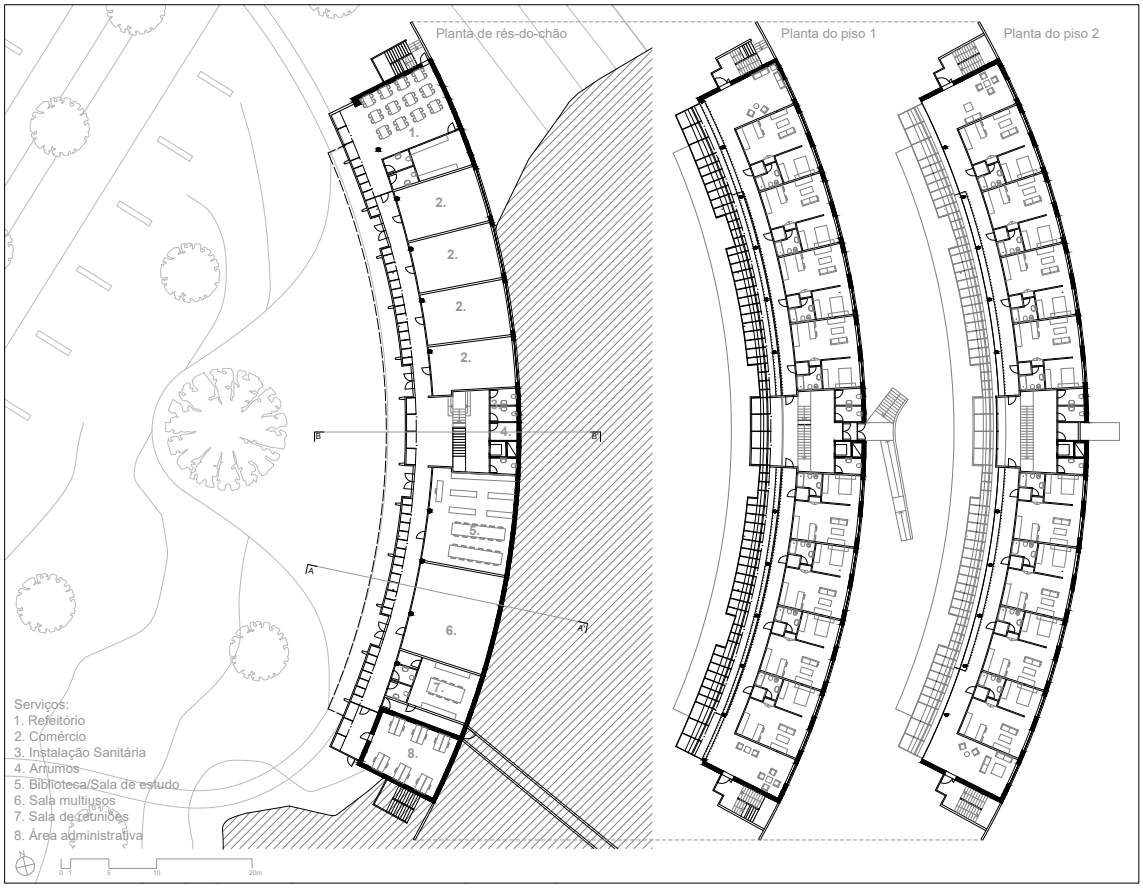


Fig. 79. Plantas do edifício a renovar

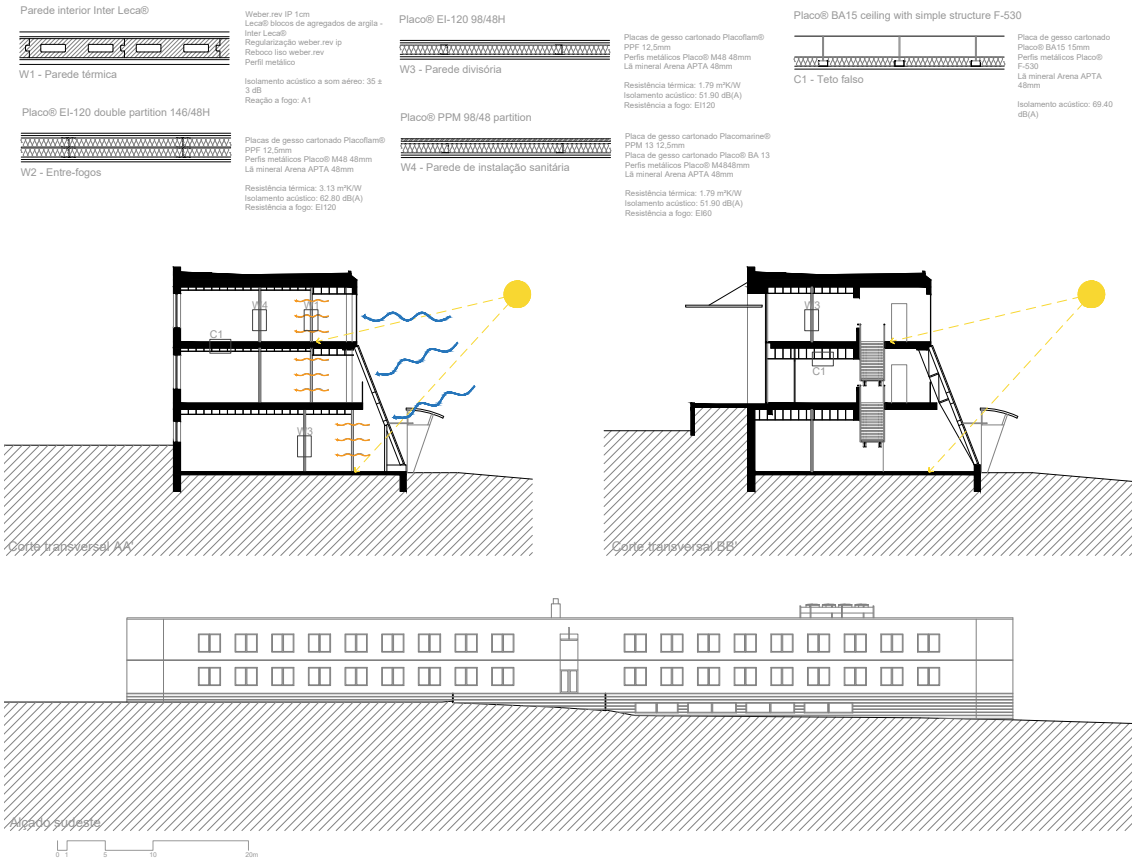


Fig. 80. Cortes transversais e alçado edifício a renovar

de agregados de argila para uma parede com capacidade de absorver energia térmica, sendo assim possível absorver o calor proveniente da fachada norte envidraçada.

Finalmente, foi realizado o cálculo de LCA através da ferramenta *OneClickLCA*, onde observou-se resultados positivos a nível de emissão de CO_2 durante todo o período de vida, tendo tido em conta ao longo do projeto do estudo realizado nesta dissertação, através de bibliografia e casos de estudo.

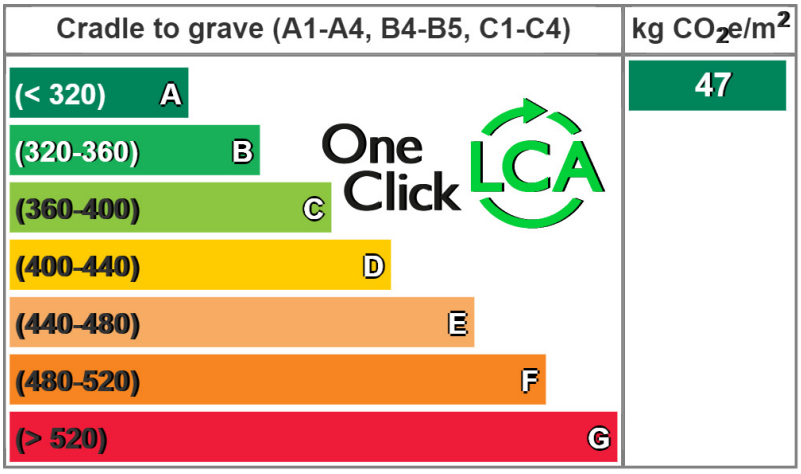


Fig. 81. Cálculo de LCA

Considerações finais

Para o fim de entender as questões de sustentabilidade na arquitetura e dar resposta ao concurso (*Architecture Student Contest 2024 Helsinki*), foi necessário estudar que tipos de estratégias uma obra pode adotar para ter o mínimo impacto possível no meio ambiente.

Deste modo, foi importante entender o contexto ambiental global, tal como o impacto da construção, e os meios como a mesma prejudica o planeta, sendo assim possível identificar os critérios para reduzir essas consequências. Foram assim destacados três elementos a conservar – energia, ecologia e meio ambiente – identificando ações na arquitetura que são beneficiárias para os proteger. Também foi destacado como é possível avaliar os impactos dos edifícios durante todo o seu ciclo de vida, introduzindo assim o LCA.

Uma vez que o principal usufruidor da arquitetura é o Homem, foi importante estudar como dar resposta ao seu conforto ao mesmo tempo de minimizar os impactos ecológicos. Dado que a primeira resposta ao conforto humano é a criação de abrigo às condições climáticas que possam ser prejudiciais à sua saúde (calor, frio, chuva, vento) foi essencial analisar estratégias ecológicas que respondam ao clima e ao bem-estar do habitante, tendo sido assim estudado as estratégias de desenho passivo.

Outro fator importante para um edifício sustentável é o impacto dos seus materiais e a sua circularidade, tendo-se concluído que a madeira é uma boa escolha, por ser um recurso renovável, caso gerido corretamente. Destacou-se o CLT, derivado da madeira, uma vez que este apresenta a vantagem de ser um elemento com resistência estrutural, leve em relação à sua capacidade de sustentar carga, de fácil transporte e montagem por ser pré-fabricado, que também pode ser desmontado, que aproveita material de baixa qualidade e de baixo custo em relação à madeira maciça.

Uma vez que o caso prático se trata de um edifício residencial foi importante estudar questões de sustentabilidade na habitação, tendo-se identificado alguns temas contemporâneos para o conforto do habitante como a flexibilidade no uso dos espaços, acesso

a espaços verdes e áreas de lazer, boa qualidade de vida a baixo custo, o uso do solo e o impacto das construções e demolições nas áreas urbanas. De forma a entender alguns destes temas mais a fundo, recorreu-se a casos de estudo, tendo sido demonstrado a forma como os arquitetos em questão colocaram os critérios e estratégias abordadas em prática. Alguns dos métodos utilizados foram referência no projeto.

A análise das condições do concurso e condições climáticas de Helsínquia, muito diferentes das de Portugal, foram o que conduziram inicialmente o projeto. Devido ao clima distinto do que é normalmente trabalhado e vivenciado pelos portugueses, foi fundamental realizar estudos em relação ao número de horas solares neste território, à exposição solar no edifício, à temperatura média em cada estação, para decidir que tipo de estratégias são ideais para um ótimo conforto no interior do edifício, tendo sido assim escolhido um meio de desenho passivo, a estufa, analisado anteriormente na House in Regensburg, como principal método de aquecimento face às condições climatéricas rigorosas locais, sem utilizar formas de aquecimento ativas que resultam num elevado consumo energético. O principal elemento estrutural foi escolhido com bases nas vantagens do material estudado, o CLT, também abordado na análise do caso de estudo La Borda, devido ao seu baixo impacto ecológico. A análise de questões contemporâneas de habitabilidade também foi tida em conta na realização do projeto, na medida que várias foram colocadas em prática como a priorização de espaços verdes e acesso a espaços de lazer – para uma boa saúde mental e física, o uso de materiais de baixo impacto ecológico e úteis para um novo ciclo de vida e a flexibilidade dos espaços.

Bibliografia

EDWARDS, Brian, *Rough Guide to Sustainability*, RIBA Enterprises, Londres, 2005

EDWARDS, Brian, *Sustainable Architecture: European directives & building design*, Architectural Press, Oxford, 1999

MOURÃO, Joana, PEDRO, João Branco, *Princípios de edificação sustentável*, LNEC, Lisboa, 2012

CESCHIN, Fabrizio, GAZIULUSOY, Idil, *Design for Sustainability: A Multi-level Framework from Products to Socio-technical Systems*, Routledge, Oxon, 2020

DOMINIQUE, Gauzin-Müller, *Arquitectura ecológica*, GG, Barcelona, 2002

RODRIGUES, Sara, JORGE, Renato, GARCIA, João, *A sustentabilidade como princípio ético. A visão de diferentes perspetivas*, U. Porto Press, Porto, 2022

GONZÁLEZ, F. Javier, *Arquitectura Bioclimática: en un entorno sostenible*, Munil-la-Lería, Madrid, 2004

GAUZIN-MULLER, Dominique, *Arquitectura ecológica: 29 ejemplos europeos*, GG, Barcelona, 2002

OLGYAY, Victor, *Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*, Gustavo Gili, Barcelona, 2002

MOITA, Francisco, *Energia Solar Passiva*, Imprensa Nacional – Casa da Moeda, 1987

DEKAY, Mark, BROWN, G. Z., *Sun Wind & Light: architectural design strategies*, John Wiley & Sons, Hoboken, 2014

MAZRIA, Edward, *The Passive Solar Energy Book*, Rodale Press, Inc., Emmaus, 1979

S.N., *Sustentabilidade Ambiental da Habitação*, LNEC, Lisboa, 2010

KAUFMANN, Hermann, KROTSCH, Stefan, WINTER, Stevan, *Manual of Multi-storey timber construction*, Detail Business Information GmbH, Munique, 2018

HERZOG, Thomas, *Timber Construction manual*, Birkhäuser, Basel, 2004

GUSTAFSSON, Anders, *The CLT Handbook*, Föreningen Sveriges Skogsindustrier, Estocolmo, 2019

PERRICCIOLI, Massimo, ROSSI, Monica, *Thomas Herzog: reacting skin, edizioni kappa*, Roma, 2005

S. N., *Werk, Bauen + Wohnen (Bund Schweizer Architekten)*, Zurique, 1980, n. º 5

S. N., *Lacaton & Vassal: 1993-2015*, El Croquis, Madrid, 2015, nº177/178, p. 339

LACATON, Anne, *Interview with Anne Lacaton: More space, more light, more green: a new vision of social housing*, 2014

SCHULZ, Christian Norberg, *Nightlands*, The MIT Press, Cambridge, 1996

RICHARDS, J. M., *A guide to Finnish architecture*, Frederick A. Praeger, Inc. Publishers, Nova Iorque, Washington, 1967

Webgrafia

https://www.dicio.com.br/sustentabilidade/. Consultado em 16/02/2024

https://www.lacol.coop/projectes/laborda/. Consultado em 13/04/2024

KAFKA, George, *Sustainable building, sustainable living: La Borda, Barcelona by Lacol*, 23 junho 2020. Disponível em: https://www.architectsjournal.co.uk/buildings/sustainable-building-sustainable-living-la-borda-barcelona-by-lacol.Consultado em 13/04/2024

GAMBOA, Cristina, *Architect's view in Sustainable building, sustainable living: La Borda, Barcelona by Lacol*, 23 junho 2020. Disponível em: https://www.architectsjournal.co.uk/buildings/sustainable-building-sustainable-living-la-borda-barcelona-by-lacol. Consultado em 13/04/2024

PETERS, Charlotte, *96 logements, Chalon-sur-Saône / Prés-Saint-Jean, Lacaton & Vasal*, 29 dezembro 2017. Disponível em: https://wordpressmdesignhabitatgecollectiu-wordpress.wordpress.com/2017/12/29/96-logements-chalon-sur-saone-pres-saint-jean-lacaton-vasal/. Consultado em 01/08/2024

https://pt.weatherspark.com/y/91632/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Hels%C3%AD-nquia-Finl%C3%A2ndia-durante-o-ano. Consultado em 29/07/2024

Wordometers, *Finland's Population*. Disponível em: https://www.worldometers.info/world-population/finland-population/. Consultado em 22/04/2024

Iconografia

Figura 1. Ciclo de Vida de um Produto

EDWARDS, Brian, *Rough Guide to Sustainability*, RIBA Enterprises, Londres, 2005, p. 114

Figura 2. Três perspetivas no projeto sustentável

EDWARDS, Brian, *Rough Guide to Sustainability*, RIBA Enterprises, Londres, 2005, p. 92

Figura 3. Os três E's e os três R's

EDWARDS, Brian, *Rough Guide to Sustainability*, RIBA Enterprises, Londres, 2005, p. 91

Figura 4. Representação teórica da habitação equilibrada

OLGYAY, Victor, *Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*, Gustavo Gili, Barcelona, 2002, p. 15

Figura 5. Relação entre o corpo humano e o clima

OLGYAY, Victor, *Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*, Gustavo Gili, Barcelona, 2002, p. 15

Figura 6. Gráfico de orientação regional

OLGYAY, Victor, *Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*, Gustavo Gili, Barcelona, 2002, p. 61

Figura 7. Reserva de calor

OLGYAY, Victor, *Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*, Gustavo Gili, Barcelona, 2002, p. 45

Figura 8. Zona de declive de temperatura temperada

OLGYAY, Victor, *Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*, Gustavo Gili, Barcelona, 2002, p. 45

Figura 9. Movimento de ar frio

OLGYAY, Victor, *Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*, Gustavo Gili, Barcelona, 2002, p. 45

Figura 10. Tipos de proteção solar

OLGYAY, Victor, *Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*, Gustavo Gili, Barcelona, 2002, p. 73

Figura 11. Representação de um sistema de ganho solar direto

MOITA, Francisco, *Energia Solar Passiva*, Imprensa Nacional – Casa da Moeda, 1987, p. 79

Figura 12. Representação de um sistema de ganho solar indireto

MOITA, Francisco, *Energia Solar Passiva*, Imprensa Nacional – Casa da Moeda, 1987, p. 87

Figura 13. Representação de um sistema de ganho solar de uma estufa

MOITA, Francisco, *Energia Solar Passiva*, Imprensa Nacional – Casa da Moeda, 1987, p. 93

Figura 14. A contribuição da madeira e das florestas no desenvolvimento sustentável

HERZOG, Thomas, *Timber Construction manual*, Birkhäuser, Basel, 2004, p. 47

Figura 15. Ciclo de vida da madeira e do dióxido de carbono

HERZOG, Thomas, *Timber Construction manual*, Birkhäuser, Basel, 2004, p. 48

Figura 16. Ciclo de vida do CLT

GUSTAFSSON, Anders, *The CLT Handbook*, Föreningen Sveriges Skogsindustrier, Estocolmo, 2019, p. 17

Figura 17. Exemplo de construção em CLT

https://www.archdaily.com.br/br/922665/a-madeira-laminada-cruzada-clt-e-o-concreto-do-futuro

Figura 18. Fotografia da House in Regensburg

https://r-ein.de/wp-content/uploads/2023/04/Regensburg_ThomasHerzog_Credit_RichardSchenkirz_0007-1400x1391.jpg

Figura 19. Implantação da House in Regensburg

S. N., *Werk, Bauen + Wohnen (Bund Schweizer Architekten)*, Zurique, 1980, n. º 5, p. 21

Figura 20. Desenho de estudo de aquecimento solar e circulação do ar no verão e inverno

Desenho da autora, baseado em: S. N., *Werk, Bauen + Wohnen (Bund Schweizer Architekten)*, Zurique, 1980, n. º 5, p. 22

Figura 21. Fotografia da House in Regensburg

https://r-ein.de/wp-content/uploads/2023/04/Regensburg_ThomasHerzog_Credit_RichardSchenkirz_0011-1388x1400.jpg

Figura 22. Axonometria da House in Regensburg

https://pbs.twimg.com/media/Ei5v19zWsAEHHpZ.jpg

Figura 23. Fotografia da House in Regensburg

https://www.researchgate.net/profile/Ezequiel-Uson-Guardiola/publication/276513381/figure/fig2/AS:406504436977669@1473929618326/House-in-Regensburg-intermediate-hallway.png

Figura 24. Fachada da La Borda

https://www.lacol.coop/wp-content/uploads/2017/12/facanasud.jpg

Figura 25. Planta do Piso 3 da La Borda

https://www.lacol.coop/wp-content/uploads/2016/12/p1-1.jpg

Figura 26. Esquema de tipologias da La Borda

https://www.lacol.coop/wp-content/uploads/2016/12/8-1024x597.jpg

Figura 27. Desenho de estudo de aquecimento solar e circulação de ar no verão e inverno

Desenho da autora, baseado em: https://www.architectsjournal.co.uk/buildings/sustainable-building-sustainable-living-la-borda-barcelona-by-lacol

