U.PORTO

MESTRADO INTEGRADO

ARQUITETURA

O Jardim de Inverno: Dispositivo espacial de regulação térmica no Espaço Doméstico

Isabel de Sousa Dias Santos Carneiro

M

2022

U.PORTO

Isabel de Sousa Dias Santos Carneiro. O Jardim de Inverno
Dispositivo espacial de regulação térmica no Espaço Doméstico

M.FAUP **2022**

O Jardim de Inverno: Dispositivo espacial de regulação térmica no Espaço Doméstico
Isabel de Sousa Dias Santos Carneiro

FACULDADE DE ARQUITETURA

NOTA À EDIÇÃO

As imagens utilizadas na presente dissertação são tanto de fontes exteriores, alteradas conforme a necessidade, como realizadas pela autora. O trabalho contém um anexo que inclui uma entrevista realizada ao arquiteto Xavier Ros Majó, sócio fundador dos Harquitectes.

Por uma questão de fluidez de leitura, as citações de língua não-portuguesa foram traduzidas livremente pela autora.

Na versão digital, a dissertação deve ser exibida em duas páginas com exceção da folha de rosto.

Segundo as orientações gerais atualmente em vigor para a elaboração da dissertação, cumpre-se o número máximo de caracteres (120 000 com espaços) e o número máximo de páginas limite para o corpo de texto escrito (90 páginas). Contudo, o documento apresenta 119 páginas no total (sem anexos) devido à montagem e formatação do trabalho – os agradecimentos, as capas dos capítulos, as páginas em branco e com imagens não foram considerados na contagem. O conteúdo escrito da dissertação apresenta 72 páginas.

Por fim, é importante referir que este trabalho foi desenvolvido paralelamente à investigação do Professor Eliseu Gonçalves incluída na relação entre Arquitetura e Energia. Partes do desenvolvimento do texto partiram de informação disponibilizada pelo orientador assim como de reflexões conjuntas a partir de tópicos abordados nas suas aulas.

O JARDIM DE INVERNO

DISPOSITIVO ESPACIAL DE REGULAÇÃO TÉRMICA NO ESPAÇO DOMÉSTICO

Isabel de Sousa Dias Santos Carneiro

Dissertação de Mestrado Integrado em Arquitetura

Apresentada à Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto
sob orientação do Professor Doutor Eliseu Manuel Vieira Gonçalves

Porto, 2022

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e ao meu irmão, pelo apoio e oportunidade, e especialmente à minha mãe, pela paciência incondicional.

Ao professor Eliseu, que desde o início manifestou interesse pelo tema desta dissertação e me incentivou a procurar e saber mais, sempre com disponibilidade para ajudar e esclarecer dúvidas ou discutir os tópicos abordados.

À Bianca e à Mati, pela companhia e motivação neste processo de final de curso, na exploração de bibliotecas e cafés para trabalhar, com a eterna dificuldade em encontrar *enchufes*.

Ao Vasco, pela companhia catalã e pelo empurrão final ao sabor de uma cerveja.

Ao arquiteto Xavier Ros, pela elevada disponibilidade, flexibilidade e gentileza em aceitar a realização da entrevista, além da abertura para futuras questões e o envio de informação gráfica como complemento do trabalho.

Por fim, aos amigos que partilharam comigo cada etapa deste percurso, Gonçalo, Francisca, Totas, Bosco, Geny, Mário, Inês e Ricardo, desde madrugadas de cubos, panados e jogos de sueca, a muitas gargalhadas que tornaram todo este caminho muito mais leve e recreativo.

Obrigada.

ABSTRACT

This thesis addresses a climate-responsive architecture through passive strategies, having as its study object the Winter Garden (or Greenhouse) as a spatial device of thermal regulation. Its habitable nature, which presents strong potential for space transformation through its atmospheric condition between the outdoors and the indoors, piqued notable interest. The analysis of this bioclimatic tool unfolds around the domestic space.

The contemporaneity of this theme arises from its contrast with an increasingly technological architecture, which in search of comfort encloses itself and depends on artificial conditioning, suppressing the site's potential. As a result, spaces become less healthy, less adequate and with high energy consumption.

The Winter Garden has had a strong impact throughout history, especially during the 19th century, renewing domestic lifestyle and experience. Its luminous and thermal characteristics were no longer only used to grow plants but also began to be seen for their spatial qualities. Thus, alongside an historical approach, a classifying interpretation of the three types of appropriations within the domestic space - the outer Greenhouse, the adjacent Greenhouse and the Greenhouse as a home - is proposed.

These types can be found in projects by Lacaton & Vassal and Jourda & Perraudin as a representation of the contemporary appropriation of the Greenhouse in its pure form. Nevertheless, this device offers exceptional flexibility of architectural integration. Therefore, driven by the architectural practice of Harquitectes, the universe of forms it can adopt as an effective passive thermal strategy is left open.

Keywords:
Architecture, Greenhouse, Winter Garden, Domestic Space, Passive Design, Solar Energy, Climate

RESUMO

Esta dissertação aborda uma arquitetura responsiva ao clima através de estratégias passivas, tendo como objeto de estudo o Jardim de Inverno (ou Estufa) como dispositivo espacial de regulação térmica. O interesse por este espaço provém do seu caráter habitável, que através da condição atmosférica entre o exterior e o interior, apresenta um potencial transformador espacial. A análise desta ferramenta bioclimática desenvolve-se em torno do espaço doméstico.

A atualidade deste tema decorre do contraste com uma arquitetura cada vez mais tecnológica, que em busca do conforto se encerra no interior e depende de climatização artificial, suprimindo o potencial do lugar. Com efeito, resultam espaços menos saudáveis, menos adequados e com elevado consumo energético.

O Jardim de Inverno teve um forte impacto ao longo da história, principalmente ao longo do séc. XIX, renovando o estilo de vida e a vivência do doméstico. O seu caráter luminoso e térmico deixou de ser apenas aproveitado para o cultivo de plantas e começou a ser visto pelas suas qualidades espaciais. Com efeito, simultaneamente a uma abordagem histórica, propõe-se uma leitura classificativa dos três tipos de apropriação que pode assumir no espaço doméstico - a Estufa fora, a Estufa adjacente e a Estufa como casa.

Estas matrizes reveem-se em projetos de Lacaton & Vassal e Jourda & Perraudin como representação da apropriação contemporânea da Estufa na sua forma pura. Não obstante, este dispositivo apresenta uma enorme flexibilidade de integração na arquitetura e, motivado pela prática arquitetónica dos Harquitectes, pretende-se deixar em aberto o universo de formas que poderá adotar como estratégia de climatização passiva eficaz.

Palavras-chave:
Arquitetura, Estufa, Jardim de Inverno, Espaço Doméstico, Desenho Passivo, Energia Solar, Clima

SUMÁRIO DE CONTEÚDOS

INTRODUÇÃO **11**

I | DA CRIAÇÃO DE PLANTAS A UM ESTILO DE VIDA **17**

NOTAS PARA UMA HISTÓRIA ARQUITETÓNICA DA ESTUFA

1.1 Analogia entre plantas e animais **19**

1.2 Do vidro ao Palácio de Cristal - a estufa como espaço habitável **23**

1.3 Transição para o espaço doméstico **33**

II | A ESTUFA **45**

2.1 DISPOSITIVO DE REGULAÇÃO TÉRMICA

2.1.1 Forma bioclimática **47**

2.1.2 Instrumento passivo **53**

2.2 DISPOSITIVO ESPACIAL

2.2.1 O jardim e o espaço doméstico **59**

2.2.2 Espaço intermédio **65**

III | APROPRIAÇÕES CONTEMPORÂNEAS **69**

UMA LEITURA CLASSIFICATIVA DA ESTUFA

3.1 A Estufa fora - Maison Keremma, Lacaton & Vassal **71**

3.2 A Estufa adjacente - Maison Latapie, Lacaton & Vassal **79**

3.3 A Estufa como casa - Maison Serre, Jourda & Perraudin **87**

CONSIDERAÇÕES FINAIS **95**

O JARDIM DE INVERNO E A SUA REPRODUTIBILIDADE

FONTES BIBLIOGRÁFICAS **109**

REFERÊNCIAS ICONOGRÁFICAS **113**

ANEXO - Entrevista a Xavier Ros Majó (Harquitectes) **121**

INTRODUÇÃO

Uma arquitetura diligente capaz de integrar estratégias passivas é um tema de relevância intemporal - o modo como um edifício se insere num lugar e como se molda às condições climáticas determina a sua boa vivência e viabilidade enquanto abrigo para o ser humano. O lugar é uma condicionante incontornável e uma arquitetura totalmente dependente de sistemas de climatização artificiais demite-se necessariamente do meio-ambiente. Em contrapartida, uma arquitetura que tira proveito do potencial da envolvente, que adapta a sua forma e materialidade ao clima do lugar, resultará mais eficiente, saudável, confortável e humana porque está em relação com a natureza.

A passagem dos raios de luz marcados no chão durante o inverno, a sombra texturizada da vegetação no verão, a brisa morna para ventilar uma sala, a frescura de uma parede grossa de pedra, são aspetos que definem a perceção do ambiente e a própria forma da arquitetura e não podem ser substituídos por dispositivos mecânicos. Os arquitetos catalães Harquitectes serviram de motivação para este trabalho, visto que trabalham a partir da experiência e do conforto do habitante e a sua prática insiste nesta perspetiva ao considerar não só a matéria sólida com que constroem, mas também a matéria fluída inerente à arquitetura. Tal como notado na citação ao lado, eles projetam a organização de fenómenos ambientais que se podem manipular de modo a oferecer uma experiência agradável aos seus habitantes e tornam visível esta matéria invisível através da experiência sensorial do espaço.

"Embora a grande maioria tenha contribuído para o meu pensamento enquanto arquiteto, muito raramente encontrei arquitetos que pusessem em prática uma agenda radical e concreta, capazes de ler os tempos em (quase) toda a sua complexidade e de os traduzir em projectos arquitectónicos rigorosos a todos os níveis."

(FERRARI, F. - Prólogo, La actitud como forma. in Harquitectes, textos y conversaciones, p.7)

Esta linha de pensamento transporta-nos para a esfera da arquitetura passiva, por sua vez apoiada na aprendizagem empírica. Equacionando estas diretrizes de como conceber o espaço integrando sistemas passivos nos edifícios, obtém-se simultaneamente uma arquitetura com elevado desempenho energético e com qualidade habitacional. Muitas vezes soluções simples e prudentes melhoram

significativamente a qualidade dos projetos e o objeto deste trabalho é um caso paradigmático.

O **objeto central** desta investigação é a estufa, ou jardim de inverno[1], entendido não só como regulador térmico, mas também enquanto dispositivo espacial importante na reconfiguração da habitação contemporânea. O interesse deu-se pelo facto de este dispositivo bioclimático se destacar dos restantes pelo seu caráter de espaço habitável, transformador da vivência do doméstico e do seu clima, com enorme versatilidade e plasticidade.

Neste sentido, é **objetivo** geral da dissertação construir uma reflexão crítica sobre as soluções ancoradas na noção de estufa, explorando o problema contemporâneo das ferramentas bioclimáticas e do habitar.

A análise recai sobre a habitação como espaço de referência para a estabilização das noções de conforto. Por outras palavras, a importância da habitação e do seu espaço doméstico como o último reduto de defesa contra as condições climáticas adversas e, simultaneamente, como o espaço de intimidade e vivência.

A estufa reconfigurou o espaço doméstico ao longo da história, começando por ser uma estrutura independente com o único objetivo de cultivar plantas exóticas e, devido ao seu potencial de regulador climático, passou a distinguir-se pela sua capacidade de gerar um ambiente confortável para os seres vivos. Assim, a **estrutura** deste trabalho compreende uma primeira parte, que se volta para a história de modo a entender o que era o jardim de inverno, como surgiu, como transitou para o espaço doméstico e por que razões. Visa-se, deste modo, explorar a adequação e pertinência deste dispositivo bioclimático numa arquitetura contemporânea.

Não menos importante, interessa entender como funciona uma estufa e qual é o seu impacto ao integrá-la no espaço doméstico. A segunda parte do trabalho divide-se, portanto, em duas frentes de análise – a estufa enquanto dispositivo de regulação térmica e enquanto dispositivo espacial.

1 Neste trabalho, 'Estufa' e 'Jardim de Inverno' são entendidos como sinónimos, embora se reconheça que o primeiro remete mais para um dispositivo técnico, ao passo que o segundo se relaciona mais com a questão habitável intrínseca a este dispositivo espacial.

Num primeiro momento, tratando-se de um dispositivo climático passivo, dá-se notas sobre a relação entre a arquitetura passiva e a sua prática ancestral, expondo a sua relevância atual. Porém, não tendo em vista uma exposição detalhada de todas as estratégias passivas, o desenvolvimento técnico foca-se no jardim de inverno.

De seguida, é explorado o papel do jardim no espaço doméstico, numa ideia de interdependência entre a arquitetura e a natureza, assim como num entendimento de espaço intermédio como gerador de qualidades espaciais distintas. Estas noções adequam-se perfeitamente ao conceito de estufa integrada no espaço doméstico enquanto dispositivo que estabelece a interação entre a casa e a envolvente e enquanto espaço habitável e polivalente, que climatiza o espaço recorrendo ao poder da natureza.

O contexto e o propósito desta investigação convergem na exploração de casos práticos da arquitetura contemporânea que integram o jardim de inverno. Começou por se diferenciar os tipos de integração no doméstico, definindo três tipologias que representam o movimento transitório ao longo da história. Primeiro, a estufa separada da casa, depois adjacente à casa e, por fim, a estufa como casa. Relativamente a esta matéria, os arquitetos Lacaton & Vassal são uma excelente referência e objeto de estudo.

Contudo, não importa a apropriação da estufa apenas na sua forma pura, mas também as formas híbridas que pode adotar através de um processo de reprodutibilidade. A este propósito, Rafael Moneo refere que:

> O objeto arquitetónico já não pode ser considerado como um acontecimento único e isolado porque está ligado pelo mundo que o rodeia e pela sua história. Estende a vida a outros objetos em virtude da sua condição arquitetónica específica, estabelecendo assim uma cadeia de acontecimentos relacionados, nos quais é possível encontrar estruturas formais comuns.[2]

2 MONEO, Rafael - On Typology. in EISENMAN, Peter, *et al.* - Oppositions 13 : A Journal for ideas and criticism in architecture, Summer 1978. Estados Unidos da América: The Institute for Architecture and Urban Studies e MIT Press, 1979. pp.22-44

É valoroso entender como se pode aprender com um sistema passivo específico e adaptá-lo a qualquer realidade, tirando partido dos seus benefícios, princípios térmicos e espacialidade. É a partir desta hipótese que o trabalho dos Harquitectes se envolve nesta investigação. Estes arquitetos assumem importância neste trabalho também pela entrevista a um dos seus membros fundadores, que permitiu a procura de sínteses das problemáticas que este trabalho levanta, podendo incluí-las nas considerações finais.

Não se pretende com este trabalho encontrar uma solução passiva padronizada aplicável a qualquer edifício. Isso iria contra a aceitação da envolvente e das condicionantes do lugar específico de cada projeto. A intenção é estudar e analisar a versatilidade do jardim de inverno e o modo como é aplicável a várias obras contemporâneas como dispositivo bioclimático eficaz e transformador do espaço doméstico.

Por fim, de modo a entender a origem da estufa no contexto da horticultura, a investigação assentou numa **revisão bibliográfica** não exclusivamente pertencente à disciplina da arquitetura, sendo contudo fundamental para a construção deste trabalho.

O contexto histórico desta dissertação foca-se no Reino Unido como centro da Revolução Industrial, que alavancou o desenvolvimento das estufas a nível mundial.

É de destacar o impacto de John Claudius Loudon e os seus escritos ao longo do séc. XIX. Apesar de escocês, a sua a vida estabeleceu-se em Inglaterra e os seus contributos científicos ao nível da horticultura influenciaram os seus contemporâneos. Fundou e editou a primeira revista periódica dedicada à horticultura, sedeada em Londres - *The gardener's magazine and register of rural & domestic improvement*, em 1826 e escreveu ainda o renomado livro *The green-house companion*, de 1832.

Para além disso, a importante *Royal Horticultural Society,* interessada nas atividades, descobertas e conquistas por parte dos horticultores, também foi fundada em Londres, em 1804.

Perante a produção arquitetónica da época, a análise histórica de casos práticos de estufas dá maior foco às obras de Paxton, que no decorrer dos avanços tecnológicos, projetou a maior estufa alguma vez construída (1851), em Londres. Apesar de autor de publicações periódicas e de outros escritos importantes, destacou-se pelas suas invenções construtivas incluídas nas estufas que, com grande êxito, fizeram progressos a nível da jardinagem.

Posto isto, neste trabalho sublinham-se os escritos de Henrik Schoenefeldte e de Dean Hawkes, assim como o artigo *On the On the Horticultural Origins of Victorian Glasshouse Culture*[3] de Dustin Valen, que se focam neste contexto britânico e que fundamentaram esta investigação.

Neste sentido, foi feito o cruzamento destes textos com bibliografia própria da disciplina da arquitetura, que visou a interseção da estratégia passiva veiculada pela estufa com o modo como foi gradualmente integrada na arquitetura.

As partes técnicas apoiaram-se em manuais de arquitetura bioclimática como *Energy Conscious Design: a primer for architects*[4], de1992, *How buildings work: the natural order of architecture*[5], de 2005, *Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible*[6], de 2004 ou *Energia Solar Passiva*[7], de 2010, entre outros. Ao passo que no contexto dos casos de estudo práticos, a investigação centrou-se nos arquitetos Lacaton & Vassal, Jourda & Perraudin e Harquitectes, para a qual foram consultadas fontes dispersas onde estes arquitetos estão citados, visto que os seus discursos na 1ª pessoa foram pertinentes como exposição das suas correntes de pensamento. Por último, o livro *Harquitectes - textos y conversaciones*[8] editado por Felipe De Ferrari, de 2022 teve um papel central neste trabalho tanto como apoio para o desenvolvimento teórico, assim como motivação para realizar a minha própria conversa com um destes arquitetos.

3 VALEN, Dustin - On the Horticultural Origins of Victorian Glasshouse Culture. in Journal of the Society of Architectural Historians, 75(4), 2016, pp. 403–423

4 GOULDING, John; LEWIS, J. Owen; STEEMERS, Theo - Energy Conscious Design: a primer for architects. Londres: Batsford, for the Commission of the European Communities, 1992

5 ALLEN, Edward - How buildings work: the natural order of architecture. Nova Iorque: Oxford University Press, 2005

6 GONZÁLEZ, F. Javier - Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible. Madrid: Editorial Munilla-lería, 2004

7 MOITA, Francisco - Energia Solar Passiva. Lisboa: Argumentum, 2010

8 HARQUITECTES - Harquitectes, textos y conversaciones. Barcelona: Puente editores, 2022



I

DA CRIAÇÃO DE PLANTAS A UM ESTILO DE VIDA

NOTAS PARA UMA HISTÓRIA ARQUITETÓNICA DA ESTUFA

fig. 1. Tea in the Conservatory, 1890
Harry E. J. Browne (1859–1917)



fig. 2. Sonniger Wintergarten mit Papagei
(Estufa ensolarada com papagaios)

Olga Wisinger-Florian, (1844-1926)

1.1 ANALOGIA ENTRE PLANTAS E ANIMAIS

> Como a jardinagem influenciou a produção arquitetónica na Inglaterra do séc.XIX, ajudando a transmitir a ciência Vitoriana para a cultura das edificações. Como os 'climas artificiais' gerados pelos horticultores foram integrados em debates relativamente à saúde humana e foram transformados em 'climas medicinais' na arquitetura.[9]

As estufas surgiram do desejo de cultivar plantas exóticas em climas inadequados. Estas estruturas de vidro representam a essência da preocupação pelo clima interior, devido à vontade de criar e manter espécies tropicais fora do seu habitat natural. Do mesmo modo, a estufa é encarada pelos historiadores de arquitetura bioclimática como um importante laboratório onde se desenvolveram métodos avançados de ventilação e aquecimento. Métodos que mais tarde seriam adaptados à arquitetura para resolver questões de conforto e saúde.[10]

A atmosfera dentro da estufa, principalmente a saturação e excesso térmico, era então regulada através da ventilação, aquecendo o solo à volta de plantas delicadas, ajustando os níveis de humidade e vaporizando o ar. Porém, de maneira a aperfeiçoar o desempenho das estufas, os jardineiros tiveram de adquirir conhecimentos em duas matérias complementares: em primeiro lugar, o domínio do clima, de modo a obter o ambiente desejado[11]; em segundo, o conhecimento da consequente resposta fisiológica das plantas a esse clima. Este ponto é de acentuada relevância visto que levou os jardineiros a estudarem os efeitos das variações climáticas e da atmosfera na vida orgânica.[12]

9 VALEN, Dustin - On the Horticultural Origins of Victorian Glasshouse Culture. in Journal of the Society of Architectural Historians, 75(4), 2016, p. 403

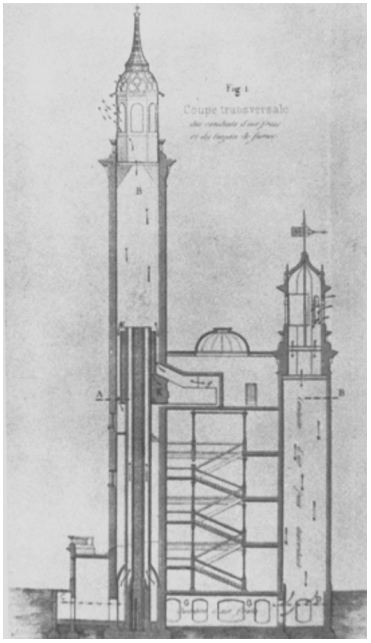
10 *ibidem*

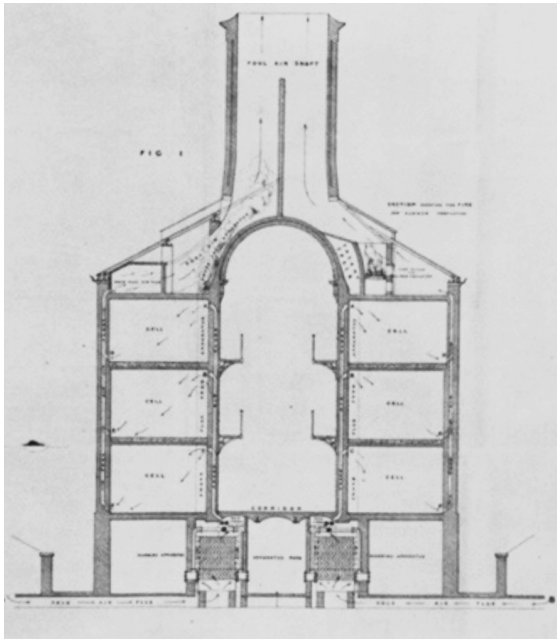
11 Para esse propósito, foi necessário estudar as propriedades do ar através de registos detalhados das variações climáticas associando-os a conhecimentos interdisciplinares, como escritos de físicos, engenheiros e químicos.

12 *idem*, p. 407

fig. 3. à esquerda, Guy's Hospital, novo bloco de enfermaria em Londres, 1850. Secção mostra o sistema de aquecimento e ventilação concebido por John Sylvester (A.-J. Morin, Etudes sur la Ventilation, Paris, 1863, 1)

fig. 4. à direita, Prisão de Pentonville, erigida em 1841-1842, Londres. Secção mostra o aquecimento do ar e o sistema de ventilação por extracção de calor por Joshua Jebb (Relatório do Inspector Geral das Prisões sobre a Construção, Ventilação e Detalhes da Prisão de Pentonville, Londres, I844).





Este novo campo de investigação suscitou a atenção de reformadores do sistema de saúde pública, que tinham os mesmos interesses relativamente aos efeitos do clima e do ambiente no ser humano. Deste modo, estabeleceu-se a relação entre o conhecimento da horticultura e a saúde pública – uma correlação valiosa onde "cientistas da natureza começaram a ver as plantas, animais e o ser humano unidos pela sua biologia, numa partilhada suscetibilidade perante o meio envolvente."[13]

Estando o Reino Unido na origem da Revolução Industrial, eram evidentes as terríveis condições de insalubridade das cidades pela crescente densidade populacional e poluição do meio urbano. Assim, a analogia entre o desenvolvimento das plantas e a saúde humana[14] ganhou particular força no decorrer da crescente ameaça à saúde pública. O acesso ao ar puro e à luz natural tornaram-se fulcrais como medida preventiva.

Andrew Combe (1797-1847), um físico conhecido pelo seu livro de 1834 *Principles of Physiology Applied to the Preservation of Health*, já nesta época defendia que o clima estava diretamente relacionado com o aparecimento ou disseminação de certas doenças, acreditando que os climas quentes e amenos possuíam características curativas. Para além disso, concluiu que tal como para a maioria das plantas, ambientes com excesso de humidade, temperaturas extremas ou grandes amplitudes térmicas eram de grande risco para a saúde humana.

Por conseguinte, engenheiros, arquitetos e médicos começaram a dedicar-se a criar espaços com climas artificiais para apropriação humana, desenvolvendo estratégias para ventilar e aquecer edifícios com água quente e luz natural, tal como faziam para as plantas nas estufas.

13 VALEN, Dustin - On the Horticultural Origins of Victorian Glasshouse Culture. in Journal of the Society of Architectural Historians, 75(4), 2016, p.408

14 "As plantas são seres organizados, que, tal como os animais, dependem para a sua existência da alimentação, do calor, do ar e da luz" in J.A.W. - Art II: Of the Analogy between Plants and Animals. in Gardener's Magazine, 14 (102), Londres, 1838, p.412

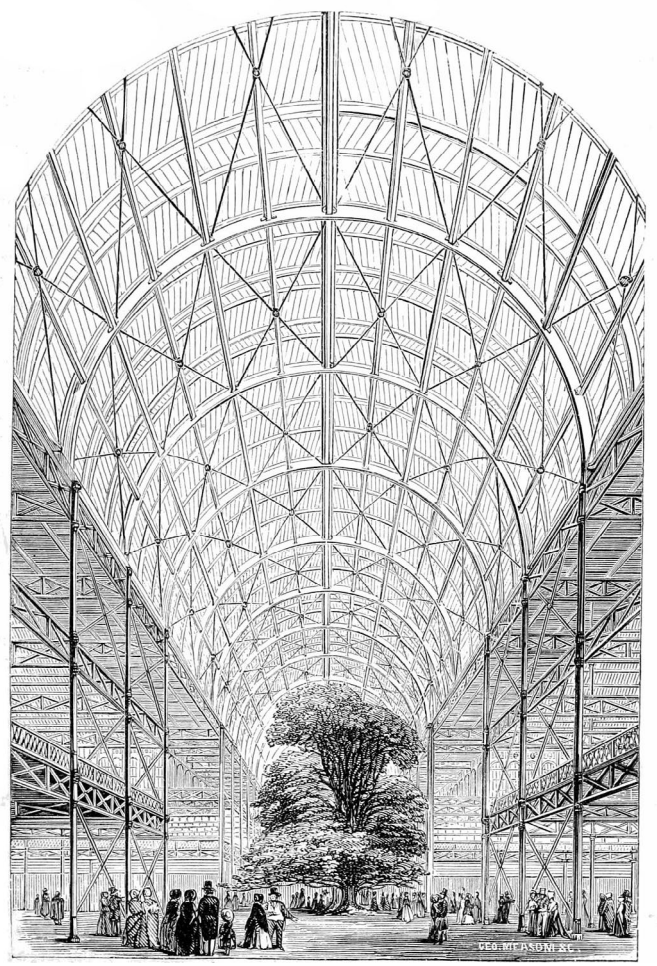
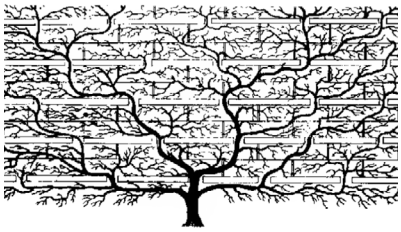


fig. 5. vista do interior do transepto do Palácio de Cristal

1.2 DO VIDRO AO PALÁCIO DE CRISTAL

A ESTUFA COMO ESPAÇO HABITÁVEL

Apesar da estufa ter ganho maior complexidade e protagonismo no séc. XIX, a sua génese é anterior, centrada nos jardins aristocráticos[15]. Durante o Iluminismo, o conhecimento empírico tomou a observação do sol como ferramenta de adequação térmica. Antes de ser alcançada a solução formal de estufa, inicialmente tirava-se partido da radiação solar através de paredes com inércia térmica. As 'fruit walls' são um caso particular deste tipo de conhecimento e podemos considerá-las a origem da estufa, uma vez que tiram partido da radiação solar com paredes de inércia térmica.



Estas paredes foram desenvolvidas sobretudo no Reino Unido e em França e fomentavam o crescimento das plantas que, estando perto de uma barreira ou parede aquecida pelo sol, mais tarde receberiam o próprio calor acumulado por ela. De facto, em 1699, já estava publicado um importante ensaio chamado *Fruit Walls Improved*, de Nicolas Fatio de Duillier (1664-1753), que explorava o potencial de diversas materialidades e constatava que o tijolo seria o material mais eficaz a ser usado tendo em conta as suas capacidades de absorção de calor.[16]

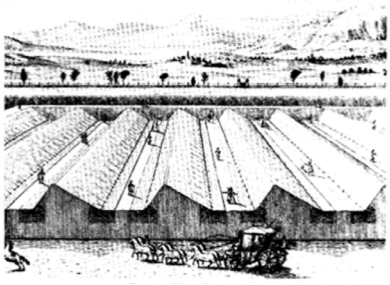


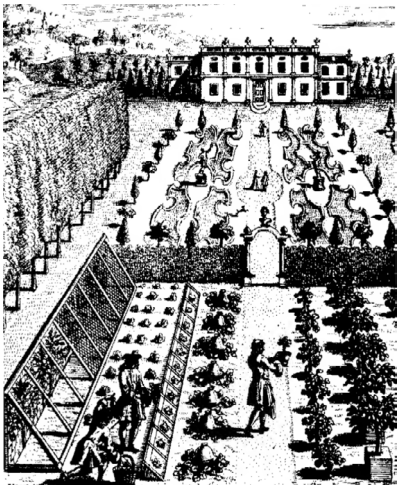
fig. 6. parede de tijolo como *fruit-wall*

fig. 7. *fruit-walls* inclinadas e voltadas a sul, representação do séc. XVII em França

Contudo, estas paredes verticais orientadas a sul rapidamente se provaram pouco eficazes, tendo em conta que apenas recebiam luz solar direta durante algumas horas do dia. No seguimento, o mesmo autor propôs a *sloping wall* (ver fig. 7).