Figura 28. Fotografia da La Borda

https://www.lacol.coop/wp-content/uploads/2017/12/Lluc-Miralles-1.jpg

Figura 29. Fotografia da La Borda

https://www.lacol.coop/wp-content/uploads/2017/12/Lluc-Miralles-9.jpg

Figura 30. Fotografia da Chalon sur Saône

https://www.lacatonvassal.com/index.php?idp=72

Figura 31. Fotografia da Chalon sur Saône

https://www.lacatonvassal.com/index.php?idp=72

Figura 32. Axonometria e plantas da Chalon sur Saône

S. N., *Lacaton & Vassal: 1993-2015*, El Croquis, Madrid, 2015, nº177/178, p. 343

Figura 33. Cortes transversais da Chalon sur Saône

S. N., *Lacaton & Vassal: 1993-2015*, El Croquis, Madrid, 2015, nº177/178, p. 344

Figura 34. Cortes transversais da Chalon sur Saône

Desenho da autora, baseado em: https://www.lacatonvassal.com/index.php?idp=72

Figura 35. Fotografia do Rés-do-Chão vazado da Chalon sur Saône

https://www.lacatonvassal.com/index.php?idp=72

Figura 36. Fotografia do espaço de estufa da Chalon sur Saône

https://www.lacatonvassal.com/index.php?idp=72

Figura 37. Fotografia área do terreno do concurso

© Google Maps

Figura 38. Programas no terreno do concurso

Desenho da autora, baseado em: © Google Maps

Figura 39. Fotografia aérea do antigo edifício de escritórios (Edifício A)

© Saint-Gobain. https://www.youtube.com/watch?v=ceP6WhMTPlw&t=4s

Figura 40. Fachada principal do antigo edifício de escritórios (Edifício A)

© Saint-Gobain. https://www.youtube.com/watch?v=ceP6WhMTPlw&t=4s

Figura 41. Fotografia aérea do edifício a demolir (Edifício B)

© Saint-Gobain. https://www.youtube.com/watch?v=ceP6WhMTPlw&t=4s

Figura 42. Fotografia aérea do antigo museu

© Saint-Gobain. https://www.youtube.com/watch?v=ceP6WhMTPlw&t=4s

Figura 43. Fotografia da entrada do Gardenia

© Saint-Gobain. https://www.youtube.com/watch?v=ceP6WhMTPlw&t=4s

Figura 44. Fotografia aérea do terreno a projetar

© Saint-Gobain. https://www.youtube.com/watch?v=ceP6WhMTPlw&t=4s

Figura 45. Mapa Köppen-Geiger

https://forest-gis.com/2015/10/classificacao-climatica-de-koppen-geiger-em-shapefile.html/

Figura 46. Temperaturas máximas e mínimas médias em Helsínquia

https://pt.weatherspark.com/y/91632/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Hels%C3%ADnquia-Finl%C3%A2ndia-durante-o-ano

Figura 47. Chuva mensal média em Helsínquia

https://pt.weatherspark.com/y/91632/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Hels%C3%ADnquia-Finl%C3%A2ndia-durante-o-ano

Figura 48. Horas de luz solar e crepúsculo em Helsínquia

https://pt.weatherspark.com/y/91632/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Hels%C3%ADnquia-Finl%C3%A2ndia-durante-o-ano

Figura 49. Precipitação de nevel mensal média em Helsínquia

https://pt.weatherspark.com/y/91632/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Hels%C3%ADnquia-Finl%C3%A2ndia-durante-o-ano

Figura 50. Velocidade média do vento em Helsínquia

https://pt.weatherspark.com/y/91632/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Hels%C3%ADnquia-Finl%C3%A2ndia-durante-o-ano

Figura 51. Gráfico de sombreamento durante o inverno e primavera (21 de dezembro a 21 de junho)

Desenho da autora, obtido em Climate Consultant 6.0

Figura 52. Gráfico de sombreamento durante o inverno e primavera (21 de junho a 21 de dezembro)

Desenho da autora, obtido em Climate Consultant 6.0

Figura 53. Carta psicrométrica

Desenho da autora, obtido em Climate Consultant 6.0

Figura 54. Níveis de conforto em humidade em Helsínquia

https://pt.weatherspark.com/y/91632/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Hels%C3%AD-nquia-Finl%C3%A2ndia-durante-o-ano

Figura 55. Casas de madeira do séc. XVIII com embasamento de pedra e detalhes de carpintaria em madeira

RICHARDS, J. M., *A guide to Finnish architecture*, Frederick A. Praeger, Inc. Publishers, Nova Iorque, Washington, 1967, p. 61

Figura 56. Casas de madeira do séc. XIX

RICHARDS, J. M., *A guide to Finnish architecture*, Frederick A. Praeger, Inc. Publishers, Nova Iorque, Washington, 1967, p. 63

Figura 57. Implantação geral da proposta

Desenho da autora

Figura 58. Representação esquemática do programa

Axonometria da autora

Figura 59. Carta solar referente ao solstício de inverno

Desenho da autora

Figura 60. Carta solar referente ao solstício de verão

Desenho da autora

Figura 61. Representação do número de horas solares no solstício de inverno pelo Ladybug

Axonometria da autora, obetido através de Ladybug

Figura 62. Representação do número de horas solares no solstício de verão pelo Ladybug

Axonometria da autora, obetido através de Ladybug

Figura 63. Desenho de estudo de absorção solar pela estufa

Desenho da autora

Figura 64. Fotografia do Gardenia

© Saint-Gobain. https://www.youtube.com/watch?v=ceP6WhMTPlw&t=4s

Figura 65. Desenho de estudo da estrutura do novo edifício residencial

Desenho da autora

Figura 66. Desenho de estudo de tipologias do edifício residencial

Desenho da autora

Figura 67. Esquisso edifício habitacional

Desenho da autora

Figura 68. Plantas do Rés-do-Chão e Piso 1 do edifício habitacional

Desenho da autora

Figura 69. Plantas do Piso 2 e Piso 3 do edifício habitacional

Desenho da autora

Figura 70. Plantas do Piso 4 e Piso 5 do edifício habitacional

Desenho da autora

Figura 71. Plantas da Garagem e alçados do edifício habitacional

Desenho da autora

Figura 72. Axonometria dos elementos construtivos constituintes da parede exterior do edifício habitacional

Axonometria da autora

Figura 73. Desenho de estudo construtivo

Desenho da autora

Figura 74. Desenho de estudo construtivo

Desenho da autora

Figura 75. Desenho de estudo construtivo

Desenho da autora

Figura 76. Corte construtivo da fachada sul do edifício residencial

Desenho da autora

Figura 77. Corte transversal e sistemas da Saint-Gobain utilizados no edifício residencial

Desenho da autora

Figura 78. Estudo solar nos solstícios de verão e inverno no edifício residencial

Desenho da autora

Figura 79. Plantas do edifício a renovar

Desenho da autora

Figura 80. Cortes transversais e alçado do edifício a renovar

Desenho da autora

Figura 81. Cortes transversais e alçado do edifício a renovar

Desenho da autora

Figura 82. Cálculo de LCA

Desenho da autora, obtido através de OneClickLCA

Apêndices

Condições técnicas do concurso

A. Conforto térmico

O projeto deve manter um bom ambiente interior e deve garantir o conforto durante todo o ano. Para o conseguir, os alunos integrarão medidas passivas (por exemplo, proteção solar, cores claras para superfícies exteriores, telhados e fachadas verdes…) e medidas ativas (por exemplo, ventilação). Para fornecer a energia necessária, as equipas podem propor energias renováveis e sistemas de aquecimento que se ajustem à estratégia da cidade. Actualmente, o aquecimento urbano está disponível, mas a *Helsinki University* está a promover a energia geotérmica, uma vez que apoia bem o objectivo do campus de independência energética da energia da rede.

B. Conforto acústico

O ruído é extremamente prejudicial para a saúde humana. Proporcionar um bom ambiente interior do ponto de vista acústico é crucial para o bem-estar humano. A privação do sono, devido aos elevados níveis de ruído, tem efeitos adversos na saúde humana. As fontes sonoras que mais incomodam, incomodam ou perturbam as funções residenciais são o trânsito e os vizinhos. Parâmetros técnicos – as divisórias selecionadas (como exemplos) devem ser concebidas em conformidade com os requisitos da norma finlandesa SFS 5907:2022 sobre classes acústicas para habitações. O nível A1 é recomendado.

Devido à proximidade da linha de elétrico, recomenda-se que se considere também a qualidade acústica relevante das janelas.

Partition	Factor	Class A2 (mandatory)	Class A1 (better choice)	SG recommendations
Wall between units (airborne noise)	$D_{nT,w}$ ($R'_{A,1}$, ie. including flanking transmission)	≥ 55 dB	≥ 60 dB	≥ 63 dB
Ceiling between floors (airborne noise)	$D_{nT,w}$ ($R'_{A,1}$ ie. including flanking transmission)	≥ 55 dB	≥ 60 dB	≥ 63 dB
Ceiling between floors (impact noise)	$L'_{nT,w}+C_{I,50-2500}$ (ie. including flanking transmission)	$L'_{nT,w} \leq$ 53 dB	≤ 48 dB	≤ 43 dB

C. Qualidade do ar interior

Para proporcionar as melhores condições interiores aos habitantes, devem ser atingidos baixos níveis de concentrações de CO_2 (máximo 1000 ppm) no interior dos apartamentos. Para atingir esta baixa concentração de CO_2, o projeto deve garantir uma taxa de ventilação mínima de 30 mc por hora por pessoa. Além disso, propor uma estratégia para conseguir uma excelente qualidade do ar interior; por exemplo renovação do ar com ventilação mecânica ou natural, seleção de produtos de baixa emissividade, produtos ativos para captura de COV (compostos orgânicos voláteis) e formaldeído (H_2CO), gestão da humidade.

D. Segurança contra incêndios

Todos os produtos das fachadas e da cobertura deverão ser feitos com materiais incombustíveis. Deve-se ter em atenção, por exemplo, vias de evacuação, barreiras corta-fogo, seleção de materiais (reação ao fogo), seleção do sistema (resistência ao fogo), etc. Divisões entre pisos e apartamentos devem seguir as normas EI 60.

E. Luz natural

É necessário um nível mínimo de luz natural para alcançar uma boa qualidade de vida. Assim sendo, nas salas deverá ser atingida uma autonomia de luz natural de 60%. A relação janelas/superfície do pavimento não deve ser inferior a 1/8. Considere o tamanho e a orientação das janelas, produtos de envidraçados de alto desempenho…

F. Recursos e circularidade

Ao longo de todo o seu ciclo de vida, um edifício circular minimiza a utilização de matérias-primas primárias não renováveis e a geração de resíduos não valorizados. Para atingir estes dois objectivos globais relativos às matérias-primas primárias e aos resíduos valorizados, devem ser tidos em conta os cinco pontos seguintes. Neste concurso, espe-

ra-se que os alunos prestem especial atenção aos primeiros 2 pontos acima (design para a longevidade e soluções eficientes em termos de recursos):

1. Um edifício circular deve ser concebido tendo em vista a sua longevidade: deve ser flexível na utilização e facilmente adaptável ao longo do tempo, permitindo possivelmente uma reorientação de utilização; e devem ser feitos de materiais, produtos e sistemas duráveis e eficientes em termos de recursos, fáceis de reparar, manter ou substituir e de reutilizar ou reciclar no fim da sua vida útil;
2. Os materiais, produtos e sistemas eficientes em termos de recursos são fabricados com uma utilização mínima de matérias-primas primárias não renováveis; devem incorporar uma percentagem máxima de matérias-primas recicladas ou renováveis; a sua instalação deverá gerar uma quantidade mínima de resíduos; no que diz respeito à valorização em fim de vida, a reutilização será a opção preferencial seguida da reciclagem; sejam fáceis de reutilizar ou reciclar, os sistemas devem ser fáceis de desmontar e os componentes fáceis de separar; e os produtos e materiais não devem reduzir a exposição a substâncias perigosas para evitar a sua maior disseminação no ambiente construído. Todos os resíduos de obra e desconstrução serão valorizados. Os elementos de construção pré-fabricados fora do local, a construção modular e os sistemas leves (em particular para fachadas e divisórias interiores) pertencem às soluções que permitem cumprir estes critérios.
3. A renovação e ampliação de edifícios existentes devem ser preferidas à demolição/desconstrução e à construção nova.
4. A desconstrução seletiva será sempre preferida à demolição no final da vida útil dos edifícios; para facilitar a desconstrução e a valorização dos resíduos, deve ser mantido um inventário detalhado ao longo do tempo de todos os materiais, produtos e sistemas utilizados na construção, manutenção e renovação do edifício, e da sua composição.
5. Para apoiar a escolha de opções alternativas, as decisões devem basear-se nos seus impactos ambientais reais ao nível do edifício; estes impactos devem ser calculados

ao longo de todo o ciclo de vida do edifício (LCA do edifício).





Planta do Rés-do-chão

Planta do piso 1

Serviços:
1. Snack-bar
2. Comércio
3. Sala de bicicletas
4. Instalações sanitárias
5. Entrada
6. Sala de convívio
7. Sala de leitura
8. Lavandaria
9. Arrumos
10. Sala de condomínio

Apartamentos:
- T0 simplex
- T2 duplex
- T3 duplex

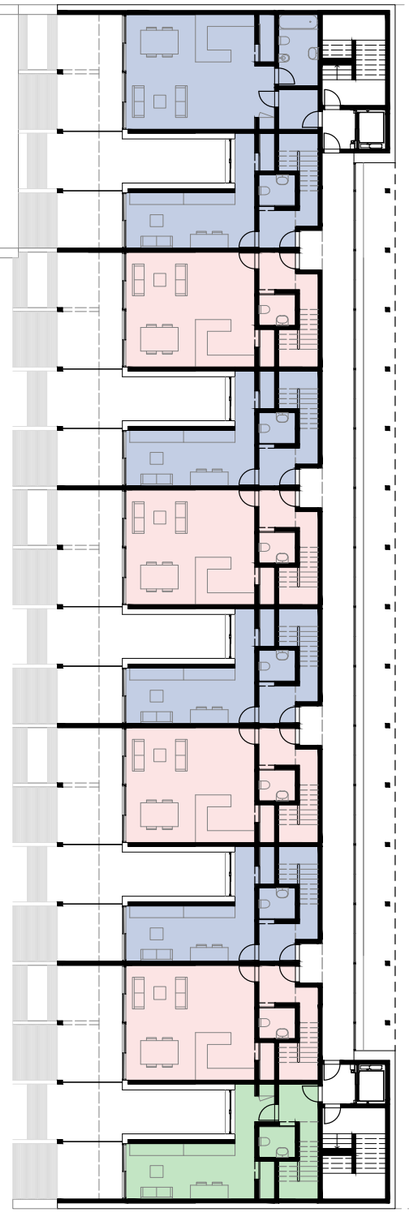
Planta do piso 2

Planta do piso 3

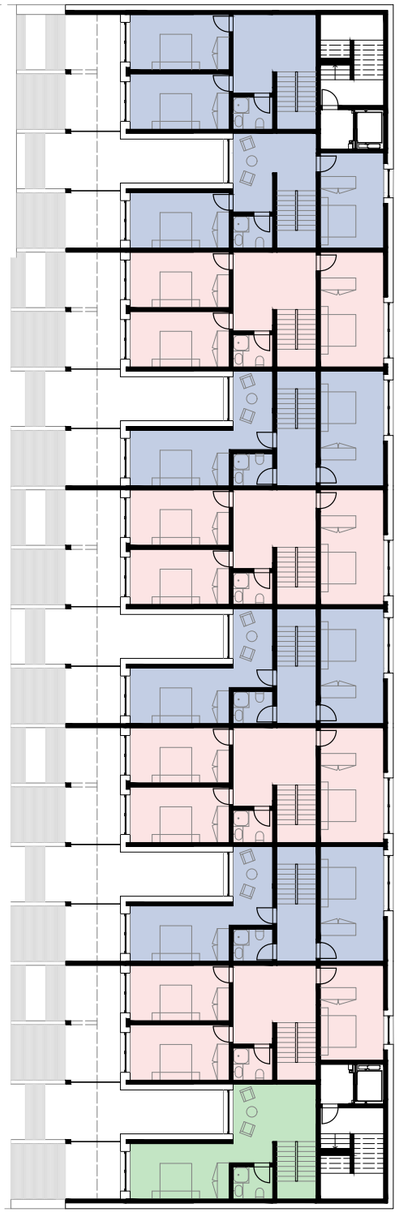
Apartamentos:

- T0 simplex
- T2 duplex
- T3 duplex

0 1 5 10 20m



Planta do piso 4

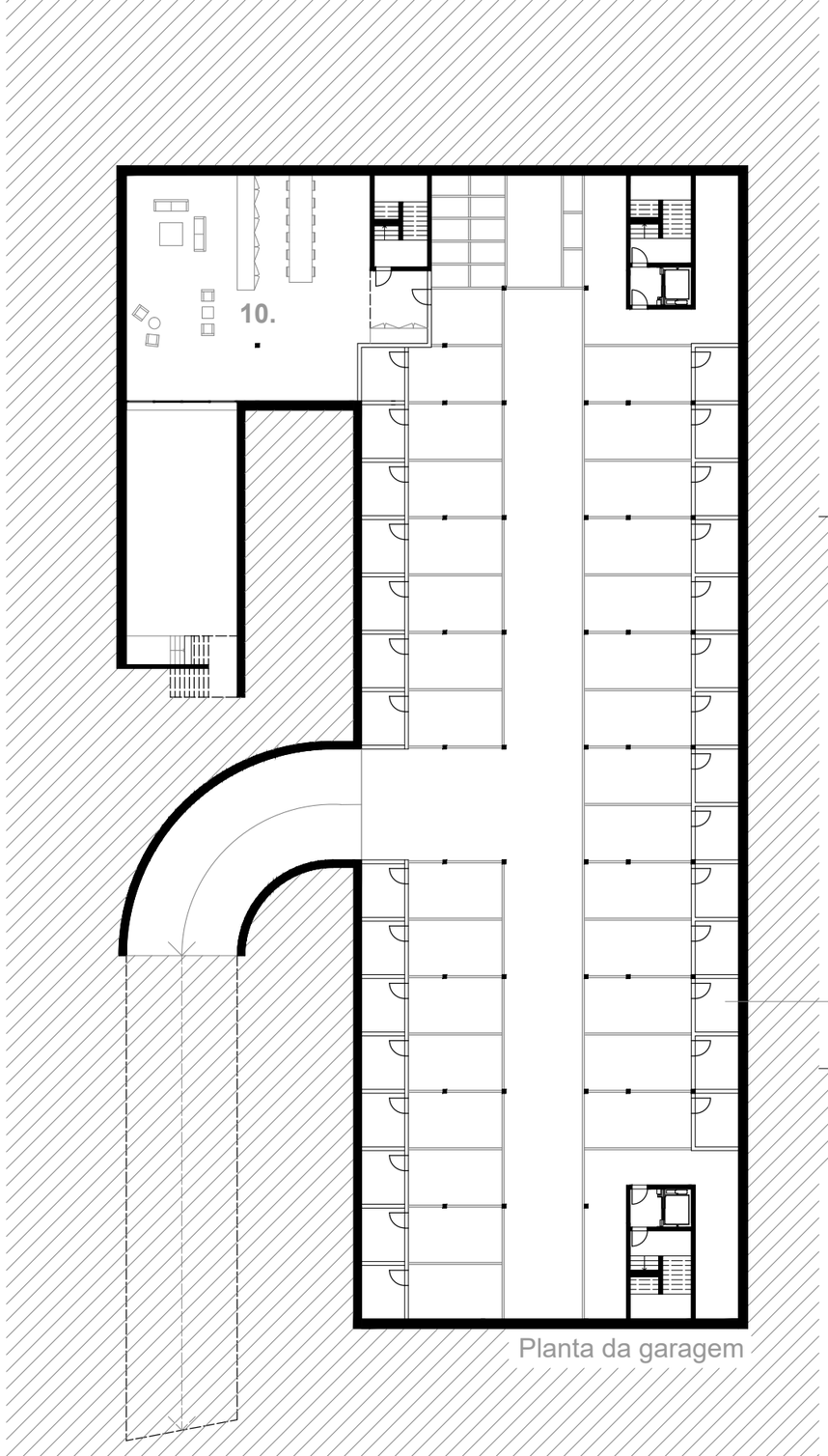


Planta do piso 5

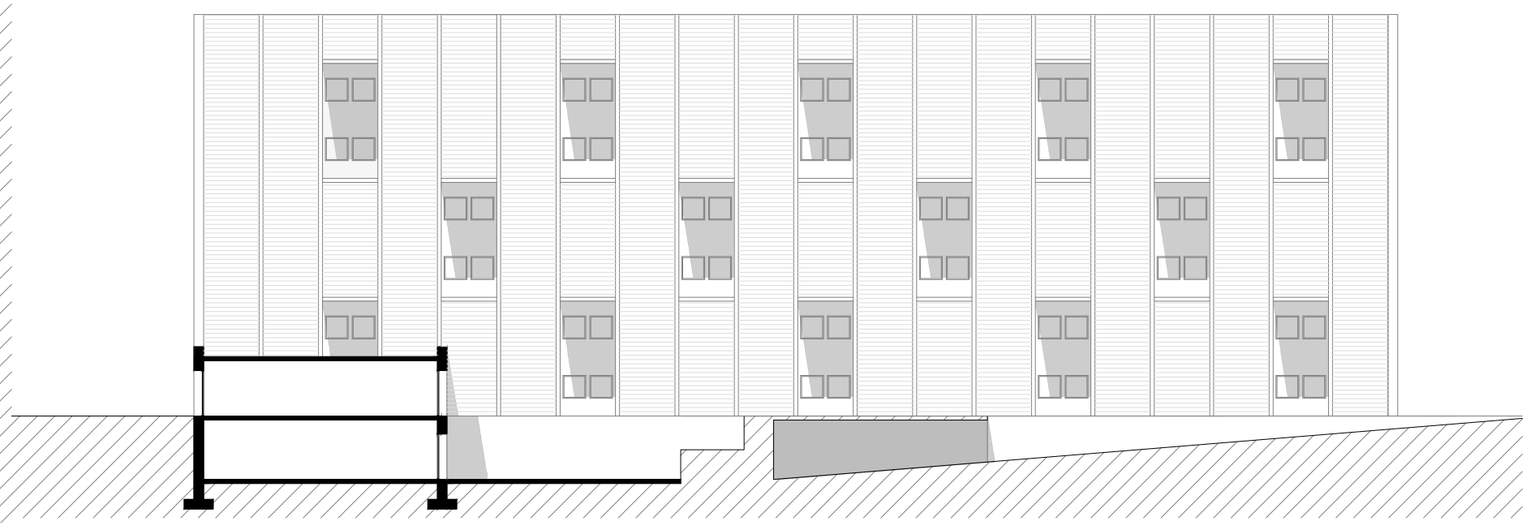
Apartamentos:

- T0 simplex
- T2 duplex
- T3 duplex

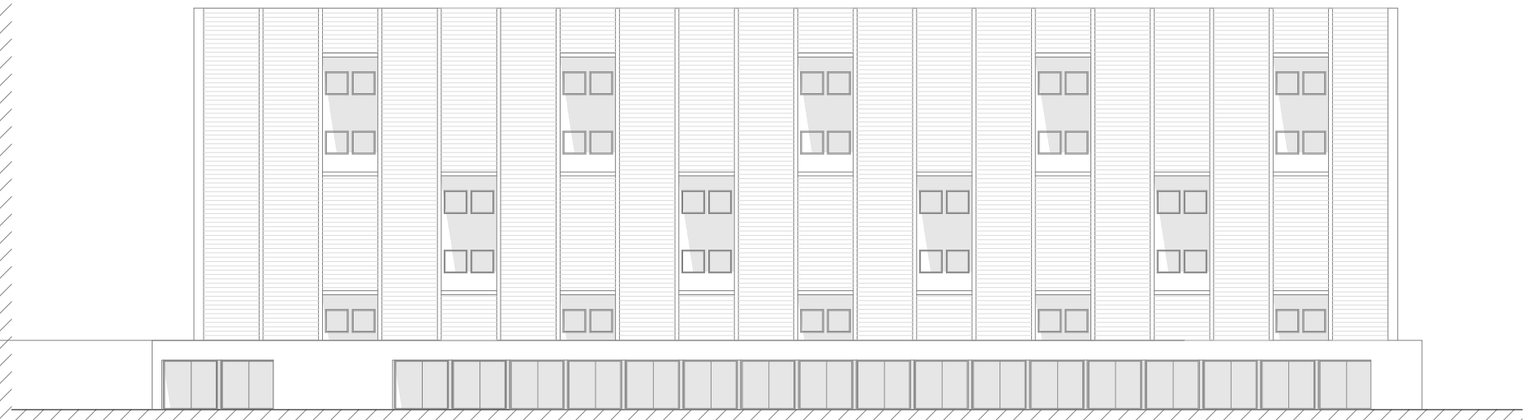
0 1 5 10 20m



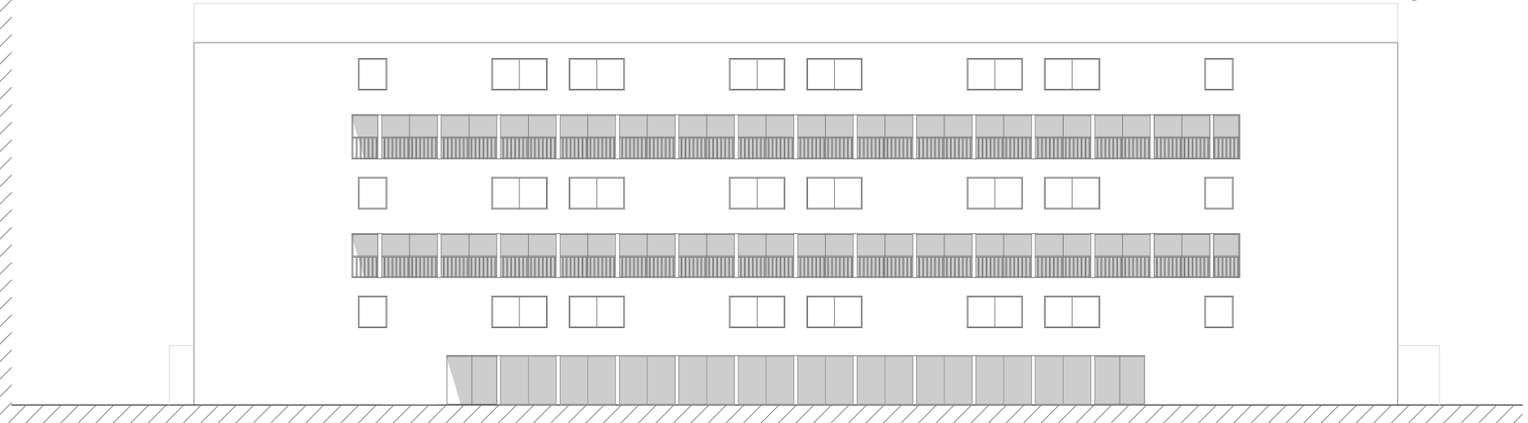
Planta da garagem



Corte sul

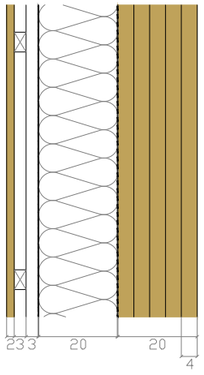


Alçado sul



Alçado Norte

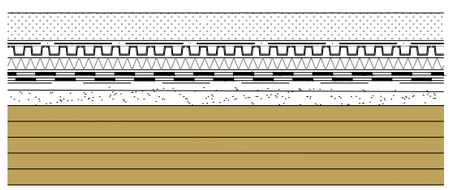
0 1 5 10 20m



Parede exterior

Revestimento de madeira 19x117cm
Batentes de madeira 3x4cm
Weberdry roll
Barreira para-vapor
Lã de vidro (Isover Extremo 32)
CLT

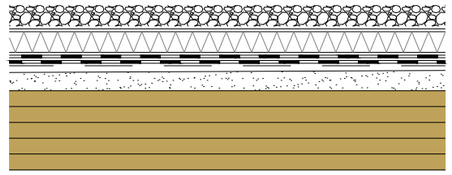
Resistência térmica: : 1,0 K.m².W-1
Condutividade térmica: 0,032 W/(m·K)
Resistência ao fogo: A1



R1

Cobertura Weberdry
Cobertura ajardinada invertida

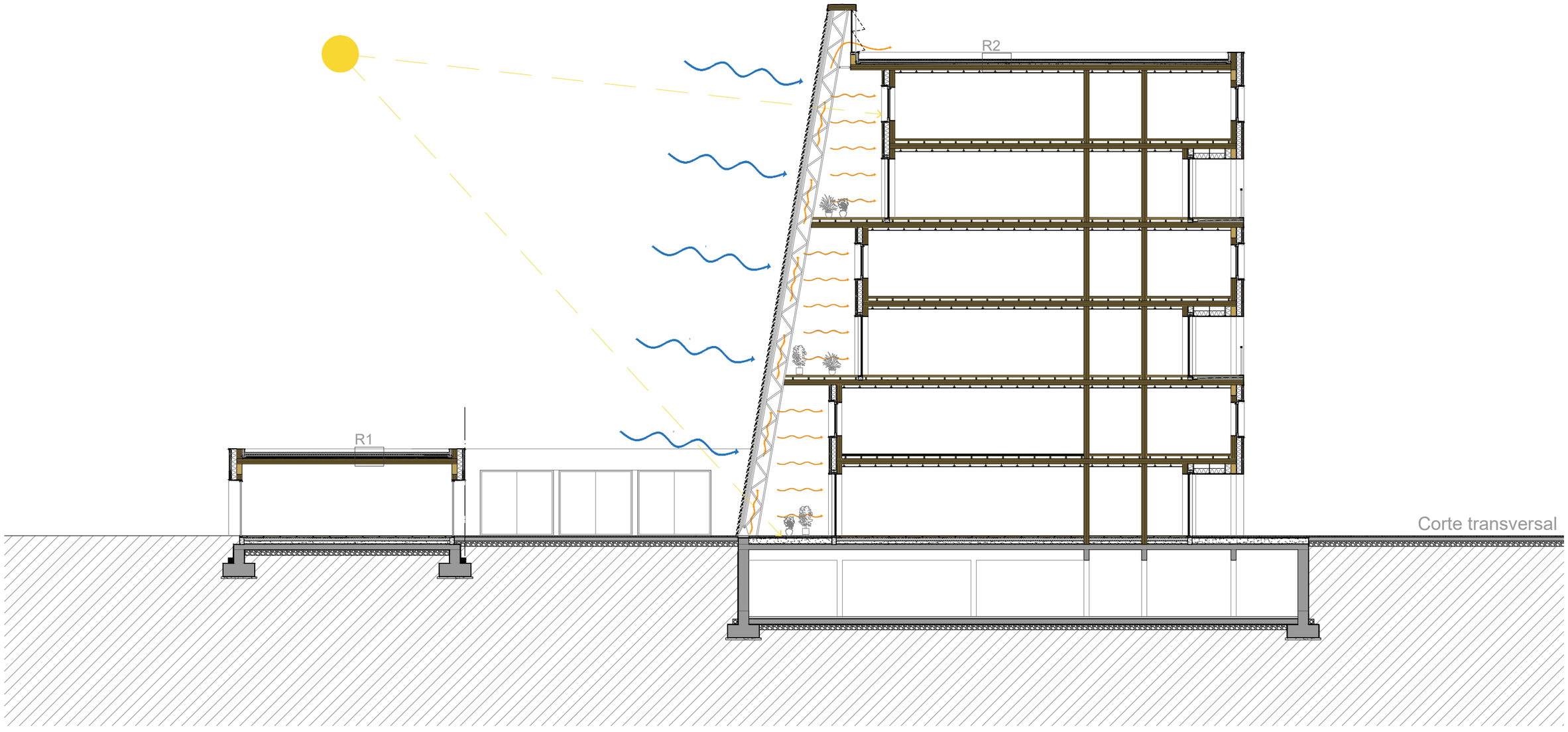
Substrato vegetal
Weberdry roof GEOT
Tela pitonada
Isolamento térmico XPS
Weberdry roof natura
Weberdry roof FV30
Weberprim roof CI
Betão leve (Weberfloor light)
Laje de CLT



R2

Cobertura Weberdry
Cobertura invertida de acesso limitado

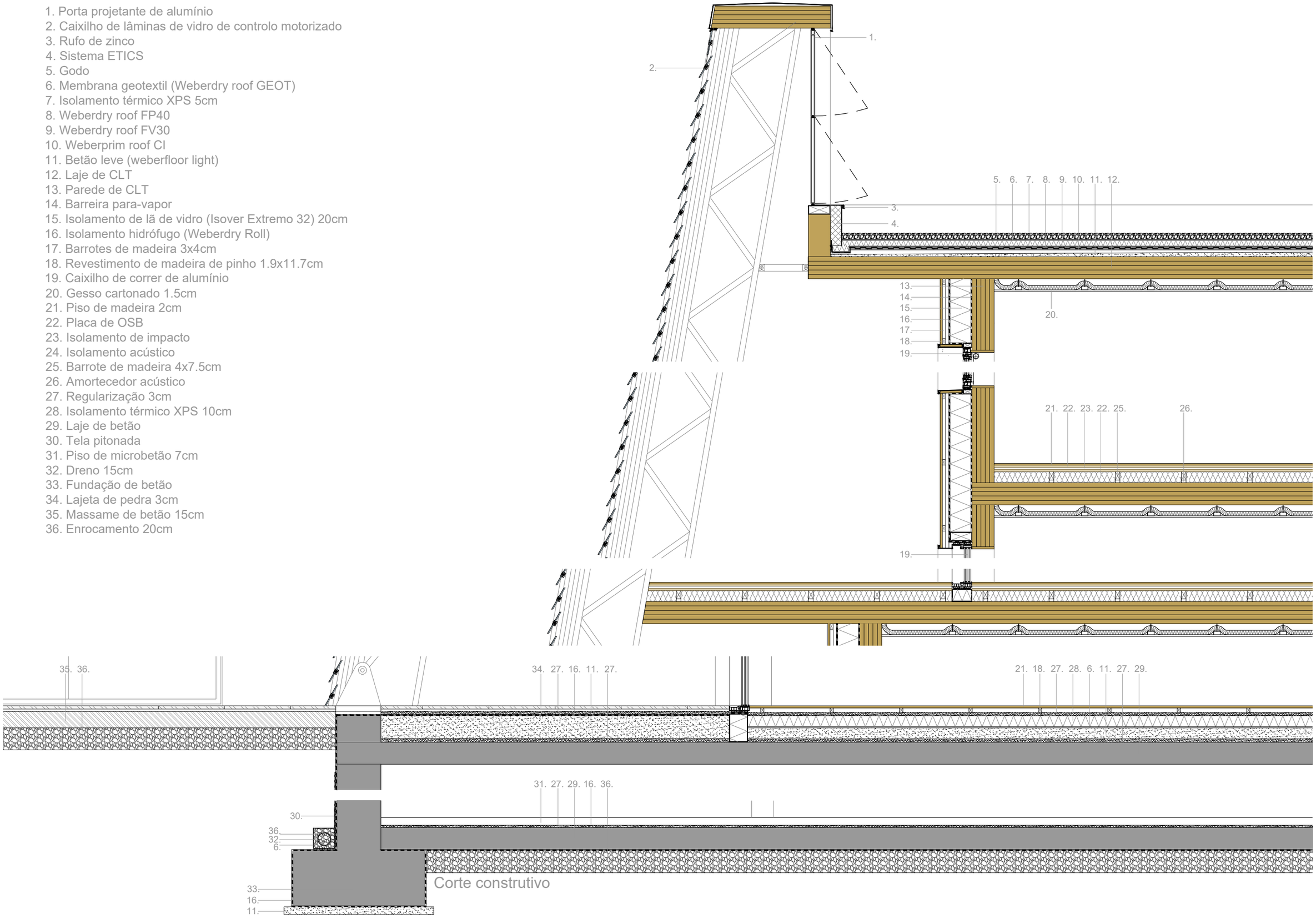
Godo
Weberdry roof GEOT
Isolamento térmico XPS
Weberdry roof FP40
Weberdry roof FV30
Weberprim roof CI
Betão leve (Weberfloor light)
Laje de CLT



Corte transversal

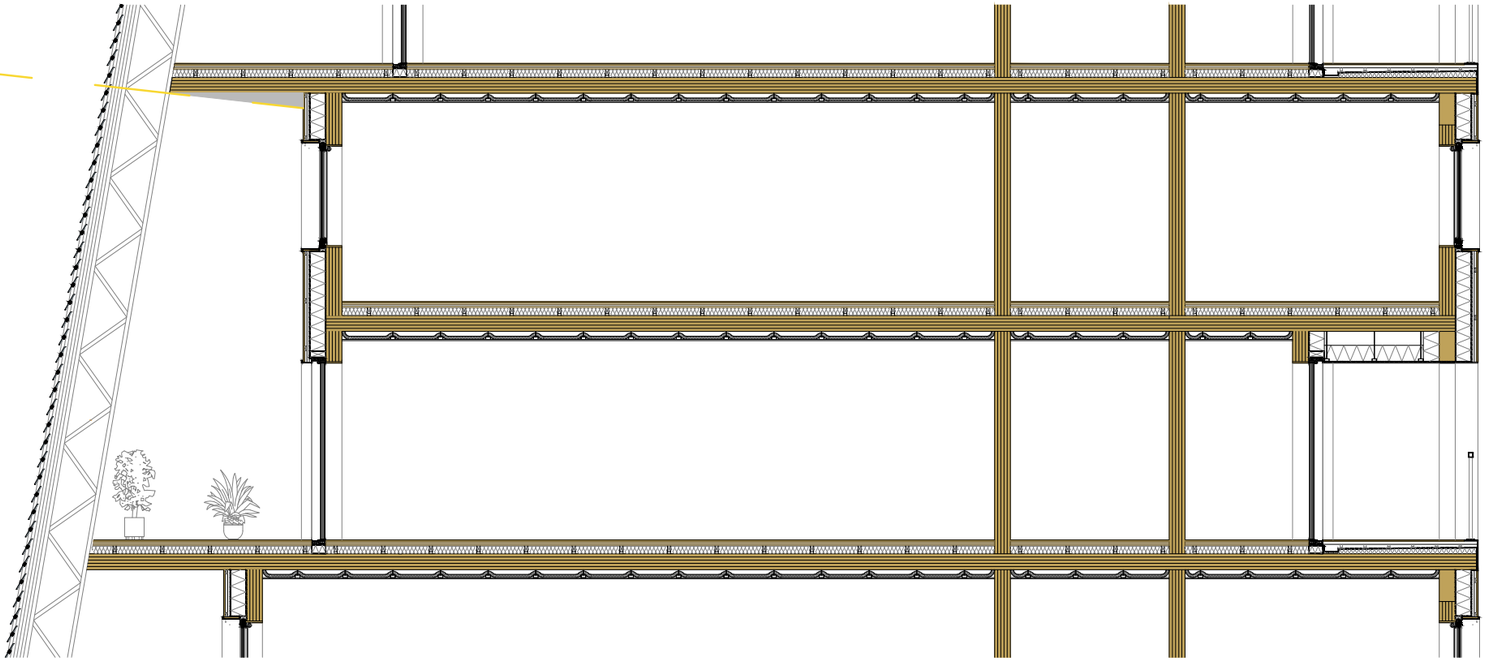
0 1 5 10 20m

1. Porta projetante de alumínio
2. Caixilho de lâminas de vidro de controlo motorizado
3. Rufo de zinco
4. Sistema ETICS
5. Godo
6. Membrana geotextil (Weberdry roof GEOT)
7. Isolamento térmico XPS 5cm
8. Weberdry roof FP40
9. Weberdry roof FV30
10. Weberprim roof CI
11. Betão leve (weberfloor light)
12. Laje de CLT
13. Parede de CLT
14. Barreira para-vapor
15. Isolamento de lã de vidro (Isover Extremo 32) 20cm
16. Isolamento hidrófugo (Weberdry Roll)
17. Barrotes de madeira 3x4cm
18. Revestimento de madeira de pinho 1.9x11.7cm
19. Caixilho de correr de alumínio
20. Gesso cartonado 1.5cm
21. Piso de madeira 2cm
22. Placa de OSB
23. Isolamento de impacto
24. Isolamento acústico
25. Barrote de madeira 4x7.5cm
26. Amortecedor acústico
27. Regularização 3cm
28. Isolamento térmico XPS 10cm
29. Laje de betão
30. Tela pitonada
31. Piso de microbetão 7cm
32. Dreno 15cm
33. Fundação de betão
34. Lajeta de pedra 3cm
35. Massame de betão 15cm
36. Enrocamento 20cm