15 Durante a época medieval, o vidro era visto como algo frágil e as casas tinham apenas pequenos vãos nas paredes por questões de segurança, que permitissem iluminar e ventilar o necessário. Normalmente, apenas as igrejas tinham grandes janelas. Para além disso, até ao séc. XVI, a Igreja condenava a criação de plantas fora do seu habitat natural - era visto como bruxaria. Contudo, na era do iluminismo rompeu-se com este preconceito.

16 BUTTI, Ken; PERLIN, John - A Golden Thread: 2500 Years of Solar Architecture and Technology. Palo Alto, California: Cheshire Books, 1980, pp. 42-43





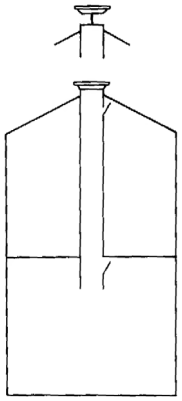


fig. 8. uso de estruturas envidraçadas para reter o calor e prolongar a época de crescimento de plantas

fig. 9. isolamento da estufa através de cortinas de lona, séc. XVIII

fig. 10. estufa com armazenamento de calor solar, desenho patenteado por James Anderson em 1803

Partia do mesmo princípio térmico, mas ao ser inclinada 45º expunha-se à radiação solar durante muito mais horas.

Todavia, durante o inverno de 1714, após usar as 'sloping walls' no seu jardim e perceber que não eram eficazes o suficiente para manter as plantas vivas, John Manners (1676-1721) decidiu cobri-las com estruturas de vidro de modo a armazenar o calor do sol por mais tempo. Esta estratégia teria sido antecipada por Hugh Plat (1552-1608), escritor e inventor inglês, que havia sugerido utilizar o vidro em plântulas (embriões vegetais iniciando a germinação) como proteção do ar frio e amplificação do calor do sol.

Foi a partir do séc. XVIII que estruturas de vidro e seguidamente estufas se tornaram populares em Inglaterra e na Holanda, inicialmente, e depois em toda a Europa ocidental e nos Estados Unidos da América[17].

Horticultores e inventores como James Anderson (1739-1808) começaram a criar métodos mais eficazes de conservar o calor proveniente da radiação solar. Investiram em telas ou tapetes para tapar os vidros quando não houvesse sol e construíram as estufas com vidro duplo, sendo que o ar retido entre os dois planos funcionaria como isolamento térmico.[18] No final do séc. XVIII, desenvolveu-se outra estratégia de aproveitamento de calor: quando a estufa estivesse demasiado quente, em vez de se abrir janelas e desperdiçar o ar aquecido, este seria guardado no piso superior da estufa, transferido através de um tubo e, durante a noite, o ar quente seria devolvido às plantas no piso inferior. Esta foi uma das primeiras tentativas de armazenar o calor do sol (ver fig. 10).

Com efeito, o séc. XVIII é apelidado de 'a Idade das Estufas'[19], dado que se tornou uma tendência recorrente.

Conforme já foi referido, foi com a Revolução Industrial e em particular com a produção massiva do vidro e do aço que a construção de Jardins de Inverno se tornou acessível à classe média. Tal como no caso dos jardins botânicos, também as estufas se tornaram cada vez mais presentes em locais públicos.

17 No nordeste dos Estudos Unidos também começaram a surgir entusiastas pelos jardins de inverno, que podiam tirar proveito das suas características nos meses mais frios do ano.

18 BUTTI, Ken; PERLIN, John - A Golden Thread: 2500 Years of Solar Architecture and Technology. Palo Alto, California: Cheshire Books, 1980, p.49

19 *idem,* p.47

Sabendo-se das grandes potencialidades climáticas que se podia retirar das estufas e associando aos benefícios a nível de saúde pública, horticultores como Joseph Paxton (1803-1865) e John Claudius Loudon (1783-1843) propuseram a criação de novos ambientes para o ser humano. Loudon, por um lado, propunha o uso de estruturas gigantes de vidro que poderiam cobrir vilas inteiras na Rússia para criar um clima artificial. Paxton, por outro lado, imaginava a outra escala novos espaços públicos, como grandes jardins de inverno que ofereceriam aos londrinos um ambiente puro, ameno, confortável e com luz natural, algo muito escasso nessa época. Estas propostas foram entendidas como "um precedente numa nova abordagem arquitetónica excecionalmente conduzida por critérios climáticos."[20]

Um bom exemplo da apropriação da estufa para uso humano foi a estrutura de vidro desenhada por Paxton para o London Hospital of Diseases of the Chest, em 1851. Atendendo ao facto de ser um centro de recuperação, a prioridade foi conjurar os critérios climáticos necessários e, consequentemente, obter a solução arquitetónica.

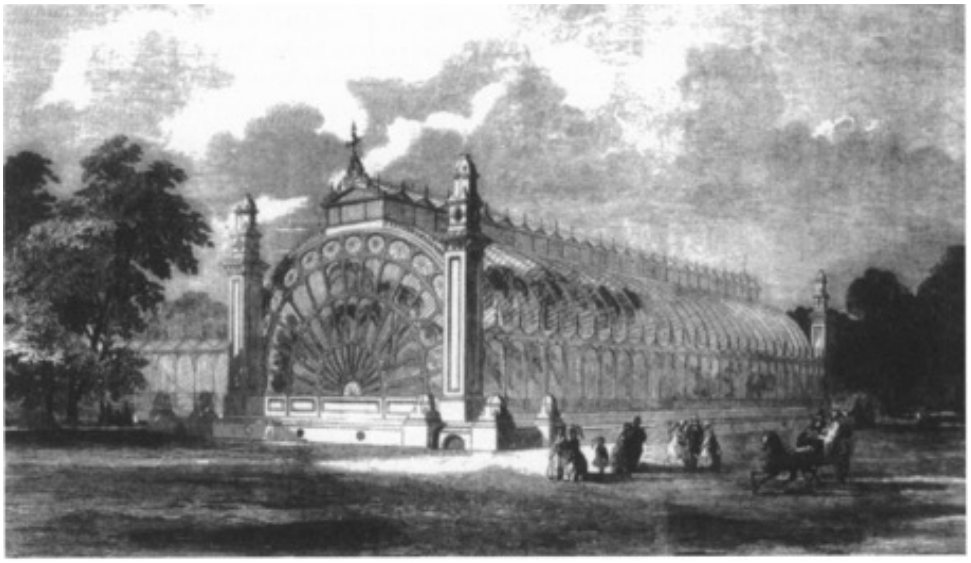
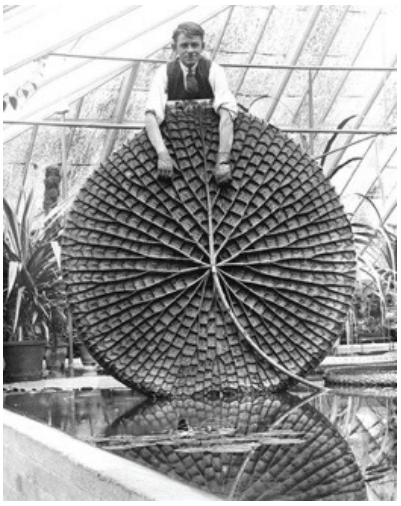




fig. 11. em cima, estufa projetada por Loudon juntamente com E. Bailey para a Royal Horticultural Society, Chiswick, 1840

fig. 12. à esquerda, sanatório proposto por Paxton no Victoria Park, 1851

20 SCHOENEFELDT, Henrik - The Crystal Palace, environmentally considered. Research Quaterly, 12 (3-4), 2008, p.283



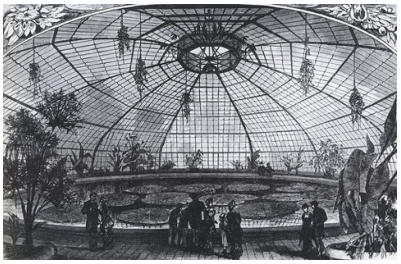


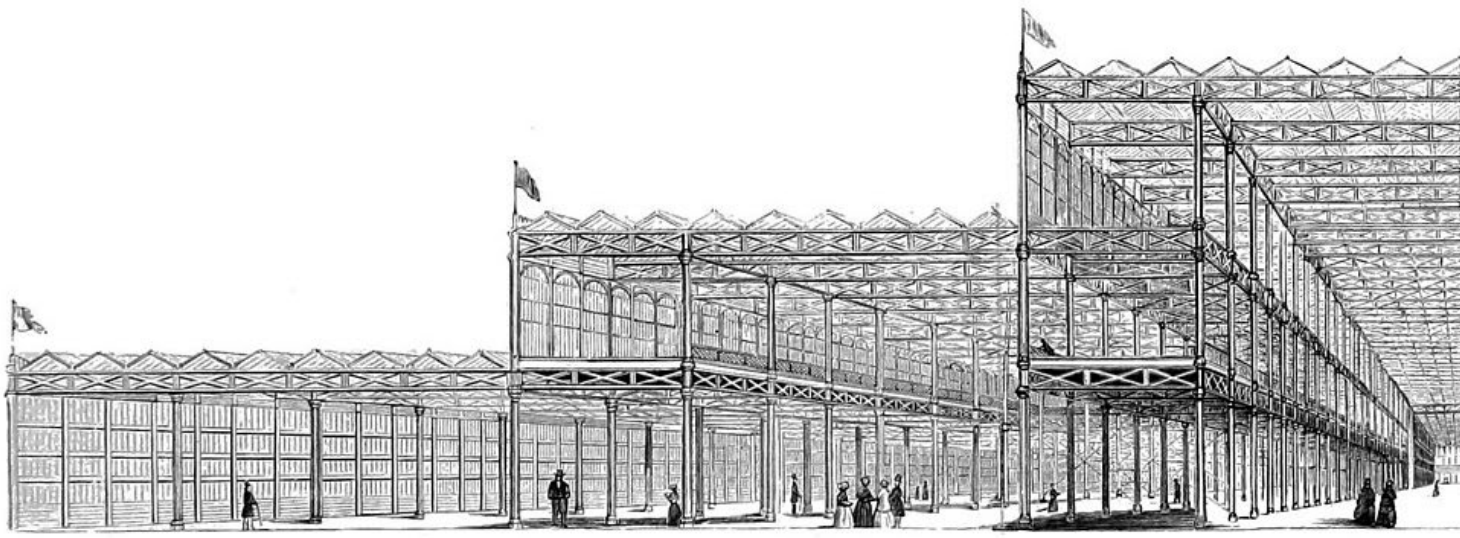
fig. 13. Nenúfar gigante

fig. 14. Victoria Regia House (1849)

Para este projeto, Paxton planeou acesso a muita luz natural e o controlo da temperatura e da humidade relativa, indicados para o restabelecimento da saúde. Engendrou também um sistema mecânico que permitisse filtrar o ar dentro da estufa. Este filtraria o ar impuro e poluído por ductos subterrâneos, que posteriormente seria injetado no interior do espaço e o ar que não interessasse seria expelido por aberturas ao exterior. O objetivo foi tornar possível a alteração da atmosfera interior, consoante o requerido para os pacientes. Apesar de depender de métodos mecânicos, a qualidade e a pureza do ar seriam garantidos através da presença de plantas.

Joseph Paxton foi um dos maiores responsáveis pela disseminação das estufas pela Europa. O seu percurso começou como jardineiro e com apenas 20 anos foi promovido a jardineiro principal em Chatsworth, um dos mais belos jardins da época, no Reino Unido. Destacou-se com descobertas inovadoras sobre plantas exóticas e ganhou inúmeras medalhas da *Royal Horticultural Society*. Por fim, tornou-se célebre com a criação de uma espécie de nenúfar gigante proveniente da Amazónia, para o qual desenhou a estufa Victoria Regia House (1849). Continuou a projetar diversas estufas, como o sanatório referido anteriormente, até que levou a cabo o icónico projeto para a exposição internacional de Londres - o Palácio de Cristal.

Embora este edifício represente o auge dos avanços tecnológicos oitocentistas, interessa sublinhar também o seu papel enquanto grande espaço de apropria-



ção da estufa como dispositivo ambiental. Foi o maior edifício alguma vez construído até à data, 1851, e Paxton foi o escolhido para fazer este projeto tendo em conta a sua vasta experiência em construir edifícios temporários. Esta obra, erguida no Hyde Park, simboliza o expoente máximo da revolução industrial na vertente arquitetónica.

> Foi no Palácio de Cristal que o ferro foi utilizado pela primeira vez tanto pelas suas características construtivas, como também para fins ornamentais. [...] Para além disso, e talvez o mais engenhoso e genial deste projeto, o edifício foi construído de maneira a que fosse possível desmontá-lo, movê-lo e remontá-lo. Foram também usadas paredes em *louvre*, que foram desenvolvidas para jardins de inverno e estufas, tornando-se proeminentes na expressão arquitetónica do edifício.[21]

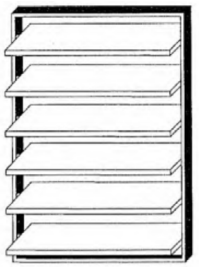


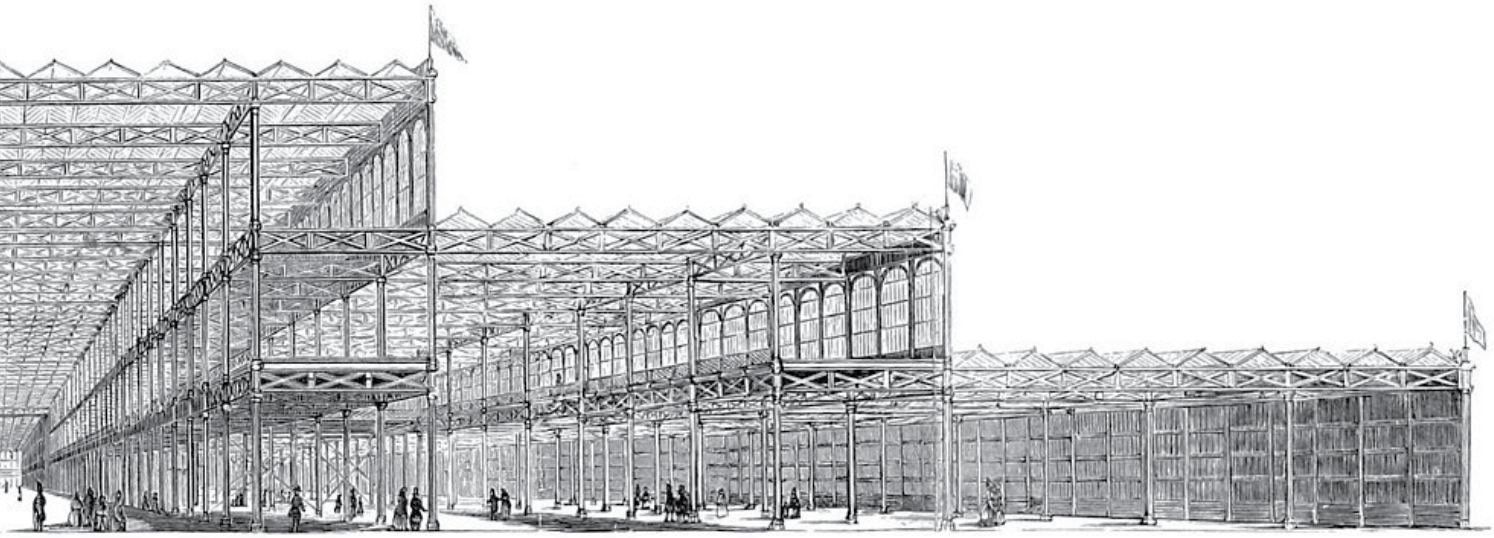
fig. 15. "Louvre ou persiana [...] Uma de várias tábuas sobrepostas ou folhas de vidro para admitir ar e excluir a chuva"

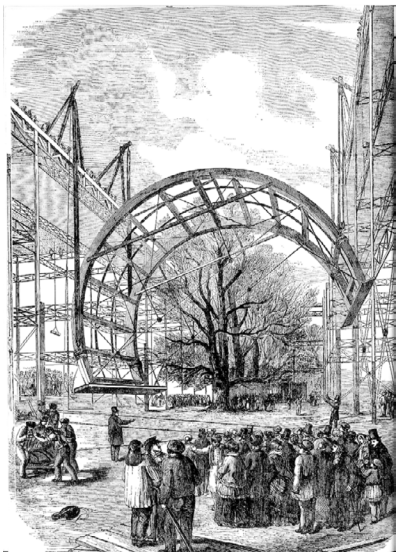
in FLEMING, J.; HONOUR, H.; PEVSNER, N. - The Penguin Dictionary of Architecture and Landscape Architecture, p. 354

Nesta obra, tanto o aço como as paredes tipicamente desenvolvidas para estufas (ver fig. 15) foram propositadamente utilizados, de forma inédita, para um edifício cultural emblemático, já que recebia a Primeira Exposição Universal, em Londres. E este talvez seja o marco da primeira apropriação oficial da estufa para além do seu uso tradicional.

21 MCKEAN, John - Joseph Paxton: Crystal Palace, London 1851. In DUNLOP, Beth; HECTOR, Denis. - Lost Masterpieces. London: Phaidon, 1999, p.16

fig. 16. em baixo, corte transversal pelo Palácio de Cristal





A construção desta grande estufa deu-se de Setembro de 1850 a Janeiro de 1851. A eficácia e velocidade do sistema construtivo projetado por Paxton tornaram-se evidentes. A maior parte do trabalho foi elaborada com elementos pré-fabricados de aço que permitiram esta rapidez de obra. A experiência de Paxton com o desenho dos seus anteriores jardins de inverno foi essencial para a conceção deste projeto. Aplicou um sistema construtivo com nervuras radiais e cruzadas, tal como em Chatsworth, que na altura foi engenhosamente baseado na estrutura natural do grande nenúfar Victoria Regia (ver fig.13).[22] Assim, através da observação da natureza, o jardineiro superou a construção tradicional e criou uma estrutura eficaz que deu origem ao maior edifício alguma vez erigido até à data.

Em concordância com a sua linha de pensamento, Paxton propôs que o Palácio de Cristal se convertesse num jardim público de inverno. Esta fez parte das várias propostas de estufas como espaço habitável onde conciliava as suas aspirações sociais e ambientais numa só ideia. Era como um protótipo de espaço público interior em que, no verão, através da remoção dos panos de vidro verticais, se poderia unir o exterior com o interior, tornando-se num jardim contínuo. Em suma, Paxton pretendia que a estufa tivesse no inverno o clima do verão do sul de Itália e no verão o clima de inverno dessa mesma região. Estas propostas procuravam restabelecer a saúde pública cada vez mais precária com a crescente industrialização das cidades.

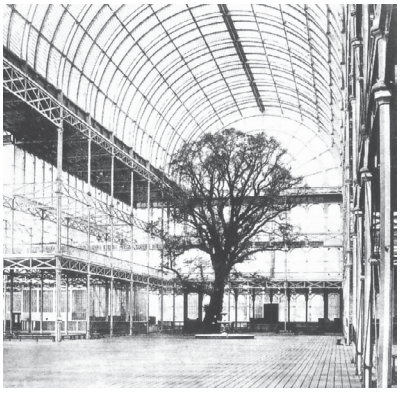


fig. 17. a elevação da estrutura do transepto do Palácio de Cristal

fig. 18. vista interior acolhendo um ulmeiro

> O palácio de Cristal é um recinto inédito. É um espaço interior ou exterior? Envolve árvores de 30m como os ulmeiros e acolhe pardais. É (mais ou menos) impermeável, é um clima artificial de difícil compreensão, de dimensões inacreditáveis. É um sítio mágico, chamado de palácio das fadas.[23]

22 MCKEAN, John - Joseph Paxton: Crystal Palace, London 1851. In DUNLOP, Beth; HECTOR, Denis. - Lost Masterpieces. London: Phaidon, 1999, p.17

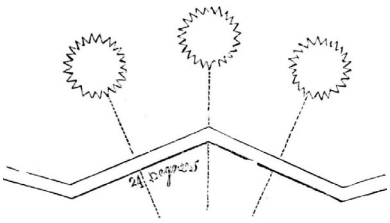
23 *ibidem*

Contudo, neste edifício havia problemas relativamente ao conforto ambiental que viriam a ser afinados. Paxton não incluiu nenhum sistema de aquecimento, visto que não estava previsto que a estrutura operasse durante o inverno. No entanto, aplicou várias técnicas inovadoras, muitas delas já testadas noutras estruturas desenhadas por si. Entre elas, uma estrutura de ferro e madeira para os vidros com um sistema de ventilação integrado, instalado de modo a promover a circulação do ar. Ou também telas de sombreamento de modo a bloquear os raios solares e, ainda, métodos de regular a condensação.[24] O sombreamento foi aplicado pelo exterior de modo a proteger o vidro da radiação solar de maneira mais eficaz e o calor acumulado entre o vidro e o sombreamento seria removido pelo vento. Para além disso, durante os meses mais quentes, Paxton previu duplo sombreamento em todos os planos verticais orientados a Sul.

Apesar disso, dado o pico de calor que se verificou, o Palácio de Cristal não conseguiu responder às condições mínimas de conforto - no seu interior estavam 40ºC, sendo que no exterior estavam 28ºC à sombra. Foram sendo removidos panos de vidro, mas o calor continuava a acumular-se nos pisos superiores. Tanto o clima como o diferente fluxo de pessoas influenciavam a resposta do edifício na qualidade do ar, humidade e temperatura interior. Mesmo após retirar grande parte dos planos verticais, a temperatura máxima interior só se pôde baixar ao nível da temperatura exterior, distanciando-se do propósito idealizado.

"O telhado sobre cada nave compreendia três tramos envidraçados de cumeeira e sulco apoiadas na engenhosa 'caleira de Paxton'. Esta, transportava tanto água da chuva do exterior, como condensação da superfície interior do vidro ao longo de canais separados para outros canais transversais de madeira e, assim, para o topo das colunas ocas."

in ADDIS, B. - The Crystal Palace and its Place in Structural History, p.7



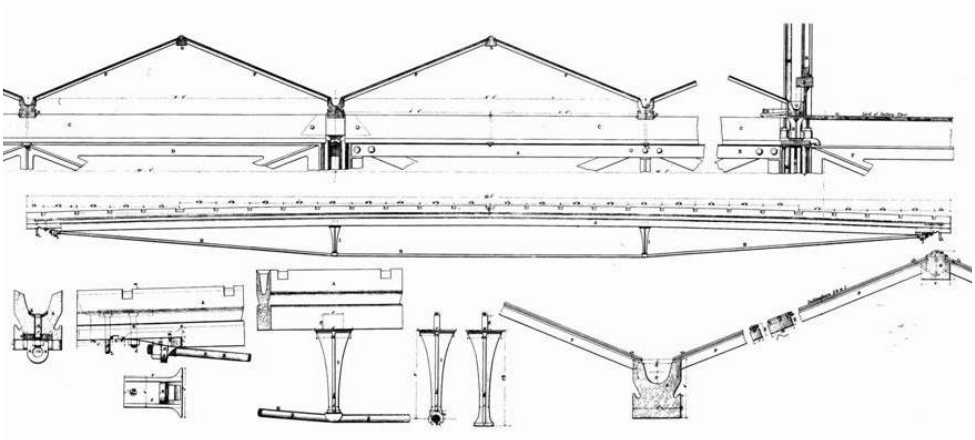


fig. 19. em cima, método de cumeeira e sulco e respetiva captação solar

fig. 20. ao lado, etalhe do sistema de envidraçamento de cumeeiras e caleiras de madeira sulcadas para recolher a condensação interior, concebida por Joseph Paxton para o Palácio de Cristal

24 VALEN, Dustin - On the Horticultural Origins of Victorian Glasshouse Culture. in Journal of the Society of Architectural Historians, 75(4), 2016, p.417

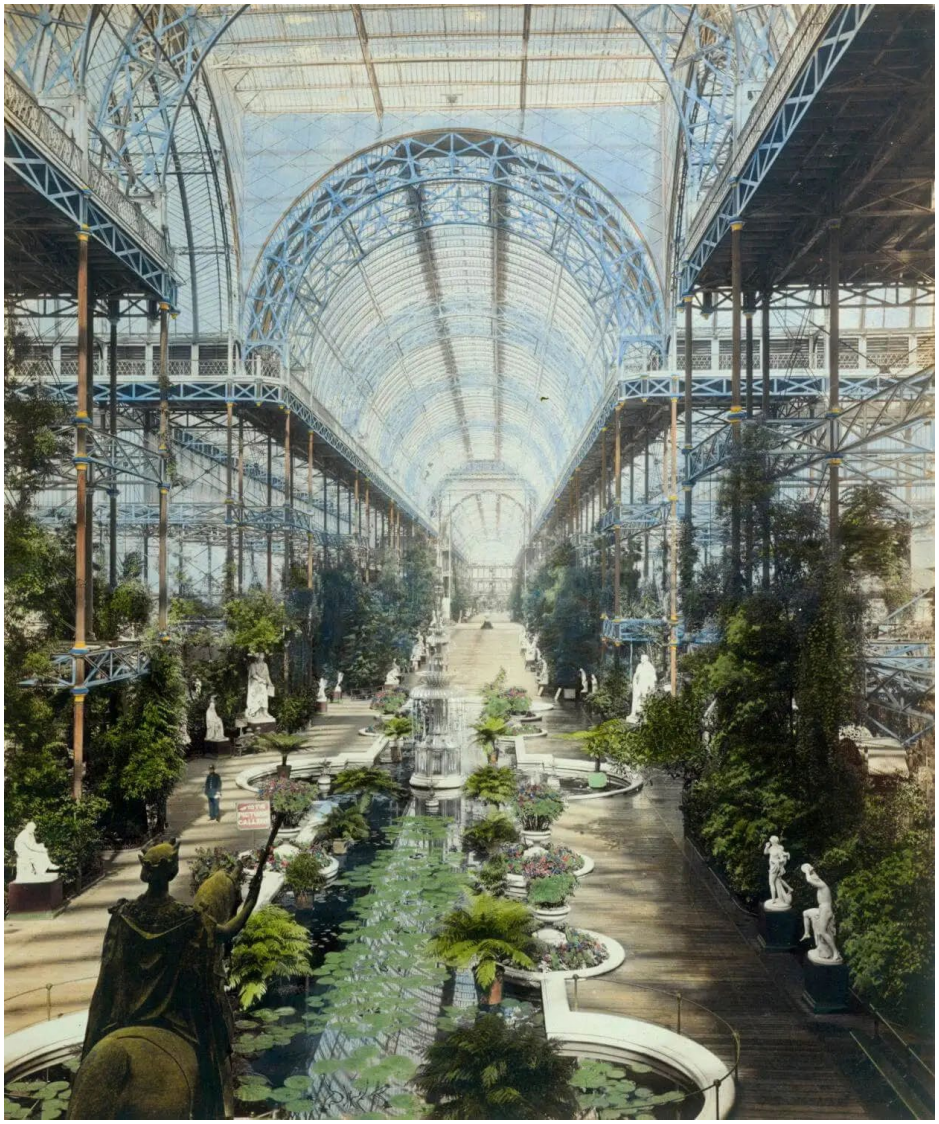


fig. 21. uma vista interior do Palácio de Cristal reconstruído em Sydenham. Esta fotografia, colorida à mão, sugere o esquema de cores interior e revela a grandiosidade do espaço.

A remoção de vidros foi usada como resposta a esta situação de emergência, analogamente ao que se fazia com as estufas de horticultura, onde a ventilação era o método primário de redução de temperatura. Não obstante, as propostas de Paxton em combinar sistemas de ventilação naturais com sistemas de arrefecimento evaporativo indiciavam a sua aspiração em integrar tecnologias que ajudariam a regular as temperaturas dentro destas estruturas de vidro.[25]

> No verão de 1851, Paxton escreveu que o edifício no Hyde Park era apenas o primeiro passo na sua dedicação a longo prazo de explorar as possibilidades ambientais da estufa como espaço habitável para os seres humanos[26]

De facto, o seu investimento em jardins de inverno foi notável, assim como os benefícios medicinais que pretendia retirar deles. O próprio Palácio de Cristal também foi pensado como um laboratório permanente para efeitos de investigação, mas acabou por ser destruído por um incêndio em 1936.

25 SCHOENEFELDT, Henrik - The Crystal Palace, environmentally considered. Research Quaterly, 12 (3-4), 2008, p.292

26 SCHOENEFELDT, Henrik - Adapting Glasshouses for Human Use: Environmental Experimentation in Paxton's Designs for the 1851 Great Exhibition Building and the Crystal Palace, Sydenham. Architectural History, 54, SAHGB Publications Limited, 2011, p.246

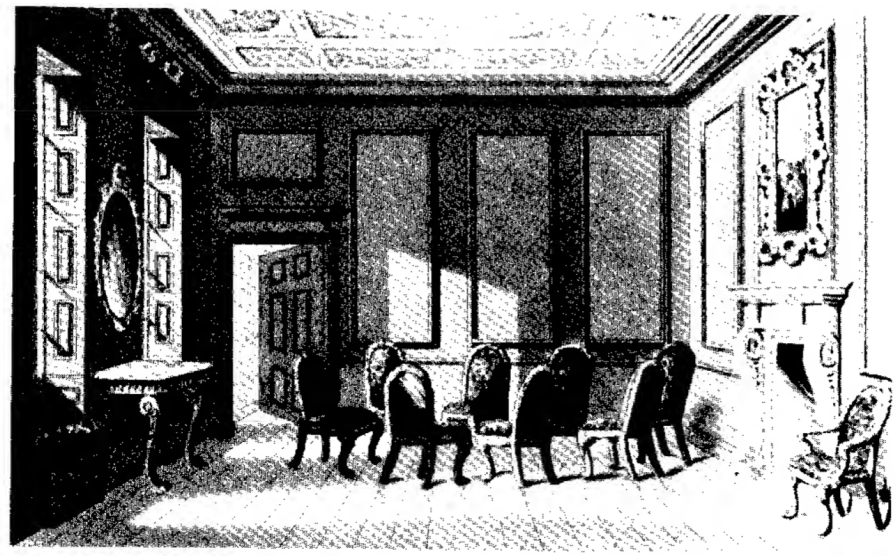




fig. 22. Já antes do séc. XIX, o arquiteto paisagista Humphrey Repton (1752-1818) anexava jardins envidraçados à face sul de uma sala ou biblioteca, transformando o ambiente interior.