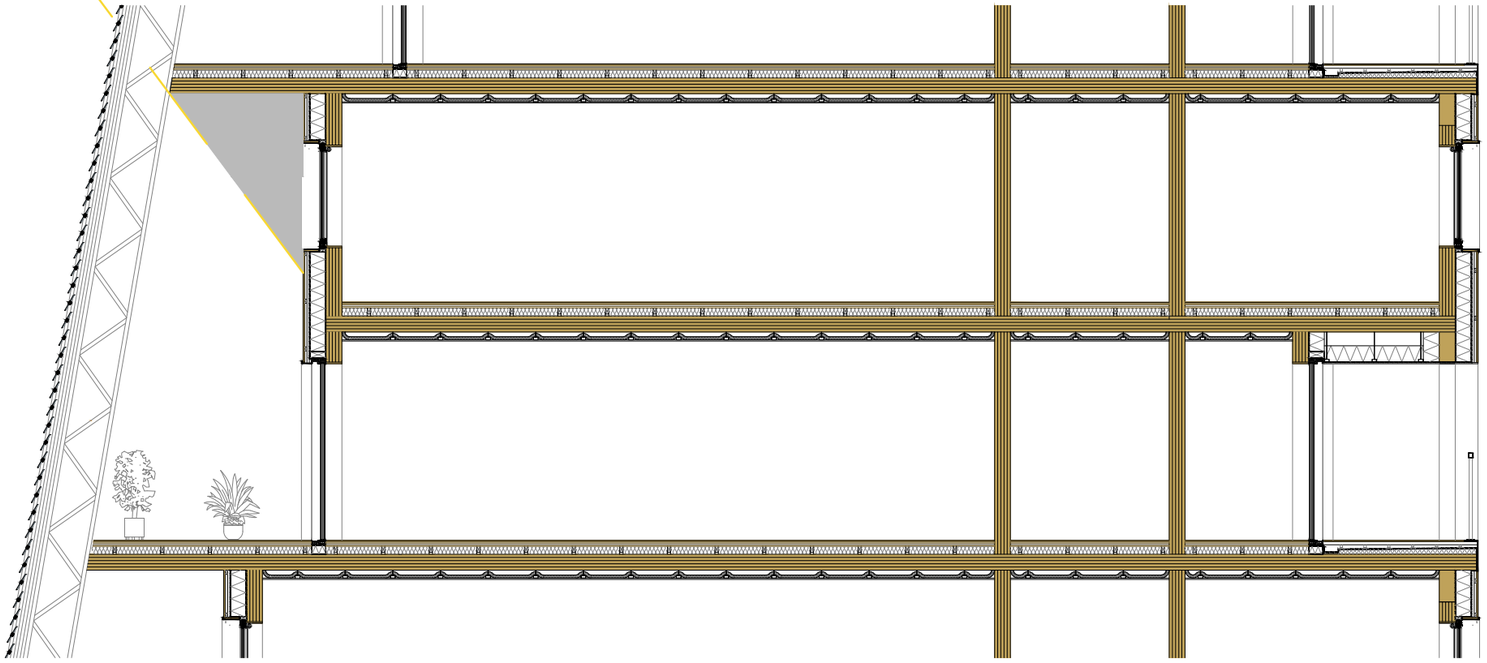


Corte construtivo

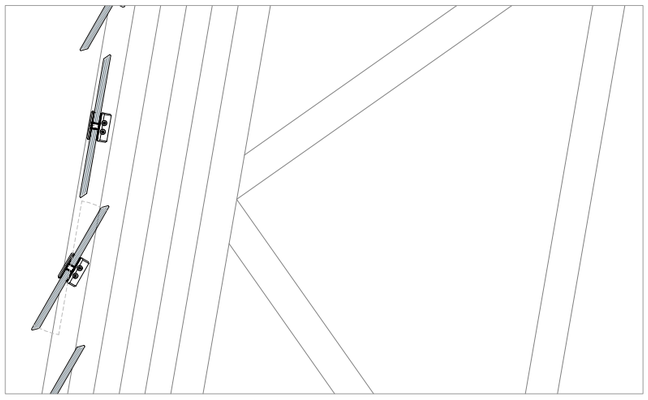
0 1 5 10 20m



Altitude do sol no solstício de inverno



Altitude do sol no solstício de verão



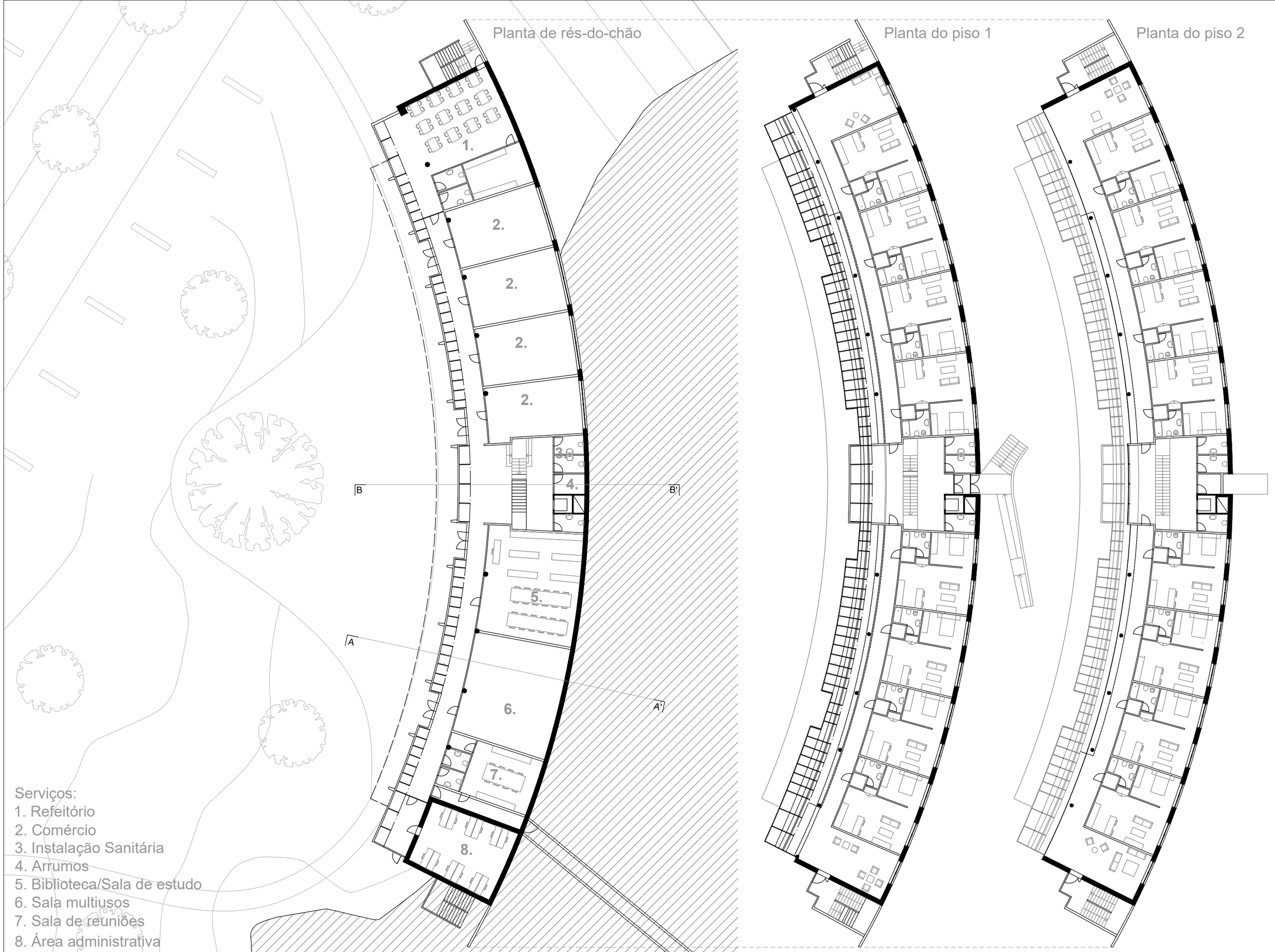
Lâminas de vidro rotativas

0 1 5 10 20m

Planta de rés-do-chão

Planta do piso 1

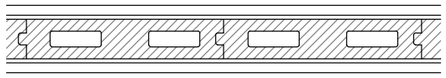
Planta do piso 2



Serviços:
1. Refeitório
2. Comércio
3. Instalação Sanitária
4. Arrumos
5. Biblioteca/Sala de estudo
6. Sala multiusos
7. Sala de reuniões
8. Área administrativa



Parede interior Inter Leca®

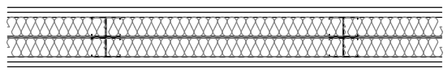


W1 - Parede térmica

Weber.rev IP 1cm
Leca® blocos de agregados de argila - Inter Leca®
Regularização weber.rev ip
Reboco liso weber.rev
Perfil metálico

Isolamento acústico a som aéreo: 35 ± 3 dB
Reação a fogo: A1

Placo® EI-120 double partition 146/48H

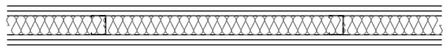


W2 - Entre-fogos

Placas de gesso cartonado Placoflam® PPF 12,5mm
Perfis metálicos Placo® M48 48mm
Lã mineral Arena APTA 48mm

Resistência térmica: 3.13 m²K/W
Isolamento acústico: 62.80 dB(A)
Resistência a fogo: EI120

Placo® EI-120 98/48H

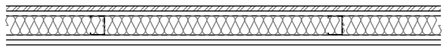


W3 - Parede divisória

Placas de gesso cartonado Placoflam® PPF 12,5mm
Perfis metálicos Placo® M48 48mm
Lã mineral Arena APTA 48mm

Resistência térmica: 1.79 m²K/W
Isolamento acústico: 51.90 dB(A)
Resistência a fogo: EI120

Placo® PPM 98/48 partition

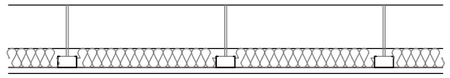


W4 - Parede de instalação sanitária

Placa de gesso cartonado Placomarine® PPM 13 12,5mm
Placa de gesso cartonado Placo® BA 13
Perfis metálicos Placo® M4848mm
Lã mineral Arena APTA 48mm

Resistência térmica: 1.79 m²K/W
Isolamento acústico: 51.90 dB(A)
Resistência a fogo: EI60

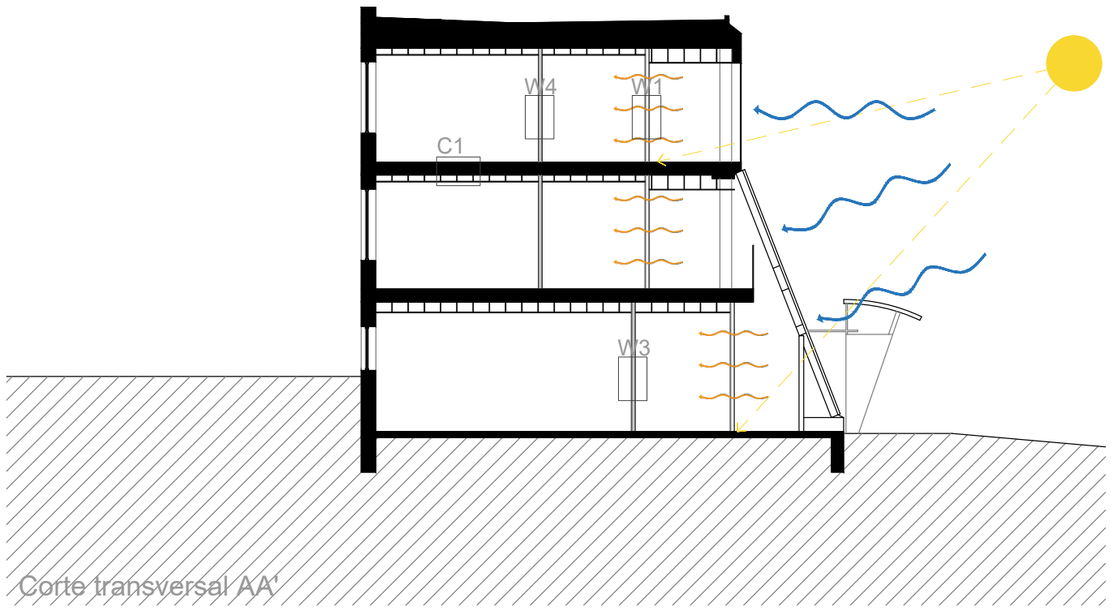
Placo® BA15 ceiling with simple structure F-530



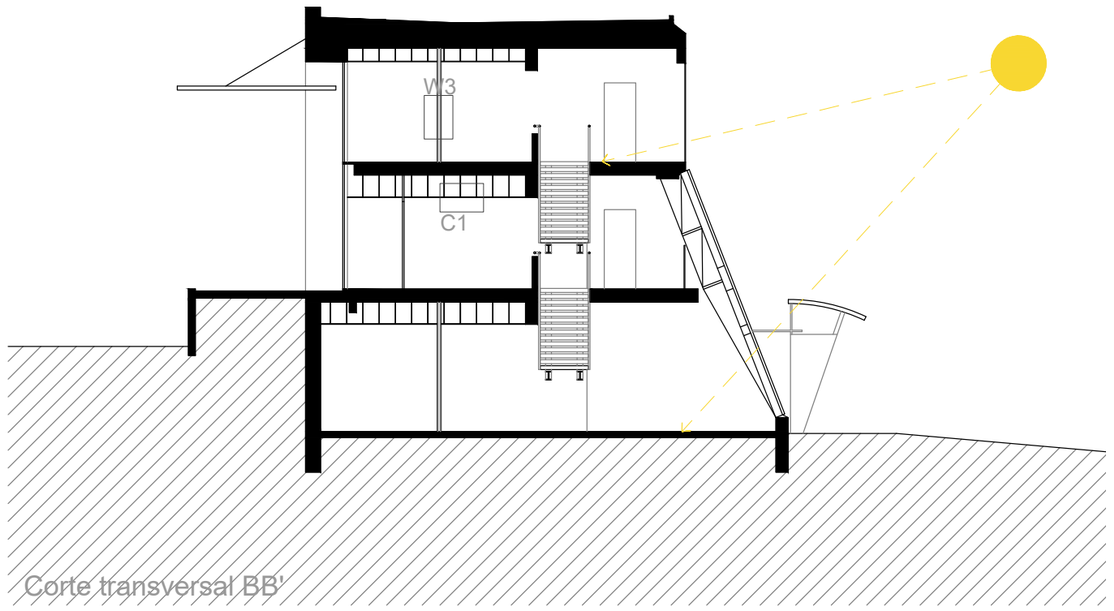
C1 - Teto falso

Placa de gesso cartonado Placo® BA15 15mm
Perfis metálicos Placo® F-530
Lã mineral Arena APTA 48mm

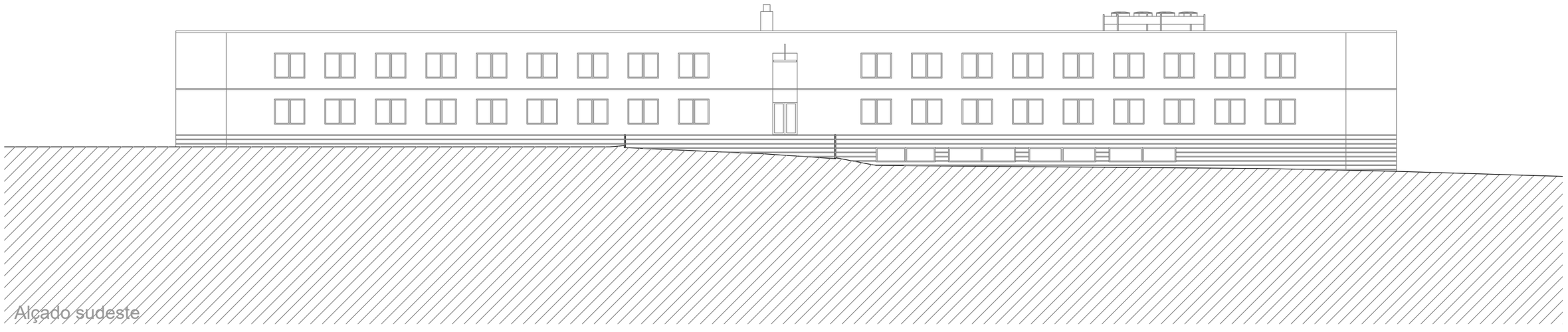
Isolamento acústico: 69.40 dB(A)



Corte transversal AA'



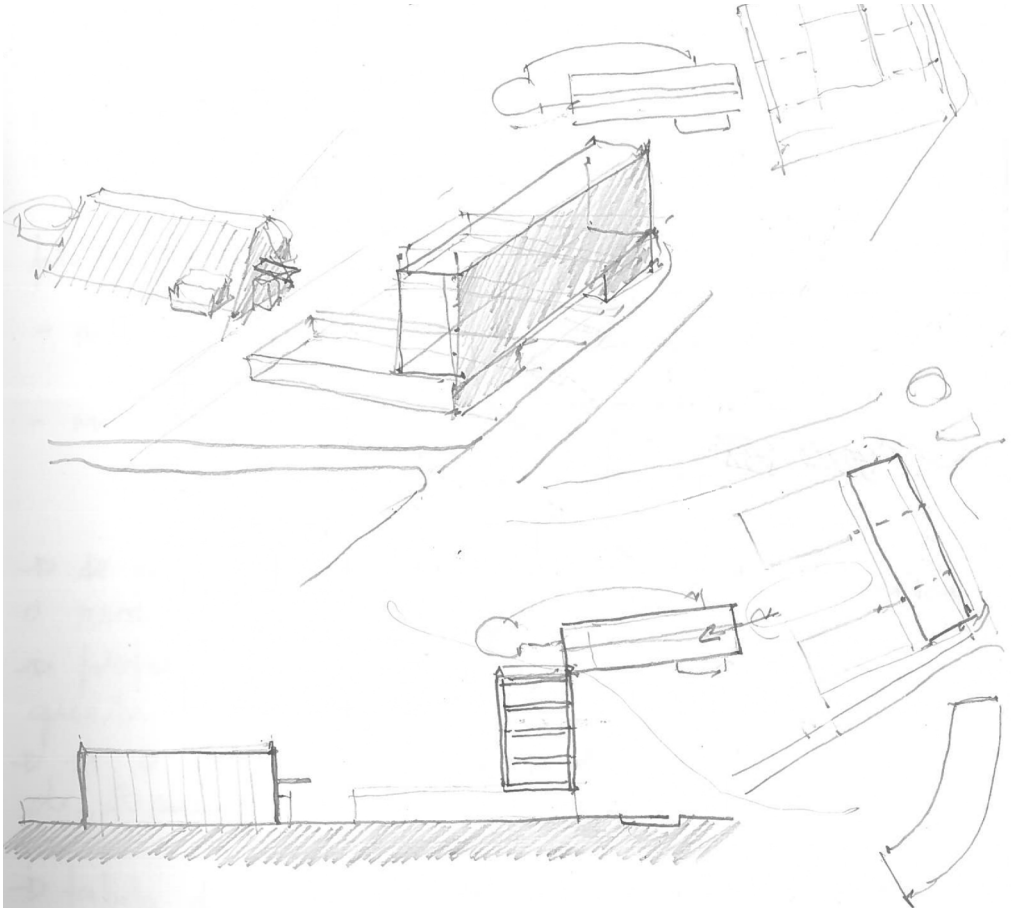
Corte transversal BB'



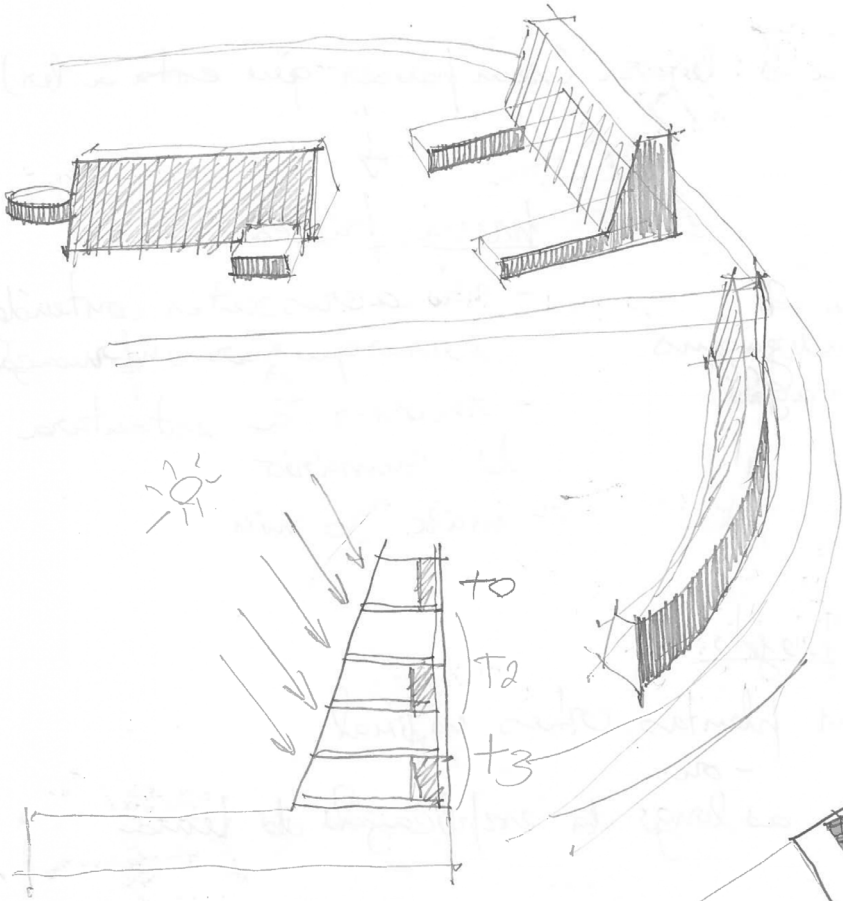
Alçado sudeste

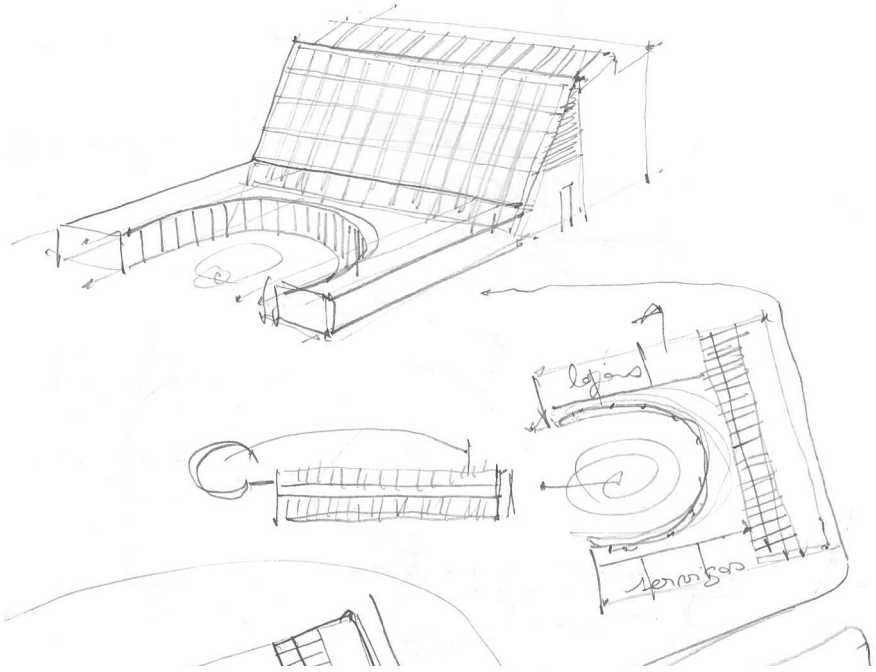
0 1 5 10 20m

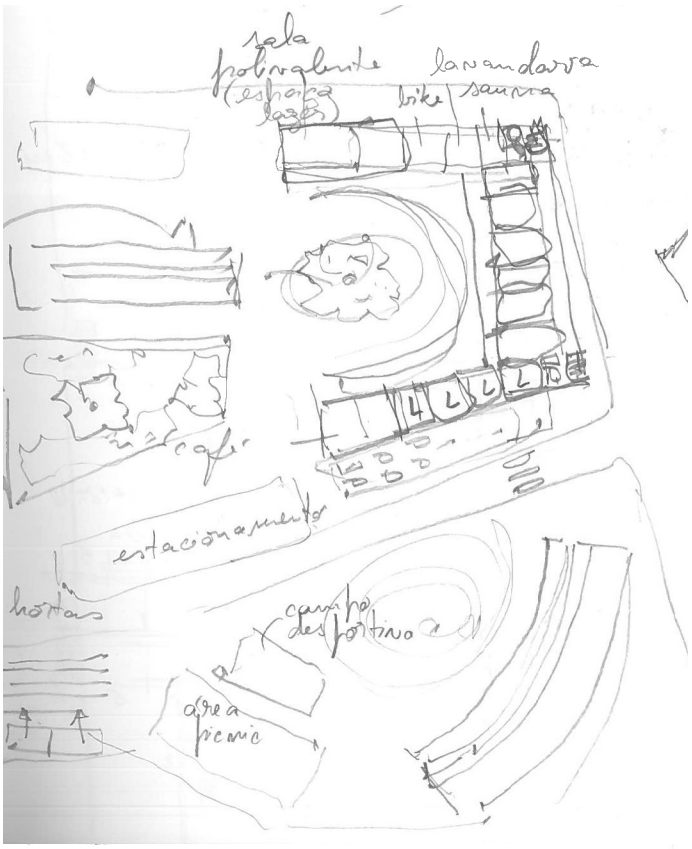
Diário de bordo

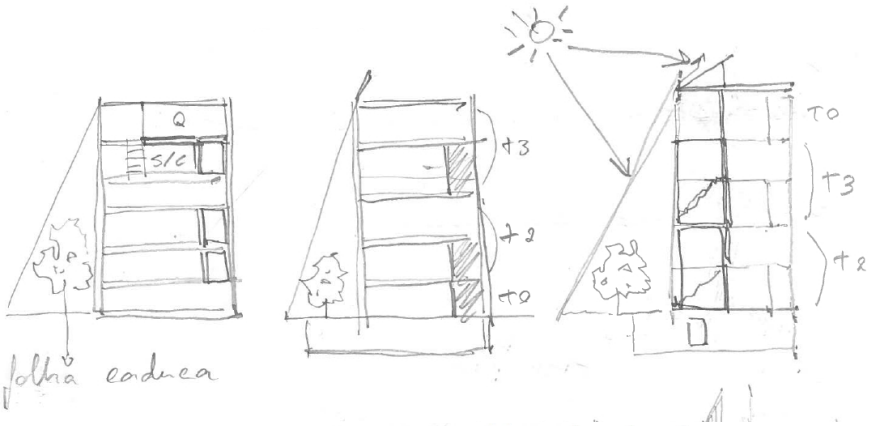


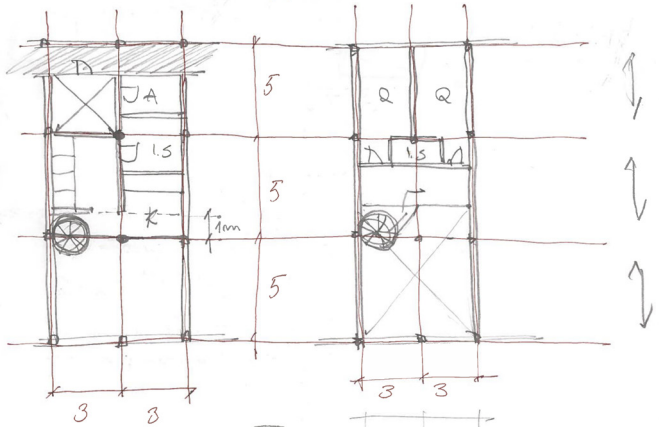


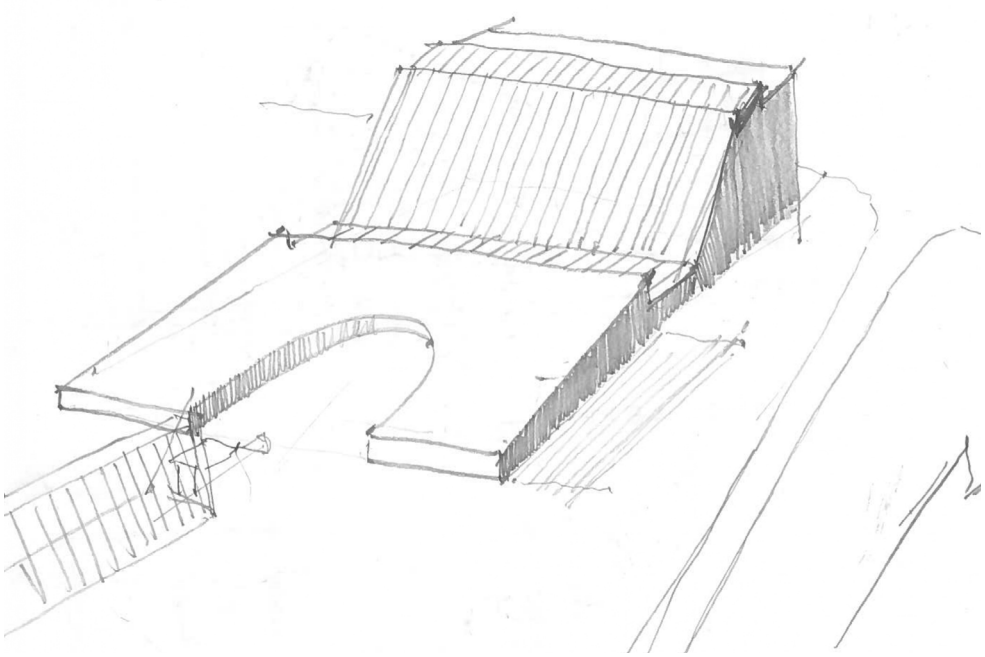

+0
+2
+3

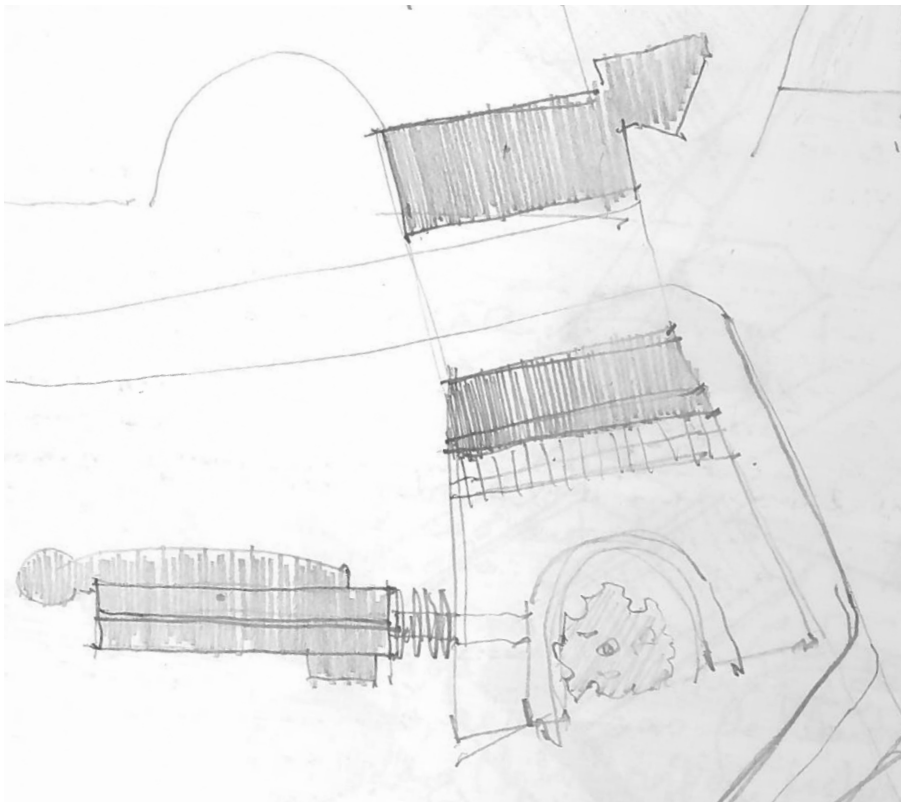


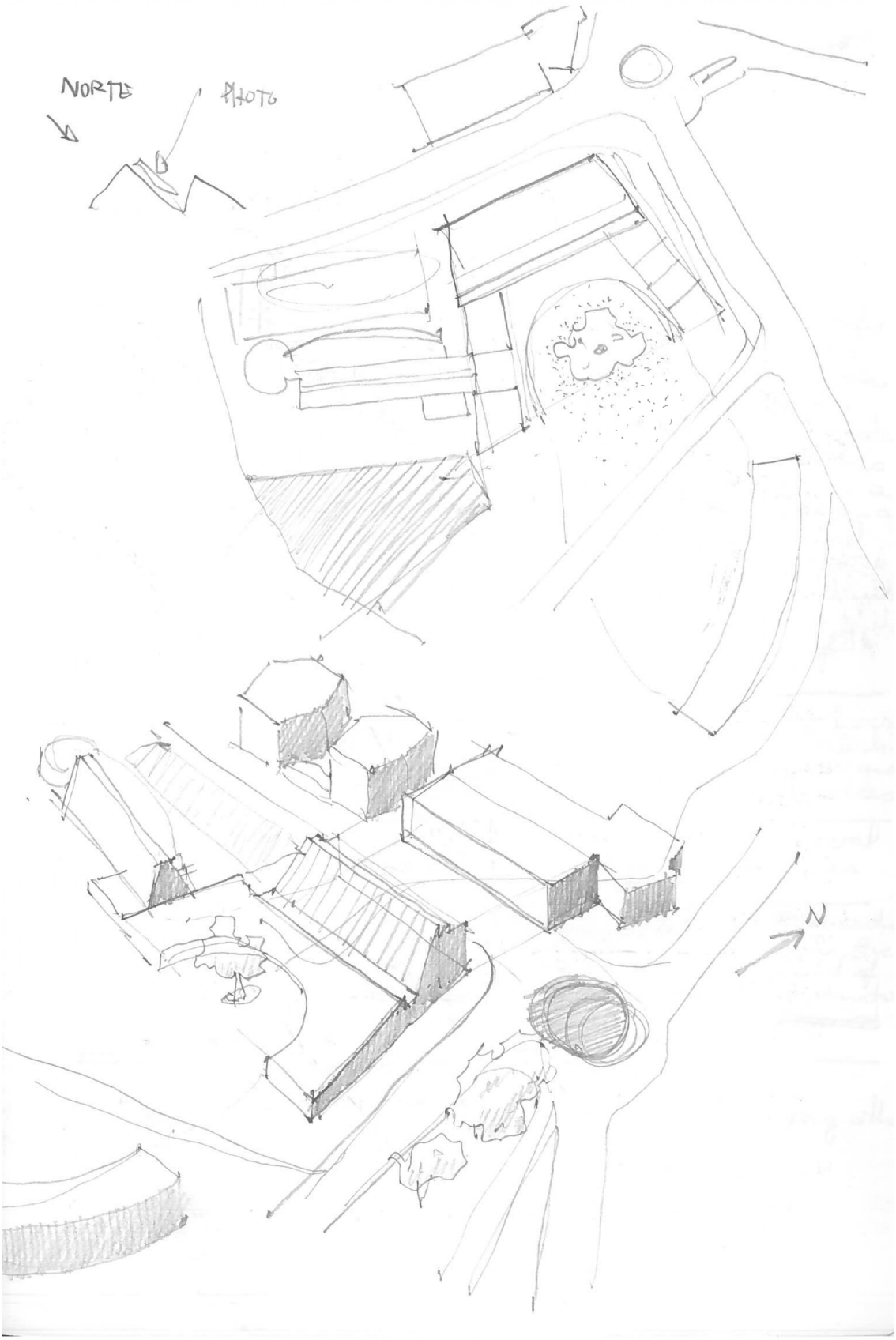

sala
polivalente
(eshaça
laje)
lavandaria
bike
sauna
estacionamento
horta
campo
desportivo
área
picnic