"Nos dias soalheiros de inverno, poderia abrir-se as portas que dividiam a estufa da sala para deixar o ar quente e húmido circular nas salas que, caso contrário estariam sombrias e frias. Alguns alegavam que os jardins de inverno também ofereciam às famílias uma forma mais saudável de passar o tempo livre."

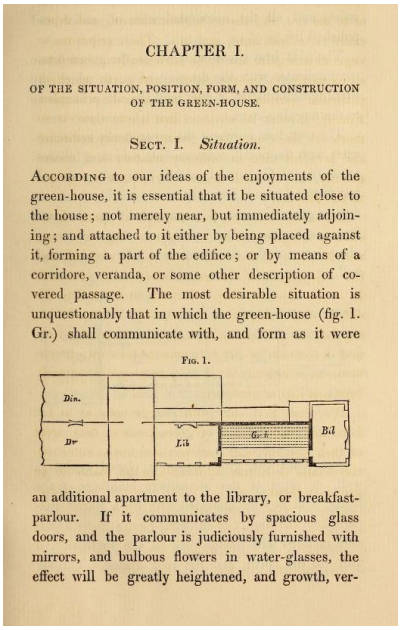
in BUTTI, K.; PERLIN, J. - A Golden Thread: 2500 Years of Solar Architecture and Technology, pp.50-51

1.3 TRANSIÇÃO PARA O ESPAÇO DOMÉSTICO

> Interiores atmosféricos e cheios de luz tornaram-se muito populares como cenários na literatura romântica, enquanto as novas estruturas de vidro ajudavam a romper os limites entre o interior e o exterior, combinando práticas sociais com cenários hortícolas e invadindo o interior doméstico na forma de jardins de inverno, cabinas e caixas envidraçadas.[27]

O desenho das estufas começou a ser mais complexo à medida que o luxo e a extravagância cresciam na Europa. Em meados do século XIX, a apropriação da estufa como zona habitável, desejável e de conforto aproximou-a da casa como uma zona de estar[28]. Entendeu-se o seu proveito para a realidade humana e não só para gerar a vida de plantas. Loudon, anteriormente referido, promoveu esta perspetiva através do seu livro *The Green-house Companion*, de 1832. Aqui aborda temas como o posicionamento, a forma e a construção da estufa, com orientações relativamente à relação e integração no espaço doméstico (ver fig.23).

A estufa ligada à casa evidencia a evolução da estufa botânica: de funcional, e afastada do edifício principal, para a estufa ornamental que veio embelezar muitas das casas Vitorianas inglesas.[29] A diferença estava na função de cada uma,



CHAPTER I.

OF THE SITUATION, POSITION, FORM, AND CONSTRUCTION OF THE GREEN-HOUSE.

SECT. I. *Situation.*

ACCORDING to our ideas of the enjoyments of the green-house, it is essential that it be situated close to the house; not merely near, but immediately adjoining; and attached to it either by being placed against it, forming a part of the edifice; or by means of a corridore, veranda, or some other description of covered passage. The most desirable situation is unquestionably that in which the green-house (fig. 1. Gr.) shall communicate with, and form as it were

FIG. 1.

an additional apartment to the library, or breakfast-parlour. If it communicates by spacious glass doors, and the parlour is judiciously furnished with mirrors, and bulbous flowers in water-glasses, the effect will be greatly heightened, and growth, ver-

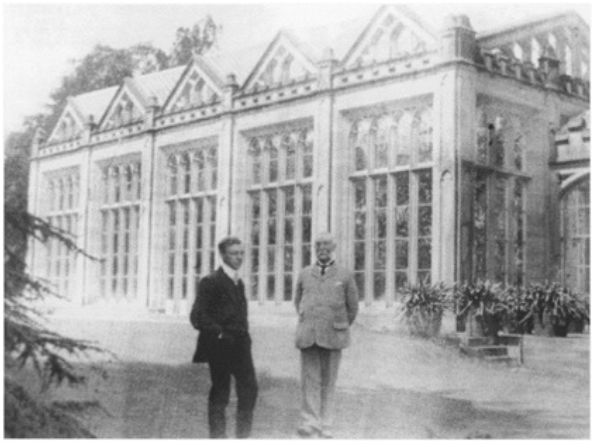
fig. 23. "De acordo com as nossas ideias sobre os prazeres da estufa, é essencial que esta esteja situada perto da casa; não apenas perto, mas imediatamente ao lado; e adjacente, quer sendo colocada contra ela, formando uma parte do edifício; quer através de um corredor, varanda, ou alguma outra descrição de passagem coberta."

in LOUDON, J. C. - The green--house companion, p.5

27 VALEN, Dustin - On the Horticultural Origins of Victorian Glasshouse Culture. in Journal of the Society of Architectural Historians, 75(4), 2016, p.405

28 É interessante fazer o paralelismo da transição da instalação sanitária de fora da casa até sua parte integrante. Perante a necessidade primária de comodidades higiénicas e graças à tecnologia do sifão inventado no séc. XVIII, transformou-se num espaço higiénico, privado e interior - a casa de banho - reconfigurando o doméstico e transformando o modo de habitar.

29 BEALE, Catherine - A Forgotten Greenhouse by Joseph Paxton: The Conservatory at Hampton Court, Herefordshire. in Garden History, 30 (1), Londres: The Garden History Society, 2002, p.74



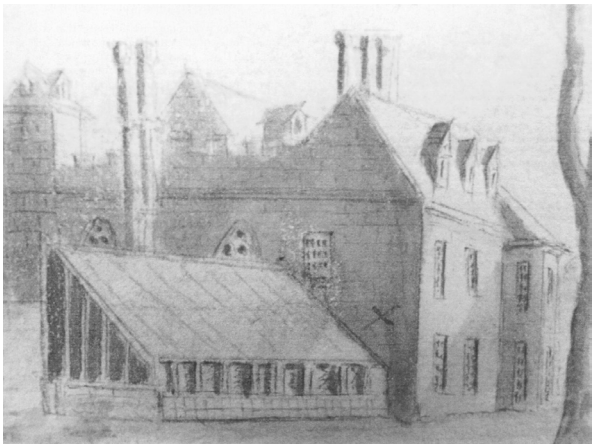




fig. 24. Jardim de Inverno de Hampton Court, Paxton 1846

fig. 25. vista sudoeste de Hampton Court a partir do relvado a 25 de Abril de 1791, aguarela (detalhe) por James Wathen (1750/51-1828)

fig. 26. estufa projetada por Paxton, Burton Closes, Bakewell, Derbyshire, tal como originalmente construída em 1846

visto que na primeira se cultivavam plantas exóticas, ao passo que na segunda se pretendia criar uma nova espacialidade e as plantas estavam expostas para criar uma atmosfera exótica.

Durante esta transição da estufa, separada da casa até ser integrada diretamente no espaço doméstico, é pertinente mencionar como testemunho deste movimento outro caso de jardim de inverno projetado por Paxton, entre 1844-46. Trata-se da estufa em Hampton Court, que apesar de não ser um ícone como a grande estufa do Palácio de Cristal, é de grande relevância para o tema em questão.[30]

Antes de ser totalmente integrada no edifício principal, esta encontrava-se adoçada à fachada sudoeste e já era possível ir para o jardim de inverno pelo interior da casa, como se se tratasse de mais uma divisão. Através da fig. 24 consegue-se ver o começo da passagem que ligava a casa ao jardim de inverno.[31]

No entanto, é de notar que não foi Paxton quem estreou a integração da estufa nesta casa. Em 1790 já havia registos de uma estufa nesta fachada sul, ou seja, a própria história do local influenciou-o no momento de projetar o jardim de inverno. Para além de proporcionar um espaço de diversão em tardes chuvosas, seria útil para as crianças adoentadas poderem correr livremente pelos jardins em vez de estarem fechadas em casa.[32]

Outro projeto deste ilustre jardineiro, semelhante relativamente à posição, época e escala é a estufa na casa Burton Closes construída em 1846, em Derbyshire. Esta também é adjacente ao canto sudoeste da casa. Atualmente, esta casa é um lar de idosos onde ainda hoje se tira partido dos benefícios medicinais associados aos jardins de inverno, especialmente usados como ala para reabilitar jovens com deficiência.

30 BEALE, Catherine - A Forgotten Greenhouse by Joseph Paxton: The Conservatory at Hampton Court, Herefordshire. in Garden History, 30 (1), Londres: The Garden History Society, 2002, p.74

31 Mais tarde, em 1930, esta passagem foi ampliada para uma sala aproveitando a orientação a sul.

32 *idem*, p.77

Pelos finais do séc. XIX, a aristocracia rural estava tão encantada com as estufas adoçadas às casas que se tinham tornado numa característica arquitetónica importante das propriedades rurais. (...) a estufa 'já não era vista como uma simples extensão da casa, mas como um modo de vida integral.[33]

33 BUTTI, Ken; PERLIN, John - A Golden Thread: 2500 Years of Solar Architecture and Technology. Palo Alto, California: Cheshire Books, 1980, p.52



Este costume também alcançou a classe média, tal como foi referido anteriormente, e era visível em meios urbanos na forma de pequenas estufas adoçadas às casas[34].

À medida que os anos passavam e as estufas ficavam mais populares e acessíveis, deixaram de ser voltadas a sul e de ser associadas prudentemente ao espaço doméstico. Passaram de dispositivos de captação solar e regulação de clima para despesas acrescidas, pela necessidade de aquecer estes espaços através de métodos artificias. A insipiência no posicionamento e construção dos jardins de inverno levou ao crescente recurso de combustíveis, descurando os ensinamentos relativamente aos climas medicinais. Para além disso, no início do século XX, como consequência da I Guerra Mundial e implementação de medidas de racionamento de combustíveis, esta dependência levou ao desaparecimento das estufas em Londres.[35] A lição do aquecimento solar tinha sido aprendida e depois perdida.[36]



O momento de emancipação da estufa, que por fim encontra o seu lugar no espaço doméstico, concretiza-se após a primeira Guerra Mundial (1914-1918).

Até então, estas construções eram soluções resultantes de simples adição, essenciais no seu processo de apropriação, mas ainda adjacentes ao edifício. Em contrapartida, com o modernismo, a estufa perdeu o seu caráter objetual e passou a ser pensada a partir da sua essência. O jardim de inverno passou, assim, a fazer parte da linguagem da arquitetura - e com grande eficácia devido ao domínio do vidro, da captação solar e do entendimento complexo do ambiente.

Para que isto acontecesse, foi necessária uma nova ideia de arquitetura que privilegiava o uso de novos materiais, como o vidro, apoiada na industrialização e sistemas construtivos baseados nas tecnologias do aço e do betão. Assim, a nova produção arquitetónica passou a distinguir-se pelo uso generoso do vidro.

fig. 27. pág. ao lado, jardim de inverno da Villa Engkvist (1939)

fig. 28. em cima, estufa num terraço em Londres

34 Também começaram a surgir nos terraços de prédios. No nordeste dos Estudos Unidos também começaram a aparecer entusiastas pelos jardins de inverno, que podiam tirar proveito das suas características nos meses mais frios do ano.

35 Por estas mesmas razões, também no séc. XX, The Great Conservatory em Chatsworth de Paxton foi desmontado, sendo que depois da I Guerra mundial não foi possível manter o gasto de carvão necessário para manter o clima da estufa.

36 *idem,* p.53

"A armadilha do movimento moderno foi a introdução de energia eléctrica para o seu bom funcionamento. Isto teve muito impacto na arquitectura e na forma como é construída: as janelas mudaram de proporções, diminuíram as alturas dos tectos, etc. Há valores arquitectónicos que se perderam sob uma certa farsa de pensar que se podia viver perfeitamente bem enquanto se queimava petróleo ao mesmo tempo."

in HARQUITECTES - Harquitectes, textos y conversaciones, p.112

Contudo, é importante diferenciar o seu uso adequado do excesso de transparência, pois este facto pode facilmente gerar equívocos como estando em concordância relativamente à apropriação da estufa. Apesar da utilização do vidro, não se pode desconsiderar o propósito do jardim de inverno enquanto dispositivo de adequação térmica.

O turbilhão de avanços tecnológicos do pós-guerra criou uma rutura no ritmo lento em que a arquitetura desde sempre se desenvolveu. Tentaram incrementar-se novas soluções arquitetónicas para dar resposta às exigências sociais nas cidades saturadas. Privilegiou-se o funcionalismo, ou seja, que a forma devia seguir a função do edifício, e a arquitetura tornou-se tendencialmente genérica e padronizada, assumindo o 'estilo internacional'.

Paul Scheerbart[37] (1863-1915), na sua obra *Glasarchitektur* (1914), defende exatamente esta transformação generalizada da arquitetura a partir do uso do vidro, num manifesto revolucionário. Enaltece o vidro e o seu impacto positivo ao oferecer essa transparência às cidades, caso toda a arquitetura se transformasse neste sentido. Expressa que a cidade de noite ganharia mais vida, inclusive uma vida colorida se cada edifício tivesse vidros de cores diferentes.

fig. 29. galeria coberta de Paris como *habitat* do *flâneur*



> Vivemos, maioritariamente, em espaços fechados. Estes formam o ambiente a partir do qual a nossa cultura cresce. A nossa cultura é, de certa forma, produto da nossa arquitetura. Se queremos que a nossa cultura atinja um nível superior, estamos obrigados a mudar a nossa arquitetura. Isto só é possível se retirarmos o caráter encerrado dos espaços que habitamos. Só o podemos cumprir introduzindo a arquitetura de vidro, que deixa entrar a luz do sol, da lua e das estrelas, não simplesmente através de algumas janelas, mas sim através de todas as paredes possíveis, que serão feitas inteiramente de vidro – de vidro colorido.[38]

37 Scheerbart nasceu na Alemanha em 1863 e foi um escrtior de ficção especulativa, poeta, crítico, visionário, desenhador e aspirante a inventor. Os seus contemporâneos chamavam-lhe o "o sábio palhaço" e através dos seus escritos influenciou a arquitetura expressionista. A sua obra mais reconhecida é o ensaio *Glasarchitektur* (1914) dedicado ao arquiteto Bruno Taut que, em suma, defendia a substituição do tijolo por vidro. Esta teoria foi posta em prática por Taut no pavilhão de vidro colorido *Glashaus*, projetado no mesmo ano. Scheerbart também influenciou Walter Benjamin (1892-1940), um importante filósofo alemão, autor do projeto inacabado *Passagenwerk* (1927-1940), que relata a vida parisiense do séc. XIX destacando as galerias cobertas por estruturas de vidro e ferro, associando-as à vida urbana e *habitat* fomentador do *flâneur,* o deambulante.