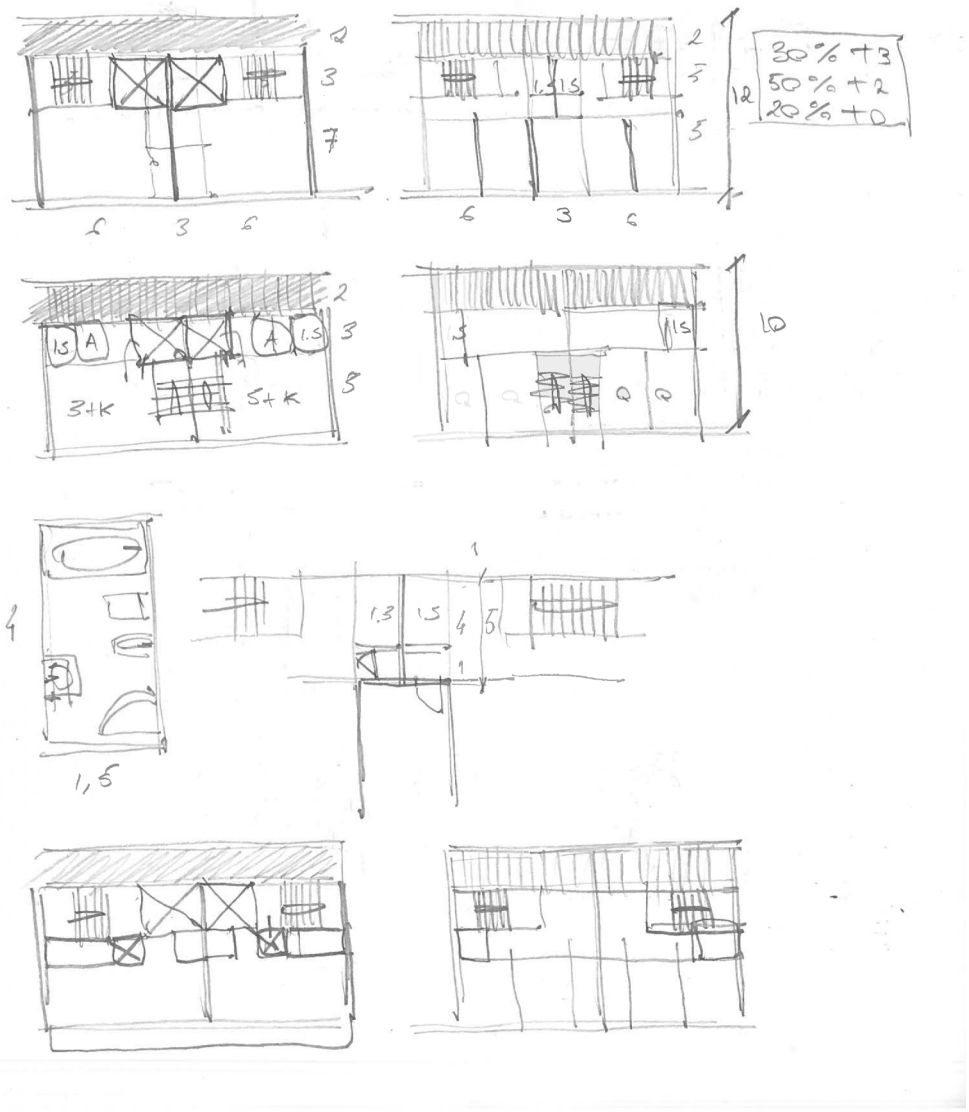

Q
S/C
+3
+2
+0
folha cadeia
TO
+3
+2

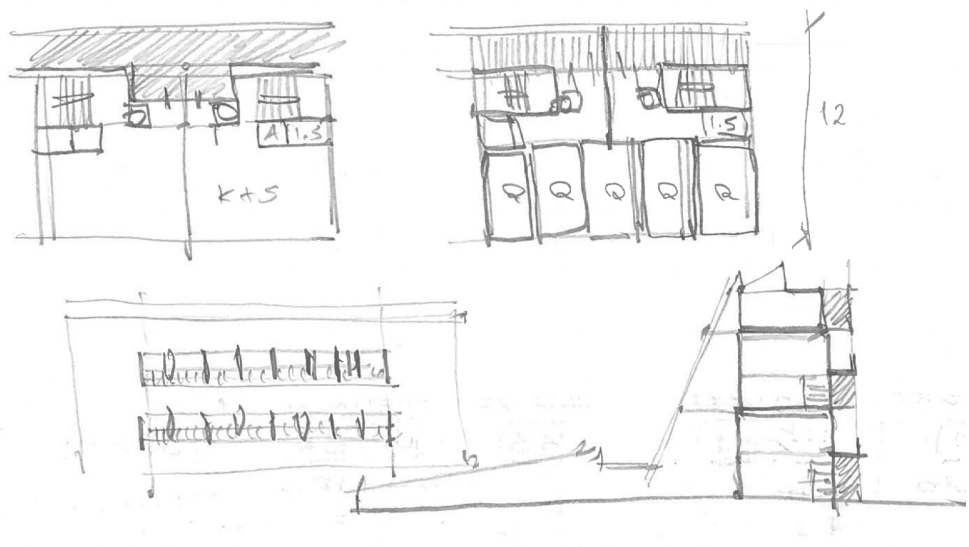

D
JA
J 1.5
K
5
3
5
Q
Q
1.5
3
3
3
3

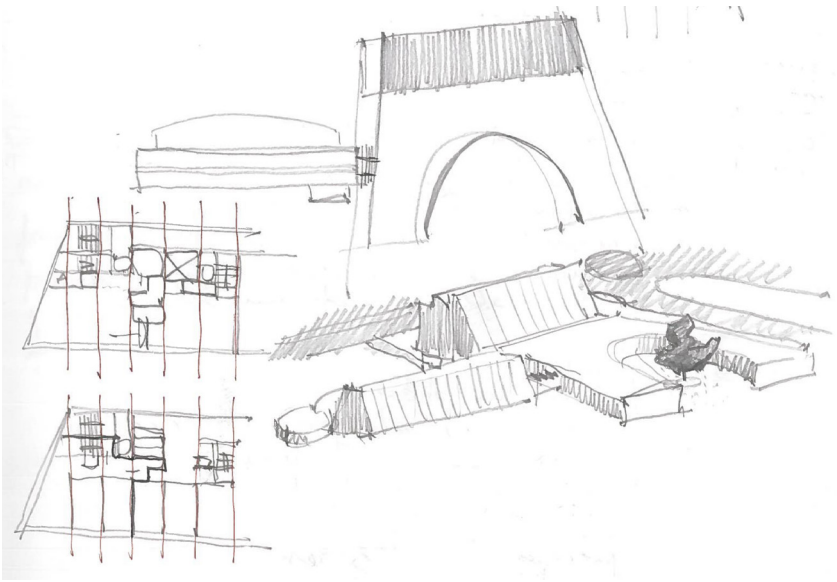


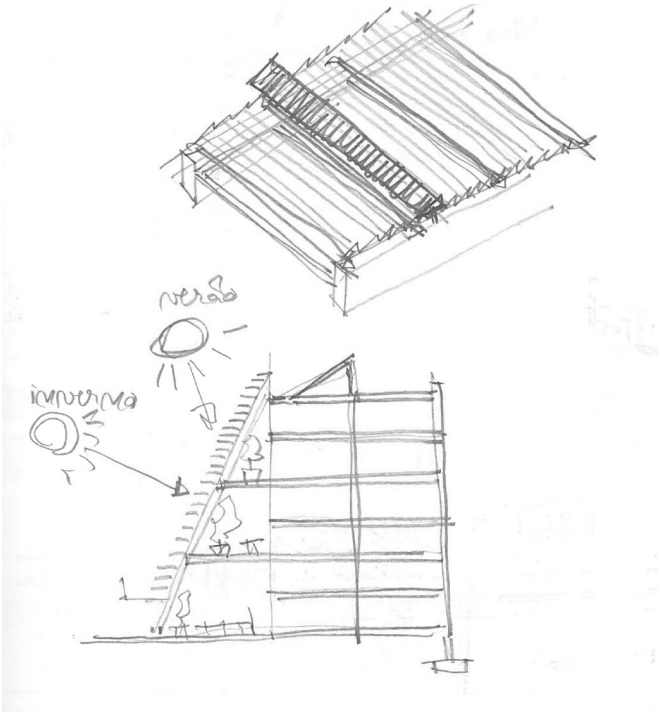


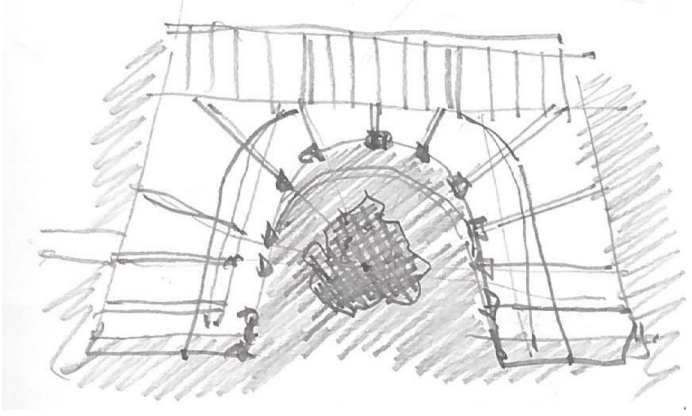

NORTE
PHOTO


30 % +3
50 % +2
20 % +0
3+K
5+K
1,5


K+5

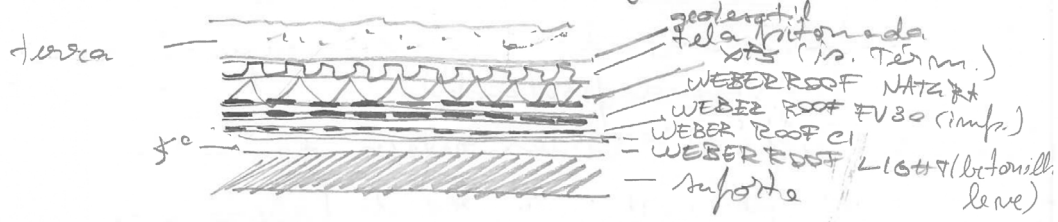



verão
inverno

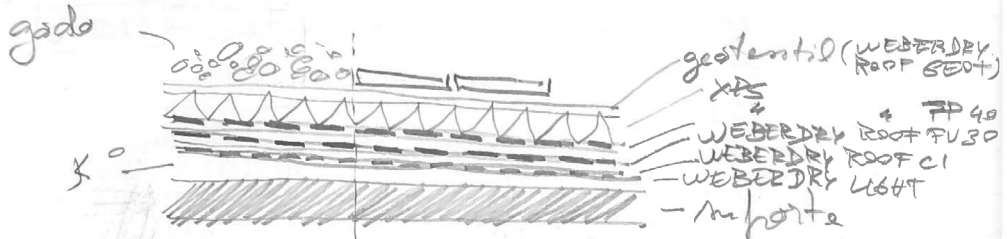


→ COBERTURAS WEBERDRY ROOF

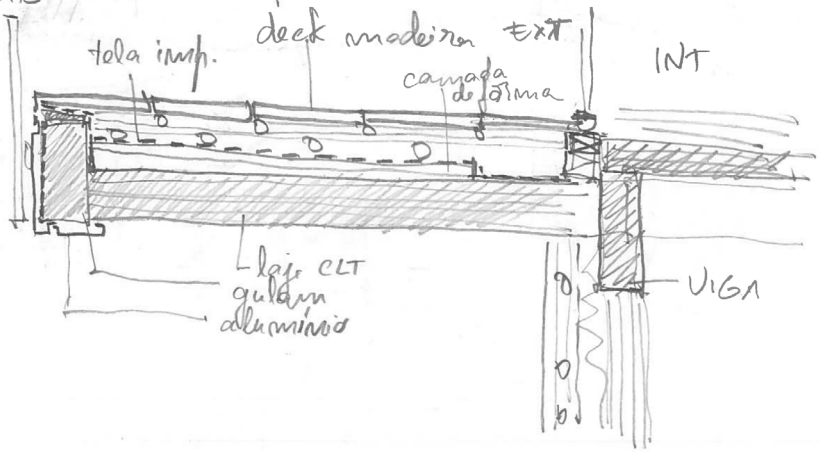
↳ sistema de cobertura ajardinada invertida