38 SCHEERBART, Paul - Glasarchitektur. Berlim: Verlag der Sturm,1914 in https://designmanifestos.org/paul-scheerbart-glass-architecture/ [consultado a 15.08.2022]

Scheerbart levou o uso do vidro ao extremo, defendendo que se deviam largar as ideias dos nossos avós e hábitos antigos. Por exemplo, que já não se poderiam pendurar quadros nem encostar os móveis às paredes porque estas agora seriam de vidro.

Através destas ideias de Scheerbart é possível entender que ele estava alheio ou desinteressado dos efeitos adversos que resultariam do excesso de vidro, assim como alienava por completo todos os ensinamentos de uma arquitetura pré-industrial, com estratégias tradicionais de adaptação ao clima típico de cada região. Quando utilizado de forma inconsequente, o edifício dependeria obrigatoriamente de métodos mecânicos artificias para manter o conforto do ambiente interior.

Contudo, também defende alguns aspetos interessantes, entre os quais a transformação da varanda através da sua ampliação e envolvência em vidro. Esta ideia pode ser associada ao processo de reprodutibilidade da estufa no espaço doméstico. Scheerbart sugere que as três frentes livres poderiam ser envoltas em vidro duplo e colorido, resultando numa mudança imediata de ambiente, através da luz do sol ou da lua. "Assim, de forma humilde, é relativamente fácil para qualquer proprietário de uma casa criar 'arquitetura de vidro'. Este primeiro passo é simples e conveniente."[39]

De facto, esta estratégia de aproveitamento da varanda para espaço interior é muito utilizada ainda nos dias de hoje e permite criar um espaço que poderá contribuir como dispositivo de regulação térmica no espaço doméstico.

No entanto, não basta oferecer esta solução como uma fórmula aplicável a qualquer contexto. Há que considerar todas as outras condicionantes inerentes à arquitetura - o clima desse local, a orientação dessa varanda, os materiais conjugados com o vidro, a possibilidade de integrar estratégias de sombreamento e de ventilação.

É precisamente nesta linha de pensamento que alguns arquitetos seguiram a sua prática ao longo do séc. XX e criaram projetos conectados ao lugar, integrando um desenho passivo e evidenciando que afinal, nunca deixou de haver uma arquitetura solar.

39 *ibidem*

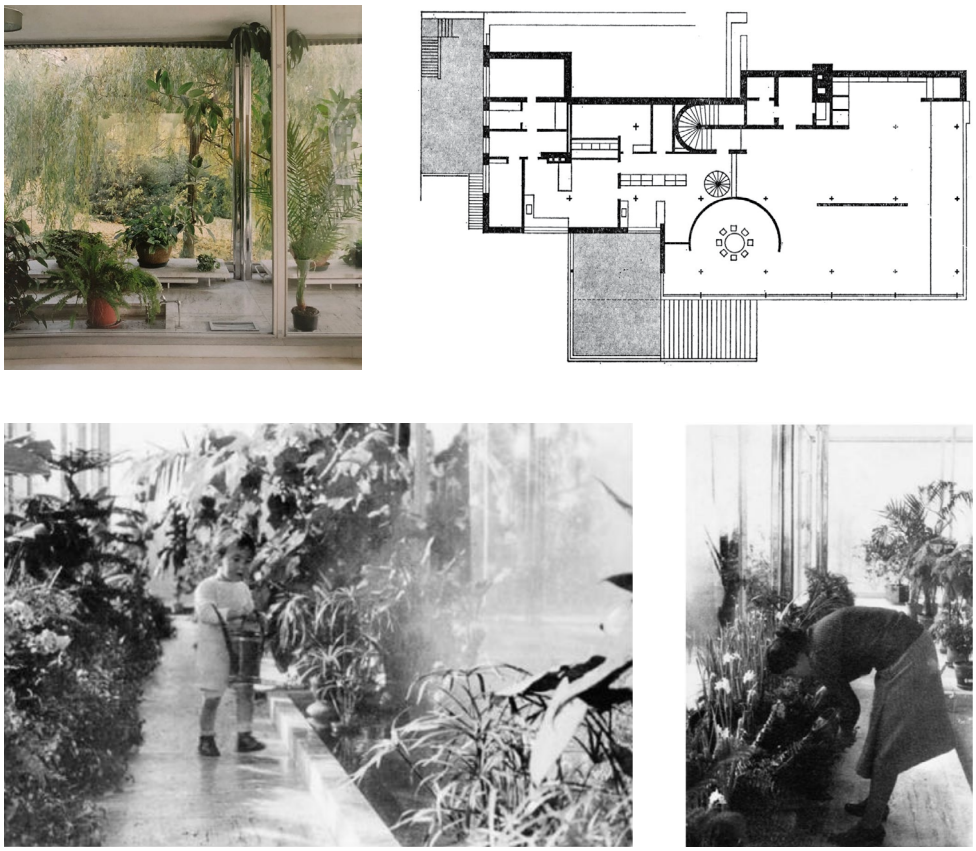
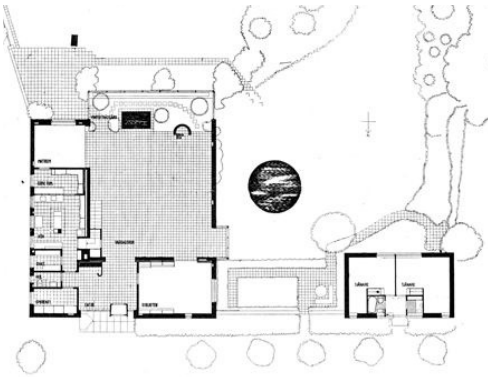


fig. 30-33. fotografias do interior do jardim de inverno na Villa Tugendhat (1928-30) e respetiva planta

Relativamente à adequação do vidro, verificou-se o uso criterioso em projetos como a Villa Tugendhat (1928-1930).[40] Mies abriu grandes janelas nas fachadas sul e poente de modo a maximizar o ganho solar, associando, contudo, um jardim de inverno à fachada sudeste enquanto dispositivo térmico.

Através da construção de um espaço adicional integrado na sala, desenvolveu uma estratégia passiva que sombreia a sala no verão e retém a radiação solar no inverno. A estufa desenvolveu-se, portanto, não só como um dispositivo espacial transformador da dinâmica doméstica, mas também como um dispositivo bioclimático.

40 Mies fez este projeto muito antes da II Guerra Mundial, ou seja, antes de se mudar para os Estados Unidos, onde se promovia entusiasticamente o uso de ar condicionado.



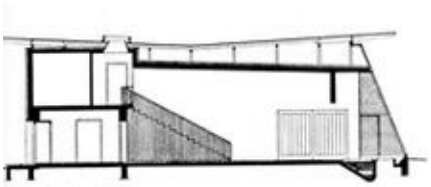


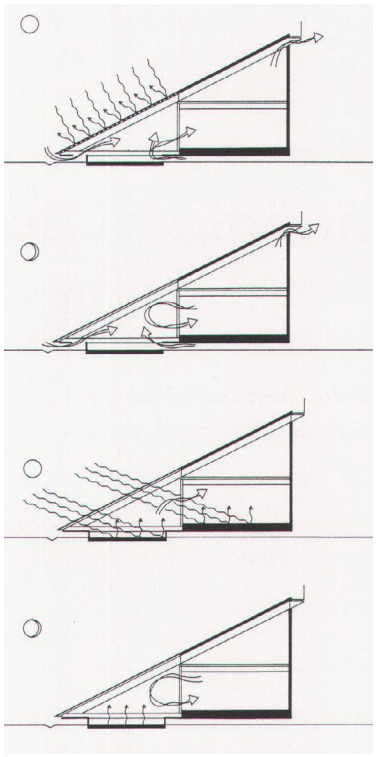


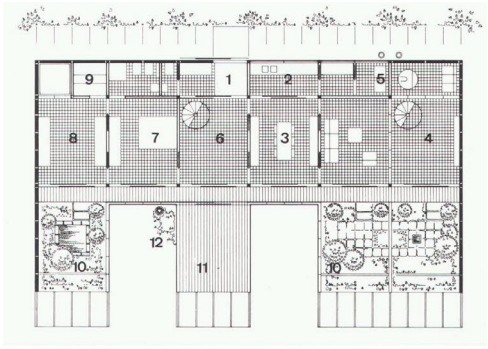


fig. 34-37. planta e corte da Villa Engkvist (1939), ftografia do exterior da casa e do interior da sala, com vista para o jardim de inverno

Outra obra noutra região climática onde é de realçar a estufa enquanto parte integrante da casa é a Villa Engkvist (1939)[41] em Estocolmo. Posicionou-se na fachada sul, totalmente incorporada na sala e com um pequeno tanque de água no pavimento como acumulador de calor. A sua presença gerava um ambiente simultaneamente austero e acolhedor onde o vidro inclinado criava uma enorme entrada de luz, algo extremamente necessário ao longo dos sombrios invernos nórdicos. Aliás, o clima deste jardim de inverno era tão surpreendente que até cresciam plantas exóticas, como bananeiras. De facto, a vila integrava-se em harmonia com o lugar através do jardim de inverno enquanto espaço de transição, gerador de uma ambiguidade entre exterior e interior - apenas separado pelo grande envidraçado.

41 É um projeto dos arquitetos Sven Backström & Leif Reinius, a quem lhes foi pedida uma vila de inverno. A casa foi demolida por volta de 1968.





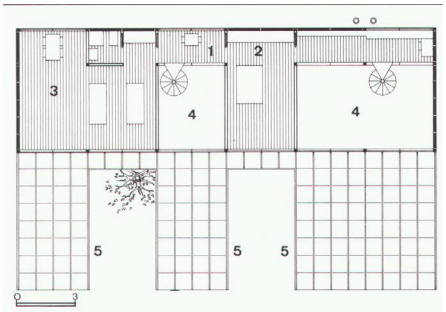






fig. 38. esquemas bioclimáticos da casa em Regensburg (1977)

fig. 39-42. plantas do piso inferior e superior e fotografia exterior da casa e do seu corredor em contacto com os jardins de inverno

Uma das realizações mais recentes, paradigma de jardim de inverno como referência geral de desenho passivo no doméstico, é a casa em Regensburg (1977) do arquiteto Thomas Herzog[42]. Ao cobrir toda a fachada sul da casa, permite transferências de energia com todo o núcleo doméstico. A casa caracteriza-se pela sua secção triangular que, devido à inclinação da cobertura, obtém o maior aproveitamento solar possível e facilita a convecção natural do ar, alcançando as divisões no piso superior. Herzog fez um uso adequado dos materiais e da geometria do ponto de vista do desenho bioclimático, considerando o lugar e o clima. Para além de reduzir as despesas com o aquecimento, o invólucro em estufa também providencia iluminação natural ao longo de todo o dia e um espaço intermédio com espelhos de água para plantas de clima temperado crescerem.

42 "Herzog demonstra uma fusão entre a ciência e o meio-ambiente, uma vez que ele é guiado pelos dois, pelas leis da física e pelas condições da natureza. Ele acredita que a arquitetura progressista deve conter uma neutralidade que permita o desenvolvimento de vida" in ETEGHAD, Ali, et al. - Re-visiting performance-based design in pursuance of passive techniques manifested in Thomas Herzog's architecture, 2015, pp.52-53

Este arquiteto alemão teve um papel preponderante na consolidação da arquitetura bioclimática. Foi o dinamizador do grupo READ (Renewable Energies in Architecture and Design), que recebeu o apoio da Comunidade Europeia tendo em conta a Conferência Internacional de Florença em Maio de 1993. Este manifesto foi assinado por diversos arquitetos, entre os quais o próprio Herzog, Norman Foster, Richard Rogers, Renzo Piano e Jourda & Perraudin, que visavam estabelecer objetivos por uma arquitetura sustentável.

No seu seguimento, na 4ª Conferência Europeia sobre Energia Solar na Arquitectura e Planeamento Urbano em 1996 publicou a *European Charter for Solar Energy in Architecture and Urban Planning*. Pretendendo o debate mundial sobre as alterações climáticas, conseguiu reunir assinaturas de outros arquitetos influentes como Alberto Campo Baeza, Frei Otto, Ralph Erskine, Juhani Pallasmaa, entre outros.

> Cerca de metade da energia consumida na Europa é utilizada para o funcionamento de edifícios. [...] Os processos envolvidos na conversão do combustível fóssil em energia possuem um contínuo efeito negativo sobre o ambiente através das suas emissões. [...] Esta situação exige uma rápida e fundamental reorientação do nosso pensamento, particularmente por parte dos arquitetos e instituições envolvidas no processo de construção. A forma do nosso futuro ambiente construído deve basear-se numa responsável abordagem da natureza e na utilização do inesgotável potencial energético do sol. [...]
>
> Os arquitetos e engenheiros devem elaborar os seus projetos com o pleno conhecimento das condições locais, dos recursos existentes e dos critérios principais que regem a utilização de energias e materiais renováveis.[43]

Este posicionamento constituiu uma alavanca dinamizadora de uma nova atitude na arquitetura perante os problemas ambientais.

43 HERZOG, Thomas - Preamble. in HERZOG, Thomas; KAISER, Norbert; VOLZ, Michael - Solar Energy in Architecture and Urban Planning. Munique: Prestel Publishing, 1999



II

A ESTUFA

Este jardim de inverno pertencia a Christian Westphal, um horticultor aficionado, de Berlim. A estrutura de vidro serve de sala-de-dia para a sua família. Gaertner (1801-1877) foi o sublime pintor das novas grandes avenidas de Berlim e este foi um dos únicos quatro cenários interiores que ele pintou.

fig. 1. The Family of Mr. Westfal in the Conservatory

Eduard Gaertner, 1836

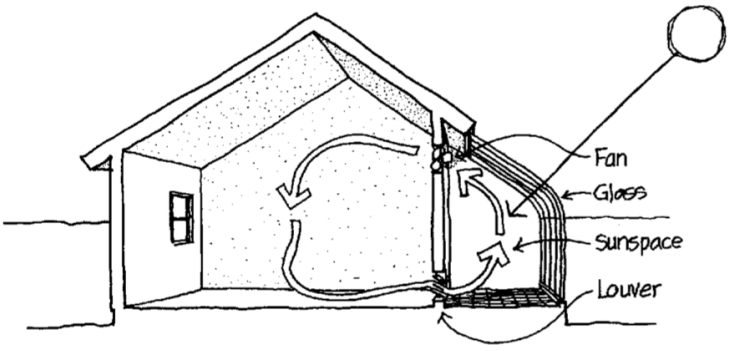


fig. 2. a estufa e a energia solar passiva

"Uma das principais funções da arquitetura é o seu papel como modificadora do clima."

in HAWKES, Dean - Paper No: 151 The Architecture of Climate: Studies in environmental history, Smythson and the Smithsons, p.1

2.1 DISPOSITIVO DE REGULAÇÃO TÉRMICA

2.1.1 FORMA BIOCLIMÁTICA

Constroem-se edifícios para cumprir certas necessidades práticas, para dar abrigo, para promover determinadas qualidades espaciais e emocionais e para proporcionar melhores condições que a agrura do exterior. Habitam-se edifícios porque estes são capazes de oferecer os requisitos necessários para uma vivência plena.[44] A estufa, através do aproveitamento solar, apresenta-se como um dispositivo passivo de regulação térmica do espaço e por isso enquadra-se no contexto da denominada arquitetura passiva.