↳ sistema de cobertura invertida de acesso limitado

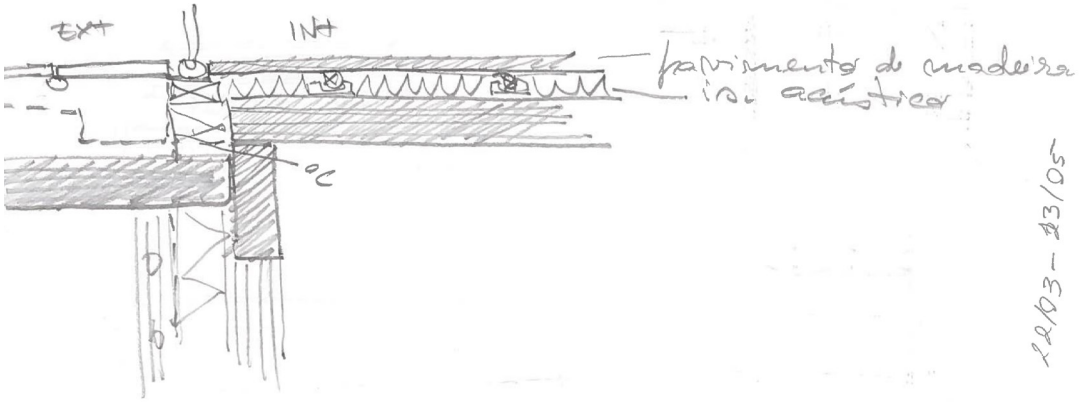


→ VARANDAS

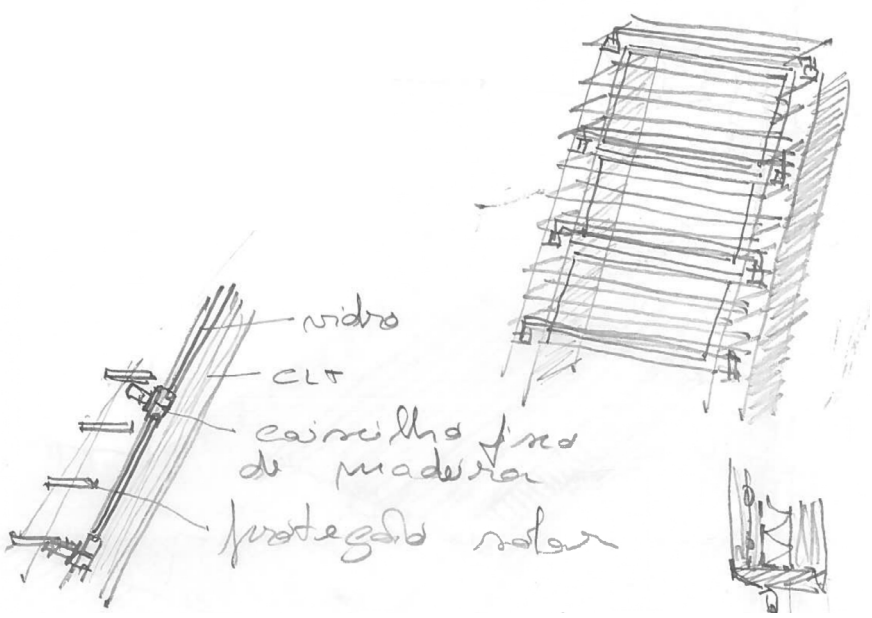


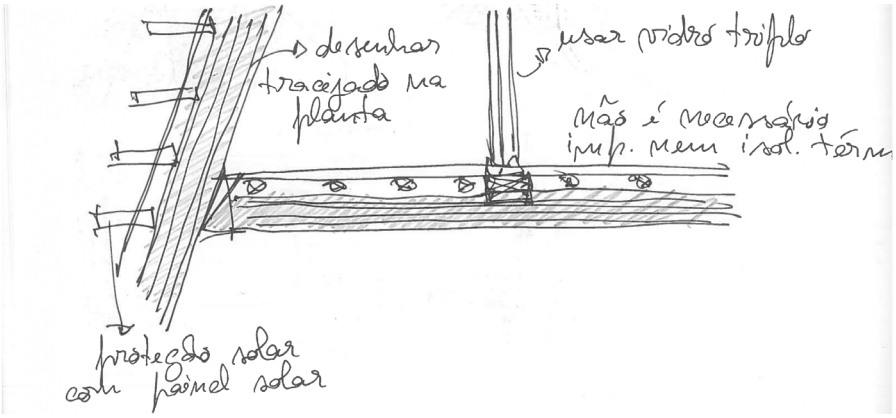
783,5

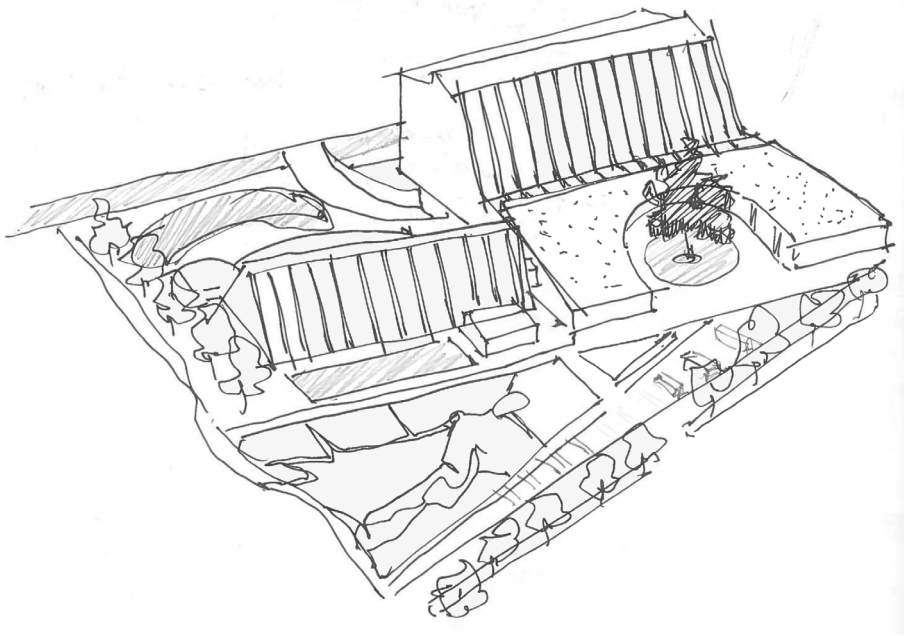
→ PAVIMENTO INTERIOR

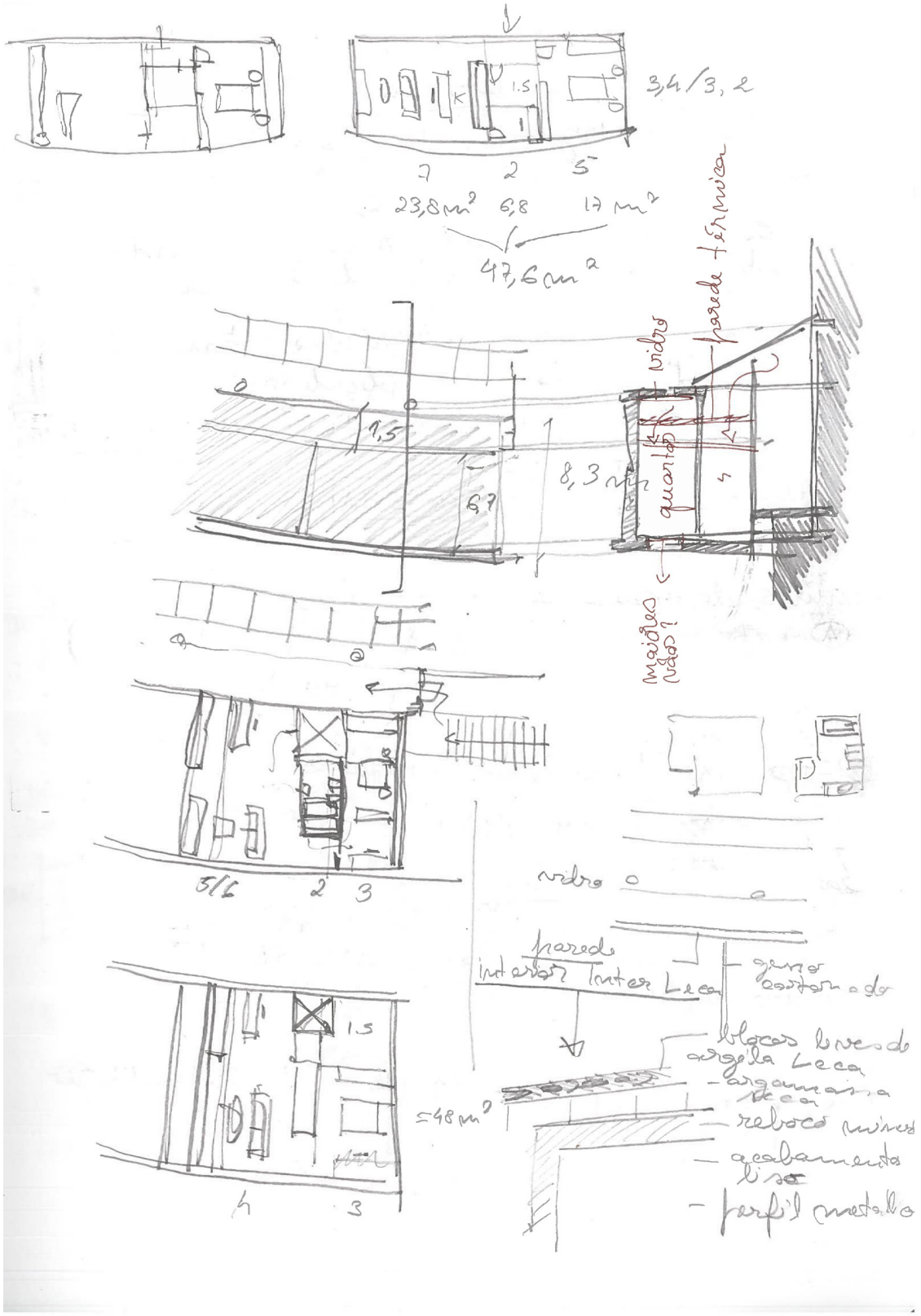


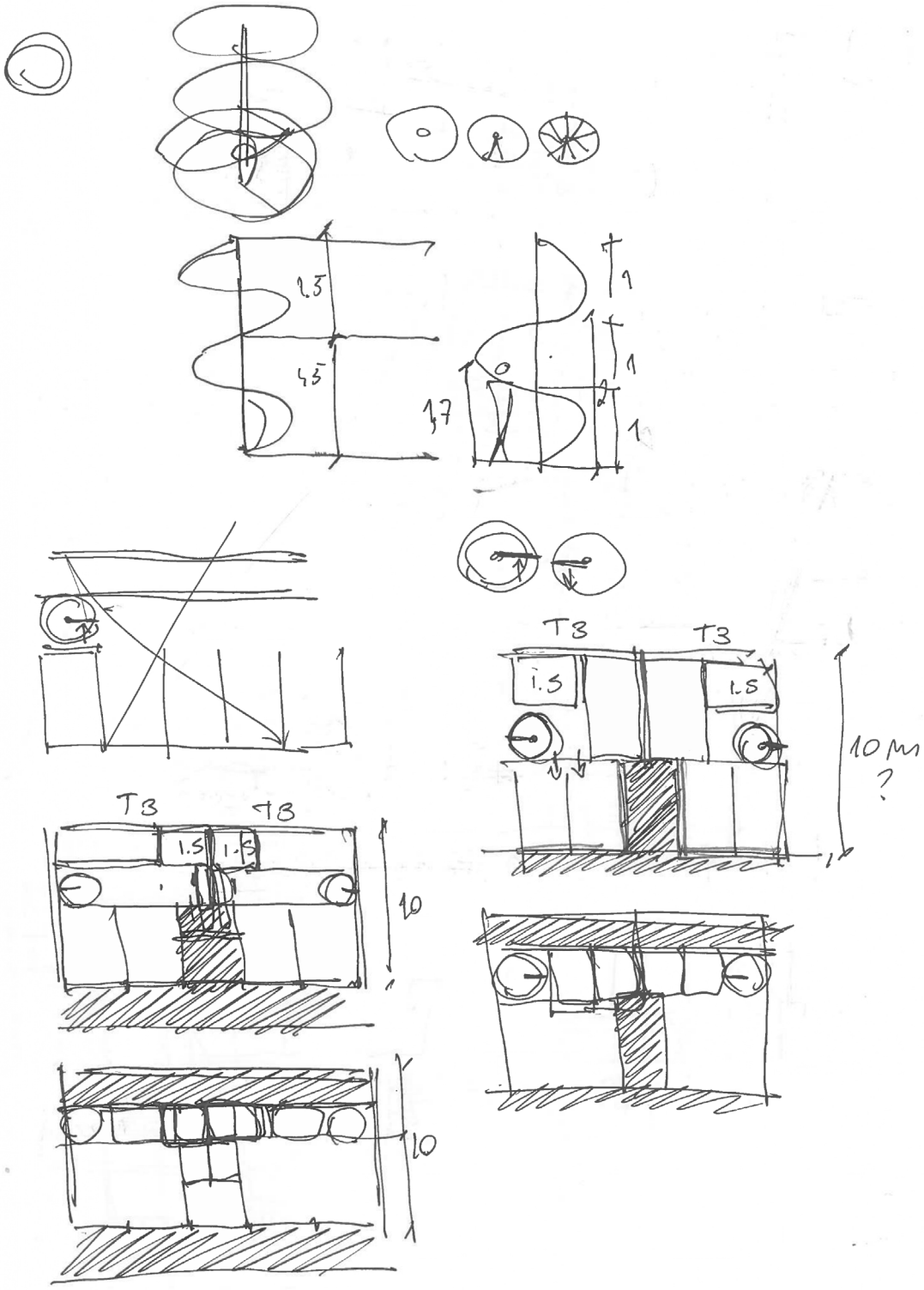
14/03 - 31/05

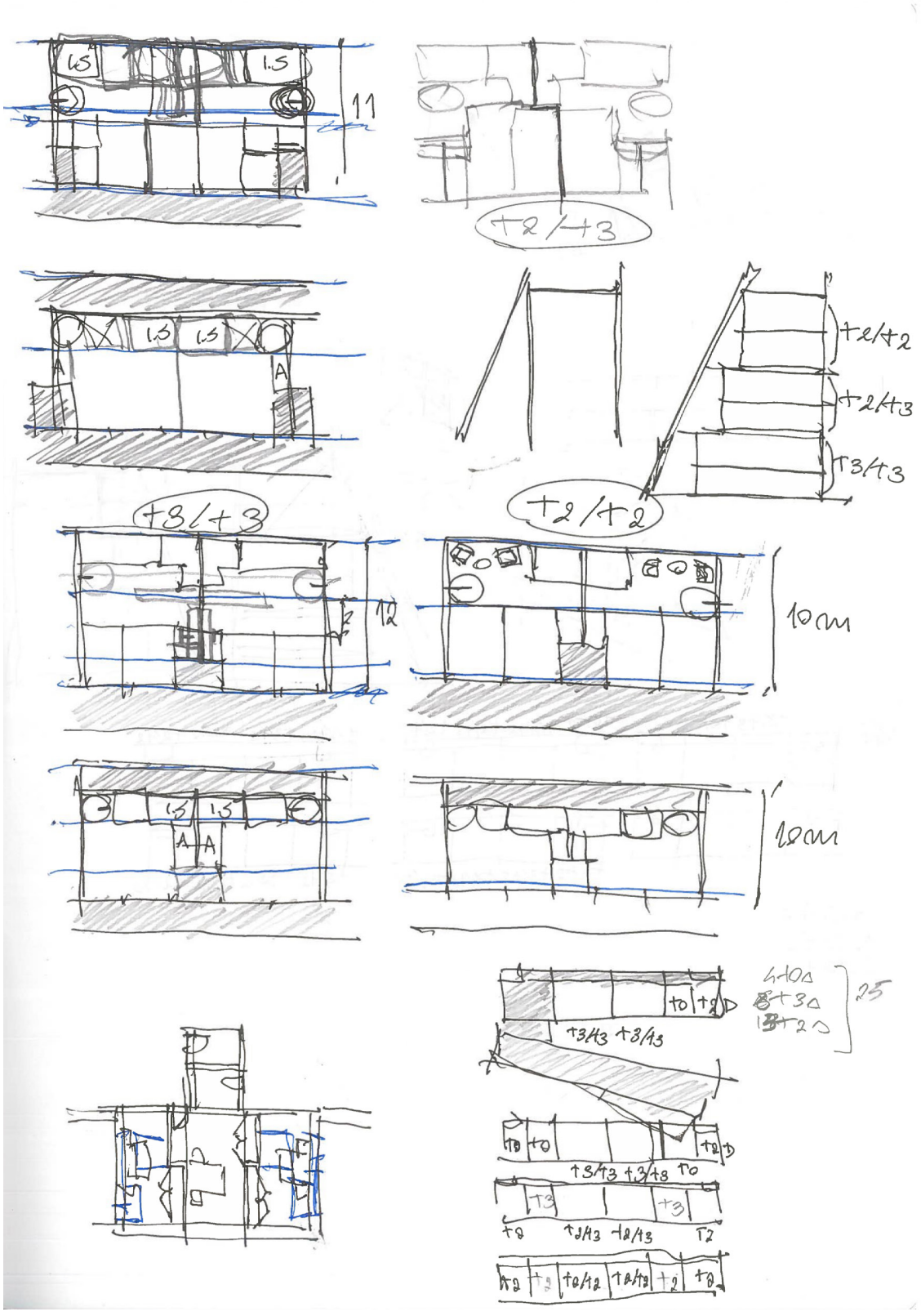

vidro
CLT
caixilho fixo de madeira
protegido solar

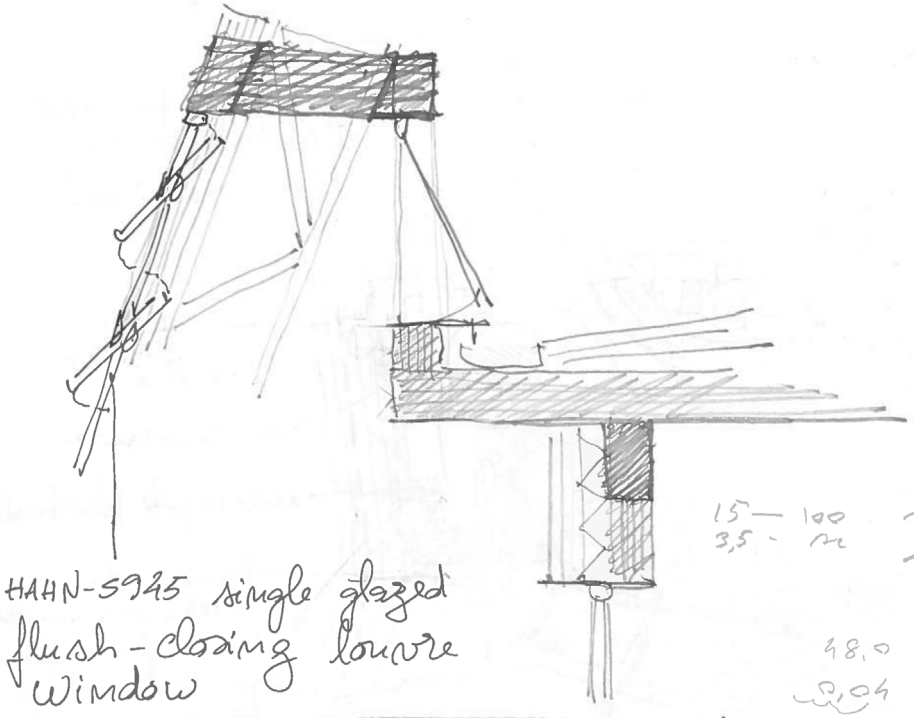

desenhar tracejado na planta
usar vidro triplo
não é necessário imp. mem isol. térm
protegido solar com painel solar




3,4/3,2
23,8m²
6,8
17 m²
47,6m²
vidro
parede
guarda
8,3
6,7
1,5
vidro
parede
gesso cartonado
blocos bloco de argila Leca
argamassa
reboco
acabamento liso
perfil metálico
≈48m²
1.5

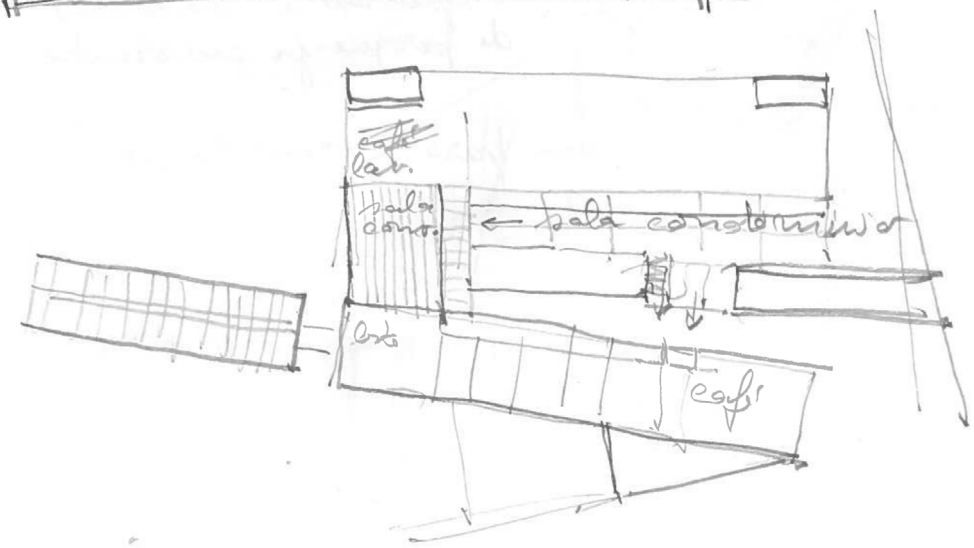

1.3
4.5
1.7
1
1
1
T3
T3
1.5
1.5
10 m
?
T3
T3
1.5
1.5
10
10

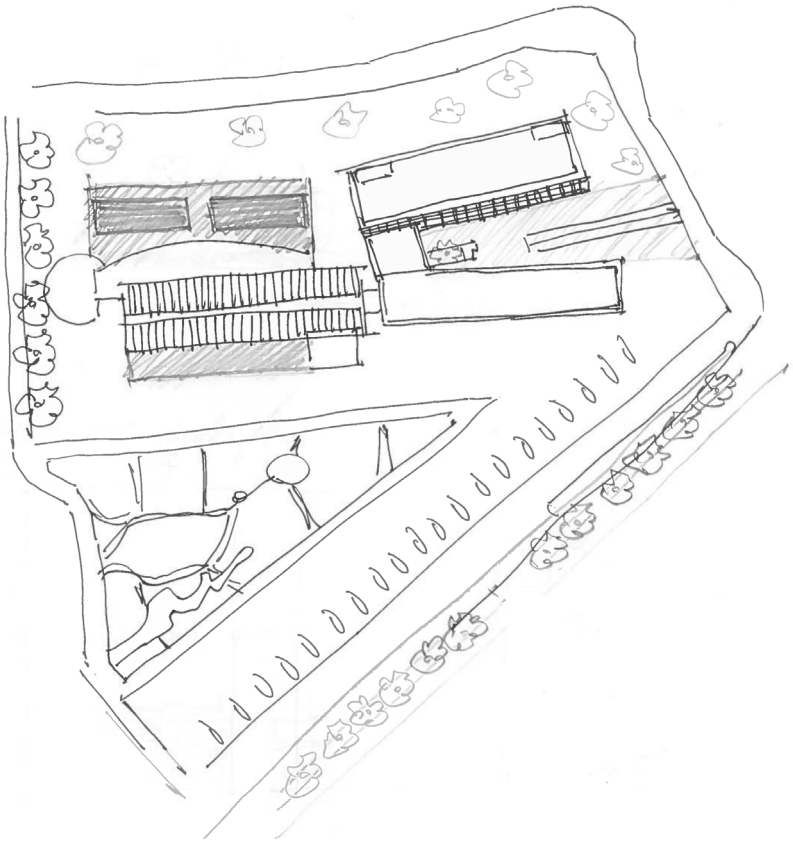

1.5
1.5
11
+2/+3
1.5
1.5
A
A
+2/+2
+2/+3
+3/+3
+3/+3
12
10cm
1.5
1.5
A
A
10cm
+0
+2
+3/+3
+3/+3
+0
+0
+2
+3/+3
+3/+3
+0
+3
+3
+0
+2/+3
+2/+3
+2
+0
+0/+2
+0/+3
+2
+0
25

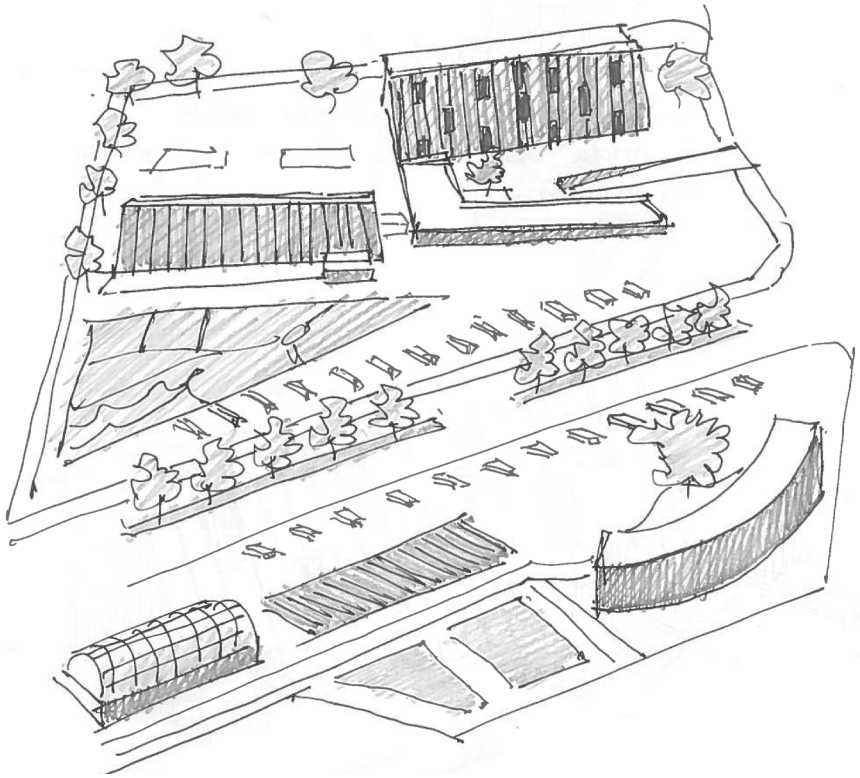


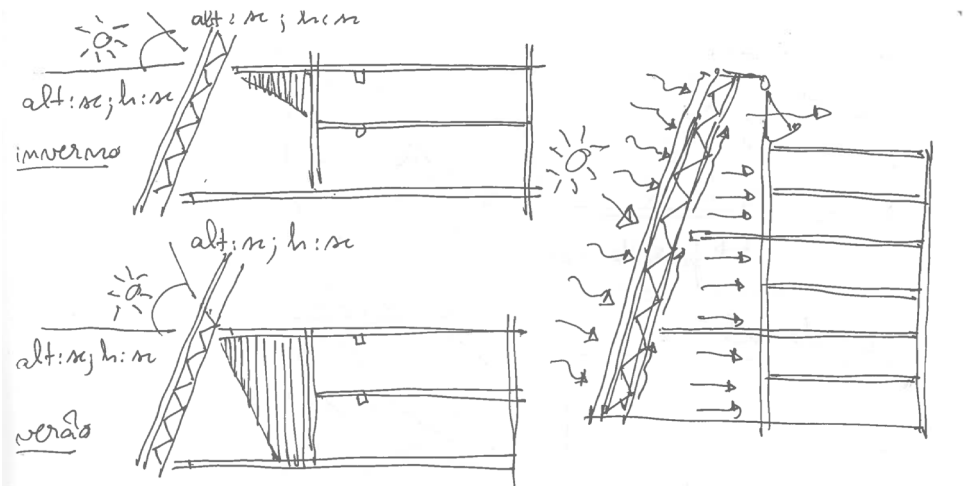
HAHN-5945 single glazed
flush-closing louvre
window

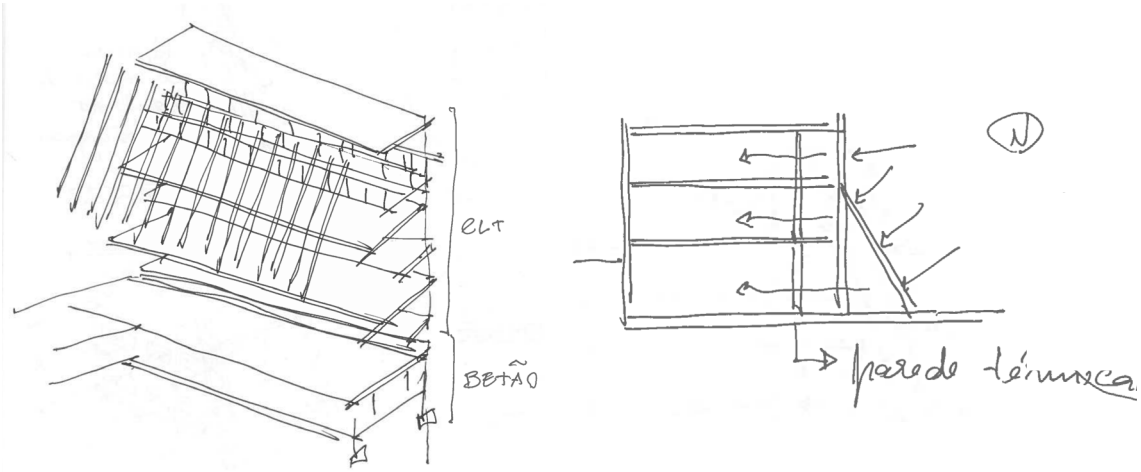
solst. inv.	alt: 6,38°	21 dez
" verão:	alt: 53,28°	20 jun

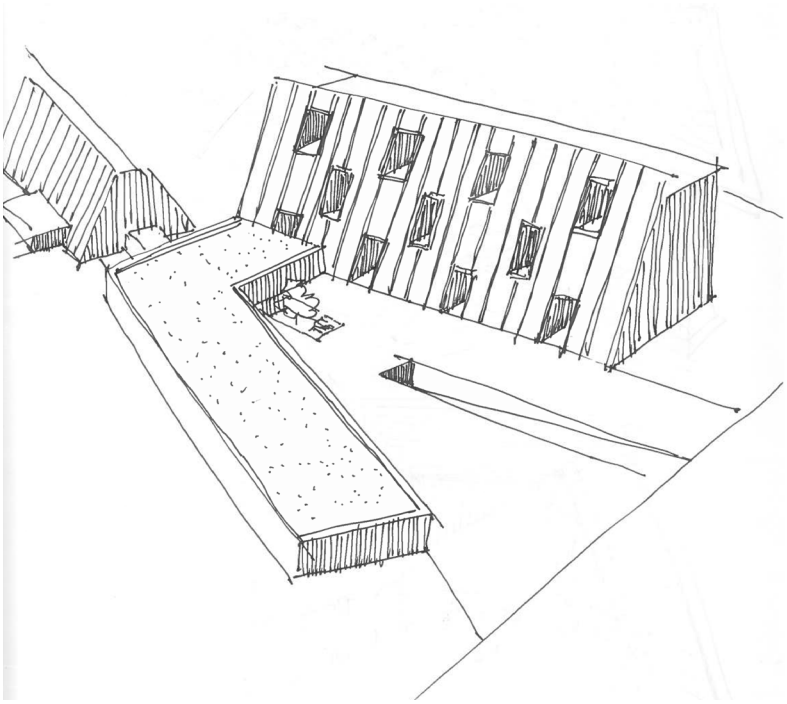


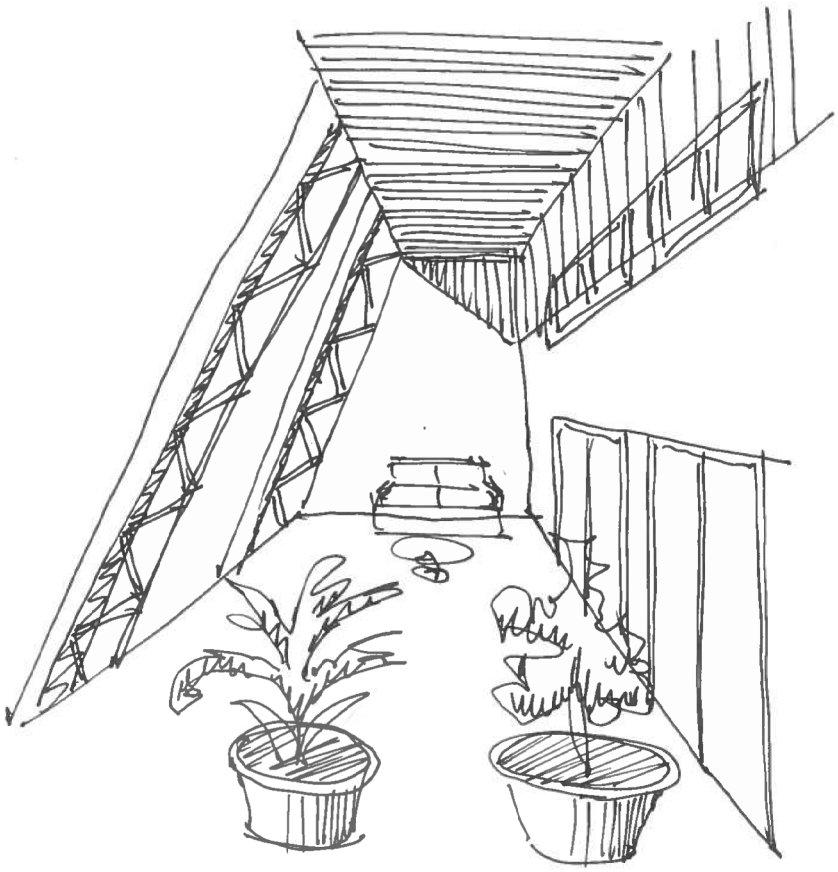


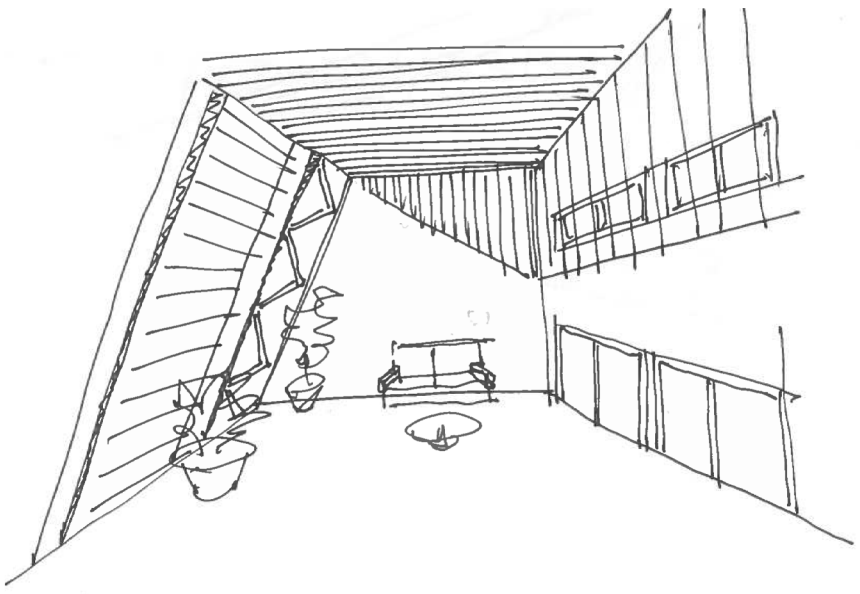


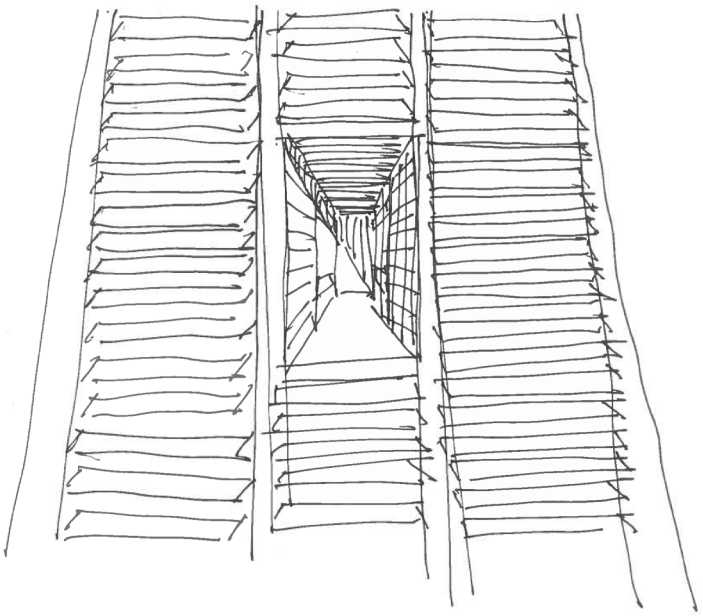

alt: sc ; h: sc
alt: sc; h: sc
inverno
alt: sc; h: sc
alt: sc; h: sc
verão

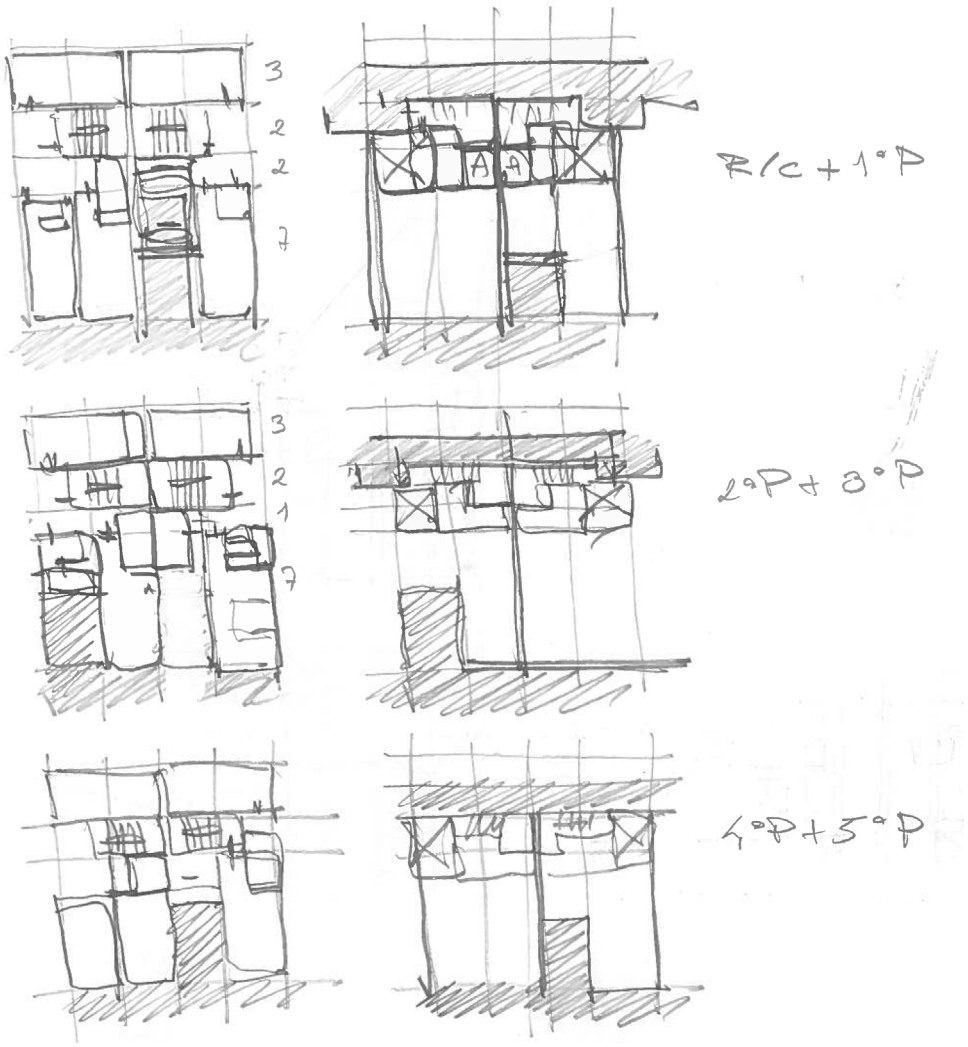

ELT
BETÃO
N
parede térmica

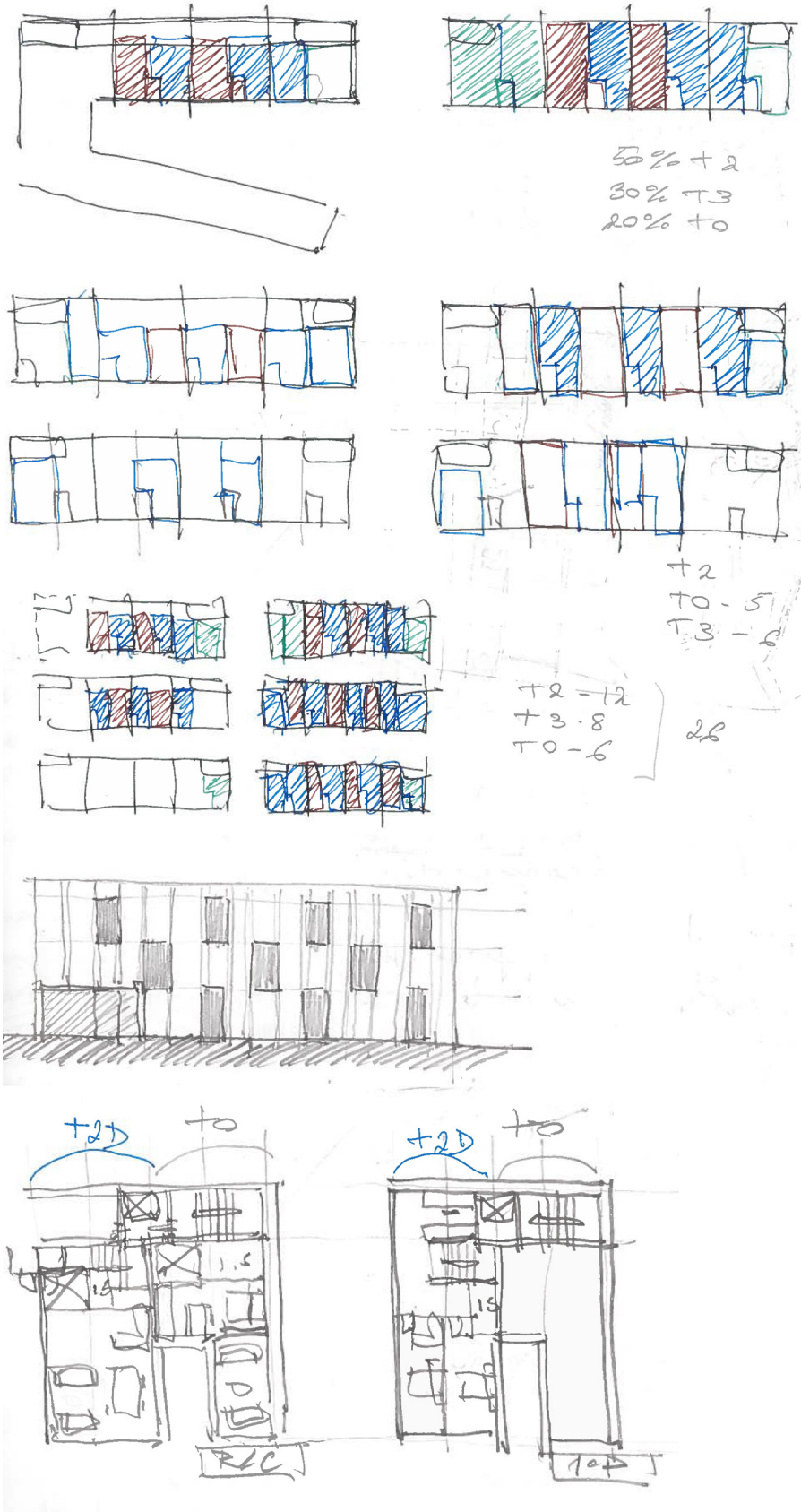


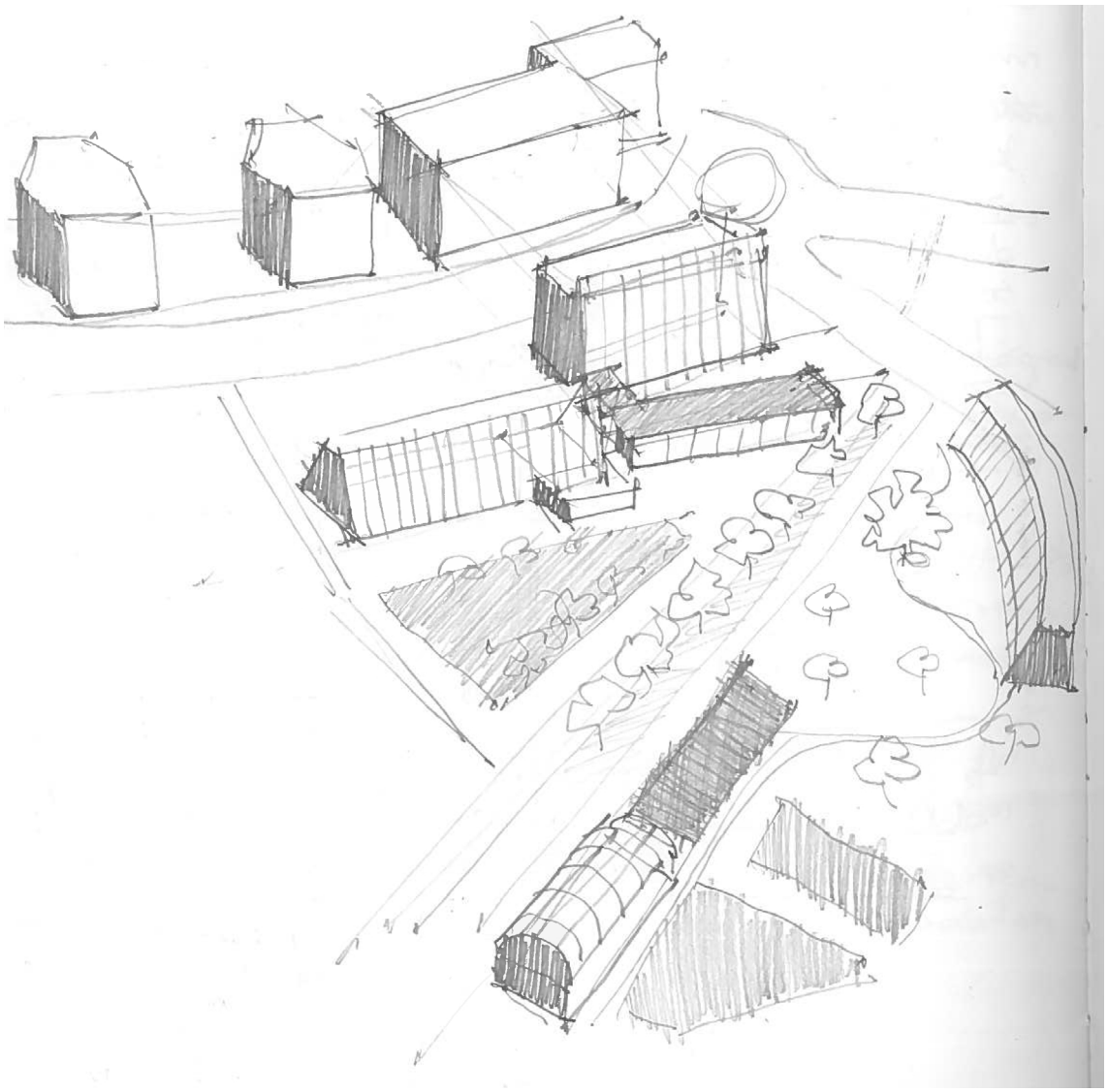


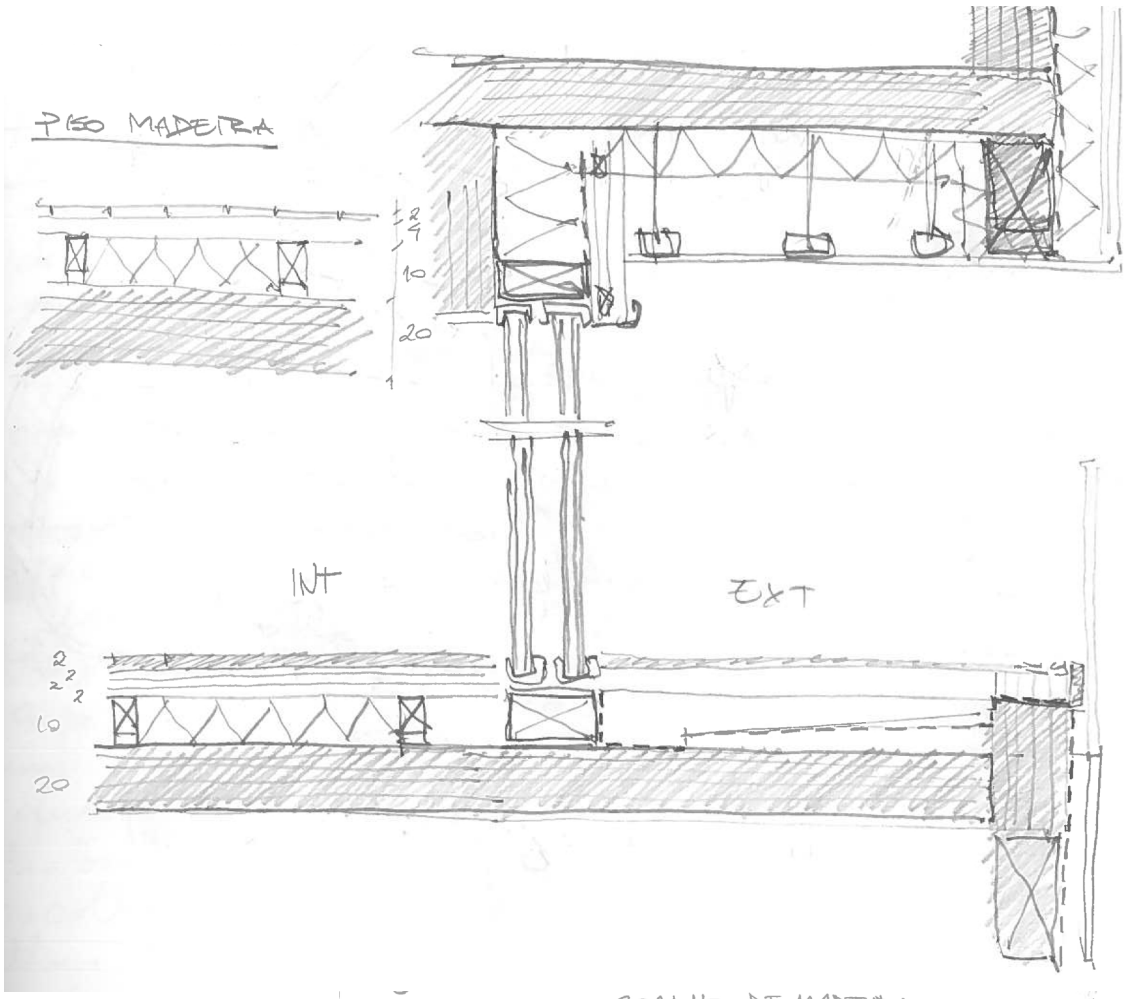


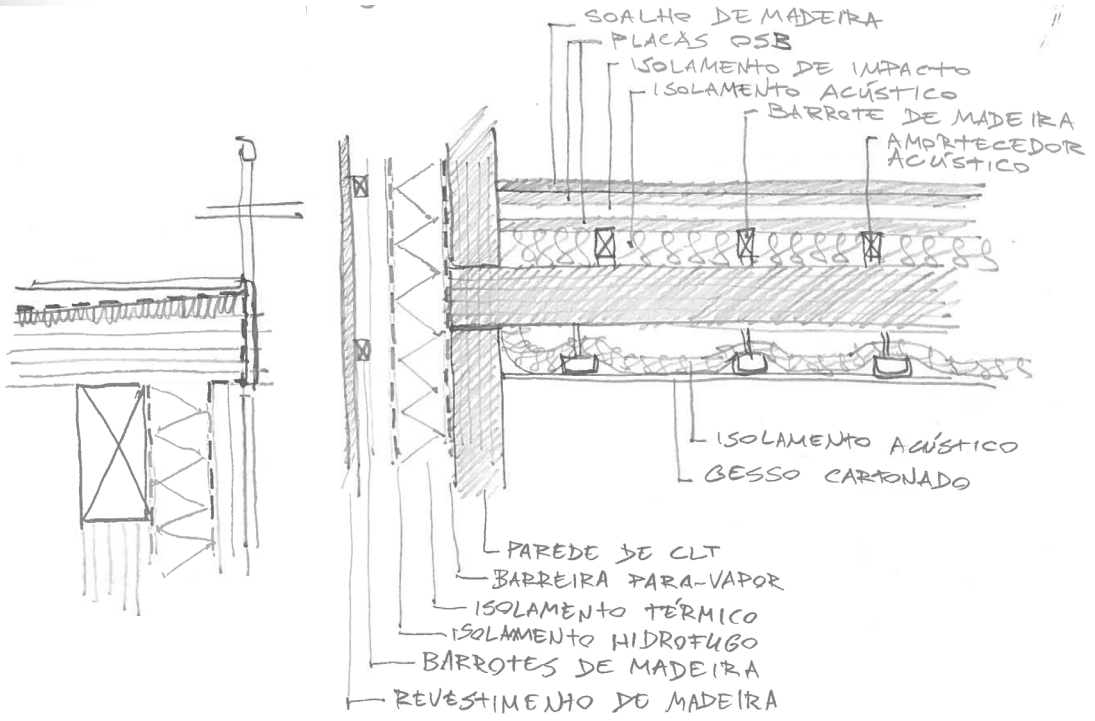



3
2
2
7
R/C + 1°P
3
2
1
7
2°P + 3°P
4°P + 5°P


50% +2
30% +3
20% +0
+2
+0 - 5
+3 - 6
+2 - 12
+3 - 8
+0 - 6
26
+2D
+0
+2D
+0
RC




PISO MADEIRA
2,4
10
20
1
INT
EXT
2
2
2
2
10
20


SOALHO DE MADEIRA
PLACAS OSB
ISOLAMENTO DE IMPACTO
ISOLAMENTO ACÚSTICO
BARROTE DE MADEIRA
AMORTECEDOR ACÚSTICO
ISOLAMENTO ACÚSTICO
GESSO CARTONADO
PAREDE DE CLT
BARREIRA PARA-VAPOR
ISOLAMENTO TÉRMICO
ISOLAMENTO HIDRÓFUGO
BARROTES DE MADEIRA
REVESTIMENTO DE MADEIRA