A arquitetura passiva é responsiva ao clima[45] e usa sistemas de climatização passivos que, fazendo parte integrante da forma arquitetónica, regulam o interior sem recorrer a métodos mecânicos. O desenho passivo aplica-se aos elementos construtivos simples como paredes, janelas, coberturas, ou a dispositivos como galerias, chaminés e estufas. Desta forma, o edifício torna-se naturalmente no seu próprio sistema de captação, regulação, acumulação e distribuição da energia que os ocupantes necessitam para viver, sem obrigar a custos elevados.[46]

Todavia, desde os avanços tecnológicos modernos, o papel de uma arquitetura atenta ao lugar e respetivo clima foi abruptamente substituído pelo recurso a sistemas artificiais de regulação do ambiente interior[47], fazendo disparar o

---

44 HARQUITECTES - Harquitectes, textos y conversaciones. Barcelona: Puente editores, 2022, p.13

45 GUTIÉRREZ, Rosa; HIDALGO, Laura - Elements of Sustainable Architecture. Nova Iorque: Routledge, 2020, p.59

46 GONZÁLEZ, F. Javier - Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible. Madrid: Editorial Munilla-lería, 2004, p.261

47 "O princípio da energia solar passiva é utilizar a energia solar diretamente sem qualquer dispositivo técnico (elementos ativos)." in HIRS, Jiri; MAUREROVÁ, Lenka - Villa Tugendhat as a Technical Monument -Elements of Passive Solar Architecture. in GSTF Journal of Engineering Technology 3(1), 2014, p.74

consumo energético dos edifícios e tornando-o prejudicial em várias frentes - a exponencial emissão de gases nocivos para a atmosfera e a redução dos recursos não renováveis do planeta, como a queima de combustíveis fósseis, o que leva à consequente contaminação do ar e à deterioração das condições de saúde e higiene nas edificações[48].

Nos anos após a crise petrolífera de 1973, houve o inevitável ressurgimento do uso de sistemas passivos para uma climatização adequada. Frente a esta crise energética, voltou-se a recorrer à arquitetura como o seu próprio sistema de climatização, dando origem a manuais técnicos com detalhadas descrições de cada sistema passivo que se podia incorporar nos edifícios, consoante fosse desejada uma estratégia natural de aproveitamento de calor ou de arrefecimento[49].

Atualmente, pode notar-se que este interesse pelo desempenho energético dos edifícios provém em grande parte dos avanços na tecnologia e da emergência da sustentabilidade como uma problemática socioeconómica determinante. O tema do desempenho dos edifícios abrange várias esferas que se relacionam entre si, desde a área financeira à espacial, cultural ou puramente técnica, como a sua parte estrutural, térmica, acústica e escolha de materialidades.[50] Contudo, as soluções arquitetónicas sustentáveis atuais tendem a ser essencialmente tecnológicas, aplicando-se soluções *standard* que resultam numa sustentabilidade genérica, em concordância com critérios padronizados que na verdade não

48 Segundo a ONU, as emissões do sector da construção atingiram um recorde em 2019. O funcionamento e construção de edifícios produz 38% de todas as emissões de CO2 relacionadas com a energia e o aumento das emissões neste sector deve-se à contínua utilização de carvão, petróleo e gás natural para a climatização, assim como a atividade de regiões onde a eletricidade continua a ser uma consumidora intensiva de carbono. O consumo de eletricidade no sector da construção representa quase 55% do seu consumo global de eletricidade. Estes dados afastam-se dos objetivos estipulados pelo Acordo de Paris (2015) que visa a contenção do aquecimento global.

49 Em 1969, Reyner Banham (1922-1988) publicou o livro *The Architecture of the Well-tempered Environment* que fez dele um pioneiro na consideração das necessidades humanas, da tecnologia e das preocupações ambientais como partes integrantes da arquitetura (The University of Chicago Press, 1984). No final da década de 80, surgiu o conceito *PassivHaus* como um standard construtivo que visava um modelo de eficiência energética, conforto e acessibilidade que ainda hoje é considerada uma das referências mais rigorosas relativamente a eficiência energética. Em 1996, Wolfgang Feist fundou o Passivhaus Institute com o intuito de seguir a investigação de sistemas e métodos construtivos para o constante desenvolvimento e atualização do conceito de *PassivHaus*.

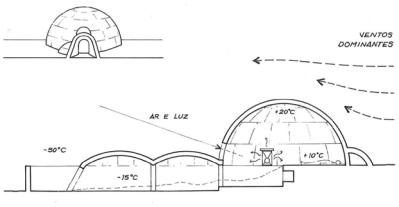
50 ETEGHAD, Ali, et al. - Re-visiting performance-based design in pursuance of passive techniques manifested in Thomas Herzog's architecture, 2015, p.48-49

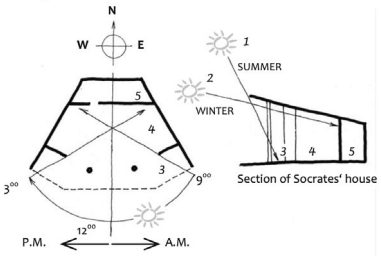
se encontram em reciprocidade com a envolvente.[51] Na era pré-industrial trabalhava-se inevitável e diretamente com os fenómenos naturais externos à arquitetura e esta conjuntura não pode ser solucionada através de maquinaria.[52] Efetivamente, ao sincronizar a arquitetura e as pessoas com o meio ambiente e ao relacionar-se de forma bioclimática com o exterior, dá-se uma experiência real do lugar e os edifícios ganham vitalidade. Assim, o edifício encarna um biorritmo específico do seu lugar e o espaço ganha o seu próprio caráter não sendo travado pela arquitetura.[53]

Existem diversas razões para o gasto de energia de um edifício na sua fase de uso, entre as quais o consumo de energia para o aquecimento de água, para a iluminação e, o mais impactante de todos a nível ecológico, para a calefação e refrigeração. Portanto, o consumo energético depende da presença de sistemas passivos e da eficiência dos seus sistemas ativos.[54]

fig. 3. esquema da casa iglu

fig. 4. planta e corte da casa desenhada por Sócrates





Muito antes da invenção do ar condicionado e outros métodos mecânicos de climatização dos espaços, 'a necessidade aguçou o engenho'. De certa forma sempre houve arquitetura passiva, na medida em que as pessoas sempre tiveram o instinto e a necessidade de se adaptar e defender do clima usando os seus recursos locais e a sabedoria empírica. As formas arquitetónicas espelham isso mesmo. Desde o iglu em climas agrestes de -40ºC até às construções enterradas da Capadócia, onde há uma grande amplitude térmica. Até mesmo na Grécia antiga, há registos do projeto de uma casa pensada pelo filósofo Sócrates (470-399 a.C.), na qual tentou maximizar os ganhos de energia solar no inverno e minimizar o sobreaquecimento no verão através do próprio desenho da casa.[55]

A distinção entre arquitetura passiva e arquitetura bioclimática centra-se no facto de esta última englobar o uso de materiais e substâncias autóctones, sanos e com critérios de sustentabilidade, ou seja, sem pôr em risco os recursos para

51 HARQUITECTES - Harquitectes, textos y conversaciones. Barcelona: Puente editores, 2022, p.78

52 *idem*, p.111

53 *idem*, p.18

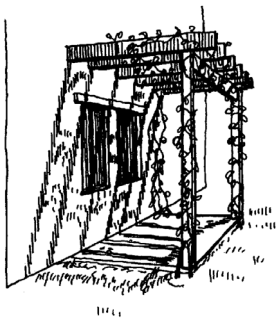
54 WASSOUF, Micheel - Da casa passiva à norma Passivhaus: A arquitetura passiva em climas quentes. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2014, p. 21

55 HIRS, Jiri; MAURER0VÁ, Lenka - Villa Tugendhat as a Technical Monument -Elements of Passive Solar Architecture. in GSTF Journal of Engineering Technology 3(1), 2014, p.74

"A arquitetura popular representa a combinação perfeita entre clima, as necessidades humanas e a construção sustentável, e por isso poderia dizer-se que é a origem da arquitetura bioclimática. Do mesmo modo, poderia definir-se a arquitetura bioclimática atual como uma arquitetura popular evoluída."

in GONZÁLEZ, F. J. - Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible, p.13

fig. 5. sombra de uma pérgola



gerações futuras. Para além das estratégias passivas, pode integrar estratégias ativas com recurso a fontes de energia renováveis, conscientes das nossas fontes naturais e finitas. Antes o seu conceito era mais elementar – tratava-se da relação entre o clima, a arquitetura e os seres vivos, dado que havia uma forte dependência entre os materiais, os sistemas construtivos, as técnicas, o desenho dos edifícios e o clima do lugar.[56]

Os Harquitectes são um excelente exemplo atual da prática de uma arquitetura bioclimática. Eles aprenderam através das *casas solares* e da arquitetura anónima "distante do desejo individual ou de uma originalidade vazia."[57] Os seus projetos tentam captar experiências ancestrais como o ambiente agradável debaixo de uma pérgola e reinventá-lo ao contexto atual.[58] De forma a atingir condições de conforto compatíveis com as expectativas contemporâneas, este fator de inovação é essencial quando se recuperam princípios de uma arquitetura pré-industrial conjugando tecnologias atuais.[59]

De modo a reduzir os impactos ambientais causados pela construção, os arquitetos catalães tentam utilizar sempre que possível materiais de baixa energia incorporada[60] e, evidentemente, pretendem reduzir o consumo da vida útil do edifício recorrendo a sistemas passivos: "Nunca estivemos interessados na efi-

56 GONZÁLEZ, F. Javier - Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible. Madrid: Editorial Munilla-lería, 2004, p.11

57 HARQUITECTES - Harquitectes, textos y conversaciones. Barcelona: Puente editores, 2022, pp. 40-41

58 "[...] Aprofundámos a natureza da construção popular que usávamos como referência e compreendemos que existem condicionantes que determinam a sua aparência, e com um grau de eficiência muito elevado. [...] Trata-se de reinventar o vernáculo, [...] tentando relacioná-lo com a experiência emocional qualitativa do espaço." Harquitectes in MORENO, Cristina, GRINDA, Efrén - Aprender a vivir de otra manera – dos días de conversaciones con Harquitectes. in El Croquis 203. Harquitectes 2010-2020: Learning To Live In A Different Way. Madrid: El Croquis, 2020, p.18

59 *idem*, p.10

60 A energia incorporada é a energia consumida em todos os processos associados à produção de um edifício, desde a obtenção de recursos naturais até à entrega do produto. Isto inclui a extração, a fabricação de materiais e equipamentos, o transporte e as funções administrativas. Atualmente, a energia incorporada dos materiais de construção representa entre 15% a 20% da energia utilizada por um edifício durante um período de 50 anos. Ou seja, apenas na sua construção, a consumo de energia necessário equivale a cerca de 8-10 anos do consumo requerido para o funcionamento do mesmo edifício. Os arquitetos juntamente com os clientes podem optar pela utilização de materiais de baixa energia incorporada, reduzindo a quantidade de energia de combustíveis fósseis utilizada durante a produção. Esta escolha reduz significativamente o consumo de energia nos edifícios e também minimiza os impactos ambientais da construção.

ciência do edifício baseada em máquinas e sempre acreditámos num conforto sustentável cuja dissolução e permanência se baseiam no comportamento 'natural' da construção."[61]

De forma a obter uma prática arquitetónica eficiente é necessário considerar o lugar e o que é incontornável - a luz, a temperatura, a força da gravidade, a chuva, o vento – não recorrendo apenas a tecnologias que nos encerram da envolvente.

61 HARQUITECTES - Harquitectes, textos y conversaciones. Barcelona: Puente editores, 2022, p.45

es·tu·fa

(italiano *stufa*, lugar quente)

nome feminino

1.Galeria envidraçada para resguardo de plantas

"estufa", in Dicionário Priberam da Língua

jardim de inverno

Parte envidraçada de uma casa usada para cultivo de plantas e para lazer

"jardim de inverno", in Dicionário Priberam da Língua Portuguesa

Conservatório, estufa ou jardim de inverno

Um edifício envidraçado isolado ou anexo a uma casa e que se abre para o exterior. As primeiras foram estruturas de vidro e pedra no século XVII, por exemplo em Versalhes, Paris (1684-6) [...]. O grande desenvolvimento das estufas veio com a introdução da barra de ferro forjado e das estruturas metálicas. Em 1789 foi construída a primeira estufa de ferro e vidro em Hohenheim, Stuttgart. De 1817 em diante, Loudon construiu estufas de ferro e culminaram na enorme e famosa estufa de ferro e vidro curvilíneos de Paxton em Chatsworth, Derbyshire (1836-40)

in FLEMING, J.; HONOUR, H.; PEVSNER, N. - The Penguin Dictionary of Architecture and Landscape Architecture, pp. 126-127

DISPOSITIVO DE REGULAÇÃO TÉRMICA

2.1.2 INSTRUMENTO PASSIVO

Do ponto de vista do funcionamento energético, a estufa consiste na combinação dos sistemas de ganho direto e indireto - isto é, a sua estrutura envidraçada e orientada a determinado quadrante permite a incidência da radiação solar direta no espaço e nas massas térmicas envolventes, que armazenarão o calor e posteriormente o libertarão. Deste modo, a luz atravessa as superfícies transparentes ou translúcidas e é absorvida pelas plantas, o solo e tudo o resto que se encontre dentro da estufa, convertendo a radiação solar em radiação infravermelha, ou seja, calor. Esta mudança física na radiação tem um comprimento de onda diferente, tornando difícil que o calor se liberte pelas superfícies transparentes (ver fig. 7). Esta energia capturada aquece a atmosfera interior e, pela sua hermeticidade, aumenta a temperatura do espaço. A estufa consegue ganhos consideráveis em dias encobertos de radiação difusa.

Dependendo da quantidade de luz solar, o calor de um jardim de inverno pode atingir vários níveis de intensidade. Devem-se ter em consideração métodos de proteção para evitar sobreaquecimentos. A ventilação natural[62] e o sombreamento são as principais estratégias passivas para reduzir ou evitar o calor.

A sombra pode reduzir a temperatura efetiva até 8ºC e, para além disso, reduz significativamente a luminosidade, uma grande vantagem sensitiva e psicológica durante alturas de calor extremo. O sombreamento pode assumir diversos tipos e formas e através dele pode-se intercetar a luz solar desde o interior

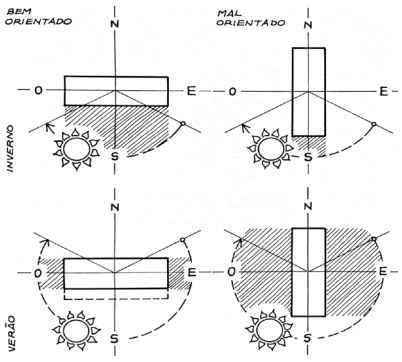


fig. 6. esquema dos níveis de radiação solar num edifício no Inverno (em cima) e no Verão (em baixo), consoante a sua orientação. Caso do hemisfério Norte



fig. 7. esquema da entrada de luz visível, posteriormente transformada em radiação infravermelha que é bloqueada pelo vidro

62 "A ventilação natural é o processo promovido pelas diferenças de pressão de um lado e outro das janelas, portas, chaminés e frinchas, quer por origem na diferença de temperaturas interior-exterior, quer por ação direta do vento sobre as edificações. A circulação do ar permite a diminuição da temperatura, a remoção do calor sensível armazenado na massa térmica e oferece conforto térmico incentivando perdas de calor por convecção e vaporação nos ocupantes." in GONÇALVES, Helder; GRAÇA, João - Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal. Lisboa: DGGE / Ip-3E, 2004, p.40

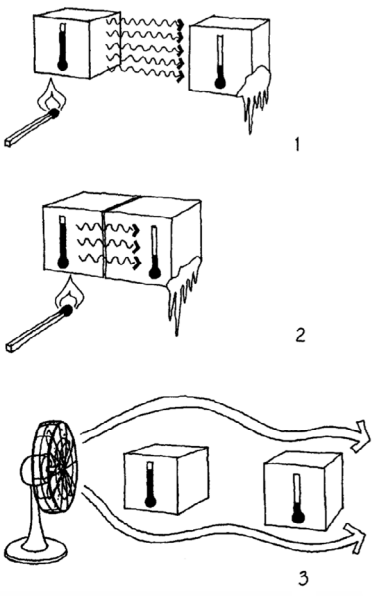


fig. 8.

1. Irradiação: transporte de energia térmica por meio de ondas eletromagnéticas

2. Condução térmica: transferência de calor por contacto direto entre corpos. Depende da condutibilidade térmica do material

3. Convecção: transferência de calor entre um fluído móvel líquido ou gasoso e uma superfície ou dentro do próprio fluido

definições in MOITA, F. - Energia Solar Passiva

do edifício, ou desde o exterior. Quando desenhado por fora, este dispositivo utilizado absorve o calor recebido e devolve-o ao ambiente exterior por irradiação e convecção, no lugar de permitir que entre no espaço interior.[63] Este fator é relevante visto que os dispositivos de sombreamento pelo interior podem aquecer indesejadamente o ambiente por efeito de convecção (ver fig. 8).

Relativamente à ventilação, a forma mais eficaz de ventilar é através de aberturas ao nível do piso térreo conjugadas com aberturas superiores, ou seja, em zonas de baixa pressão, para que o ar seja sugado em efeito chaminé. A convecção natural gera uma circulação do ar na qual o volume de ar quente, que tende a subir, ocupa o espaço do ar frio que é mais denso.

Para além disso, outro papel fundamental da ventilação é a interferência que tem na humidade relativa[64] do ar. O ambiente deixa de ser confortável quando esta ultrapassa os 70% sendo que é difícil controlá-la e reduzi-la. A forma mais simples de tentar moderá-la é trabalhando com a velocidade do ar. Este é um aspeto importante porque, por exemplo, quando se aumenta a humidade relativa de 50 para 100%, a sensação de calor aumenta 4ºC e cada vez que se eleva a velocidade do ar em 0,2m/s, a sensação de calor reduz em 1ºC.[65] Deste modo, torna-se clara a importância da ventilação.

Por outro lado, quando não há sol, a energia calorífica dissipa-se facilmente, o que significa que, apesar do calor tardar muito mais a sair do que a entrar no espaço, este fenómeno acaba por acontecer pelo facto de materiais transparentes como o vidro e o plástico terem pouca resistência térmica. Esta característica relaciona-se diretamente com a sua condução térmica.[66]

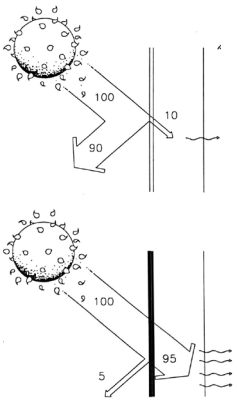
63 ALLEN, Edward - How buildings work: the natural order of architecture. Nova Iorque: Oxford University Press, 2005, p.78

64 "A humidade relativa é um valor percentual que representa a quantidade de vapor que o ar contém, dividido pela quantidade máxima de vapor que poderia conter, a uma dada temperatura. Uma humidade relativa (HR) de 60% indica que o ar contém seis décimos da quantidade de vapor de água que poderia conter a uma determinada temperatura." in *idem,* p.66

65 GONZÁLEZ, F. Javier; FRUTOS, César - Técnicas arquitectónicas y constructivas de acondicionamento ambiental. Madrid: Munilla-Lería, 1997, p.173

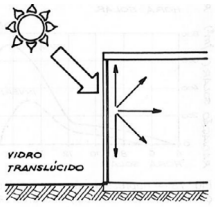
66 "Embora o vidro permita receber energia solar útil, é um mau isolante. Por exemplo, o vidro duplo tem uma condução térmica cerca de cinco vezes superior à de uma parede opaca moderadamente isolada. À medida que a área envidraçada é aumentada para receber mais energia solar, as perdas de calor através do envidraçamento são aumentadas". in BAKER, Nick; STEEMERS, Koen - Energy and Environment in Architecture: A Technical Design Guide, Londres: E & FN Spon, 2005, p.21

De forma a atrasar esta rápida dissipação da energia acumulada, consoante as características do clima da zona em específico, pode-se tirar partido de vários fatores físicos como por exemplo, a cor. Quanto mais escuras forem as superfícies dentro da estufa, maior será a quantidade de energia absorvida e convertida em calor e mais lentamente arrefecerão. Acabamentos claros têm um coeficiente de absorção da radiação solar entre 0,1-0,2. Ou seja, numa superfície opaca, apenas 10 a 20% da radiação solar que incide na superfície se transforma em calor, sendo o restante refletido. Uma superfície escura (perto do preto) absorve 95% e apenas reflete 5%[67].



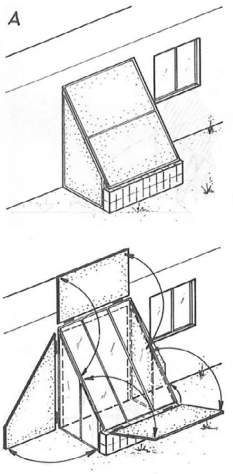
[9]

Outra estratégia também poderia ser a proteção das superfícies envidraçadas durante a noite ou períodos sem sol, através de materiais isolantes de modo a manter o calor interior. Para além disso, é fundamental ter noção que a cobertura é a parte por onde se dão as maiores perdas de calor por irradiação durante a noite, ou seja, poder-se-á reduzir drasticamente as amplitudes térmicas ao utilizar o sombreamento interior como proteção da cobertura transparente durante a noite.



[10]

A própria vegetação pode servir de isolamento orgânico para proteger as superfícies, principalmente as coberturas, da radiação solar. A vegetação absorve-a, mas ao contrário de uma superfície inorgânica, as plantas não aquecem, investindo essa energia em processos fotossintéticos, conservando a sua temperatura ao dissipar o calor através da evapotranspiração que ocorre nas suas folhas. É, portanto, um isolamento adequado contra a radiação solar.[68]



[11]

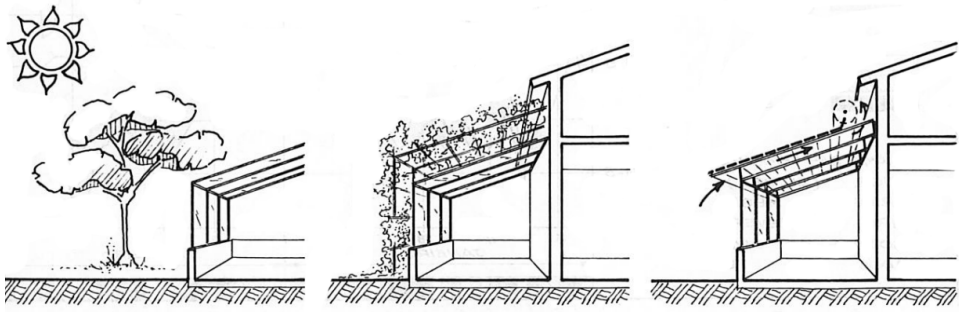

[12]

fig. 9. influência da cor do acabamento utilizado na absorção da radiação solar

fig. 10. no meio, uso de vidros que difundam os raios de sol pode ajudar a espalhar o calor por toda a massa térmica acumuladora e dissipar o calor de forma mais abrangente

fig. 11. exemplificação dos processos de isolamento da estufa

fig. 12. sombreamento através de vegetação ou estores exteriores

67 GONZÁLEZ, F. Javier; FRUTOS, César - Técnicas arquitectónicas y constructivas de acondicionamento ambiental. Madrid: Munilla-Lería, 1997, p. 234

68 GONZÁLEZ, F. Javier - Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible. Madrid: Editorial Munilla-lería, 2004, pág. 344,345

Acresce que a presença da vegetação oferece enormes benefícios. Pode variar entre folha persistente densa, funcionando como barreira protetora, e folha caduca, permitindo a regulação periódica anual da quantidade de radiação solar recebida no espaço coletor.[69] Além da proteção térmica, são eficazes no isolamento acústico e renovação do ambiente.

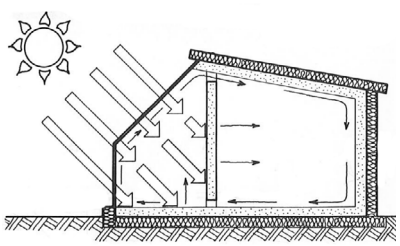


fig. 13. a estufa associada à casa

Quando adjacente à casa, a estufa apresenta-se um sistema de ganho isolado. A incidência da radiação solar e o seu armazenamento encontram-se no espaço coletor de calor que está conectado à casa através da parede que partilham. Esta parede é muito importante, pois poderá adotar várias formas, consoante a estratégia de transmissão de calor desejada. Pode variar entre completamente flexível e abrível, numa simbiose com o espaço adjacente, até uma parede com uma grande espessura que capte e liberte o calor gradualmente durante a noite por irradiação.

Os materiais utilizados na parede partilhada entre a estufa e a casa podem variar desde betão a água. Dependerá da quantidade de calor que se deseje armazenar e do tempo que se queira atrasar este processo, ou seja, da inércia térmica dos materiais que componham essa parede. A inércia térmica está diretamente associada como consequência da massa térmica do material. Esta, por sua vez, refere-se à capacidade de armazenar energia solar do respetivo material[70]. Para além da escolha da materialidade, no caso de ser adotada uma parede de inércia térmica que isola a estufa da casa, esta poderá integrar tampas reguláveis nas suas partes inferior e superior para deixar o ar circular através da convecção natural (ver fig. 13).[71]

69 MOITA, Francisco - Energia Solar Passiva. Lisboa: Argumentum, 2010, p.47

70 "Quanto maior for a capacidade acumuladora de um material, menor será a variação de temperatura propagada através dele. O atraso produzido por esta transferência é conhecido como inércia térmica; e proporciona a possibilidade de armazenar as cargas produzidas nas horas de pico de calor e de as libertar nas horas de baixa temperatura." in OLGYAY, Victor - Arquitectura Y Clima: Manual De Diseño Bioclimático Para Arquitectos Y Urbanistas. Barcelona: Gustavo Gili, 1998, pp.113-115

71 A parede pode aproximar-se mais ou menos da frente de vidro, podendo atingir apenas 10cm de distância, criando uma câmara de ar densa e sendo pintado de preto, levando o sistema indireto de ganho solar ao extremo. Assim, o sistema utilizado passaria a ser denominado Parede de Trombe, todavia reprime o espaço habitável inerente à estufa, pelo que não importa tal proximidade entre a parede e o vidro.

Estando integrada na casa, outra vantagem deste sistema passivo é a sua desativação no Verão ao abrir os vidros e criar um espaço exterior.

Quanto à eficácia do sombreamento, caso este seja fixo, vidro colorido ou vidro refletante, torna-se limitativo pelo facto de reduzir a entrada de luz solar durante todo o ano, criando necessidade de luz artificial e até possivelmente de aquecimento em estações frias. No entanto, este tipo de proteção solar é de fácil manutenção e controlo e assume um custo reduzido comparativamente a dispositivos exteriores e móveis. As palas são um bom método de sombreamento fixo, quando bem calculadas, pelo facto de conseguirem limitar a exposição do sol no verão devido à sua altura, mas permitirem a entrada dos raios solares no inverno, tendo em conta que o sol está mais baixo. Todavia, é sempre mais eficaz ter um método de sombreamento móvel que seja de fácil adaptação ao clima e vontades dos habitantes no respetivo dia.

No contexto deste trabalho e perante os casos de estudo escolhidos, poder-se-á observar a estufa associada e integrada de distintas formas na casa. Depende da distribuição do espaço doméstico e do formato dos espaços a aquecer. Se a sua finalidade for apenas de espaço coletor, poderá aquecer até ao máximo da sua capacidade, mas, na eventualidade de ser usado como jardim de inverno ou espaço habitável, devem aplicar-se os princípios de regulação deste sistema.

Efetivamente, a estufa tem uma preponderância técnica que influencia a forma como se vive o espaço. Para uma solução passiva eficaz, é necessário saber projetar com o tempo, ou seja, com o que acontece em torno de todo o projeto - isto é, o comportamento das pessoas, dos fenómenos naturais, do lugar e também o próprio comportamento do edifício (tanto do corpo da casa como da estufa)[72].

A influência da estufa no espaço doméstico poderá ser tão forte quanto se pretende, gerando diferentes qualidades espaciais e criando vários níveis entre o que é exterior e interior, e entre o que é individual e coletivo.

72 HARQUITECTES - Harquitectes, textos y conversaciones. Barcelona: Puente editores, 2022, p.51

"O encanto do sujeito provém sobretudo da impressão de imediatez, da simples evocação de uma vida familiar da qual restam apenas alguns vestígios. A mesa ainda não foi limpa como no final de uma refeição. Um chapéu pendurado num ramo de árvore, um saco e um guarda--chuva no banco parecem ter sido aí esquecidos. Sob a sombra fresca da folhagem, o pequeno Jean Monet brinca calmamente com algumas tábuas de madeira."
in www.musee-orsay.fr [consultado a 28.08.2022]



fig. 14. Le déjeuner
Claude Monet (1840-1926), 1873

2.2 DISPOSITIVO ESPACIAL

2.2.1 O JARDIM E O ESPAÇO DOMÉSTICO

A génese da Estufa está na cultura do jardim e a sua disseminação foi alavancada pelos avanços tecnológicos decorrentes da Revolução Industrial.

Efetivamente, o jardim faz parte da longa tradição inglesa, onde há a forte tradição popular de habitar o jardim. Pode ser integrado num sentido de pitoresco[73] no sentido em que este "forneceu os primeiros meios para a perceção de qualidades visuais na natureza", conforme refere Christopher Hussey[74]. No artigo *The Picturesque in Architecture*[75] de 1947, Pevsner (1902-1983) relata que a relação entre edifícios e a paisagem foi um tema muito discutido em meados do séc.XIX, em particular por Uvedale Price na sua publicação de 1794.

De facto, o jardim como extensão da casa era um tema corrente e Fletcher Steele (1885-1971), renomado arquiteto paisagista, enuncia que "um pequeno relvado vedado é uma divisão exterior à casa, suscetível de tratamentos tão variados como qualquer quarto dentro dela"[76]. Georges Teyssot expõe neste sentido que

73 O pitoresco foi introduzido pela palavra italiana *pittoresco* e é uma referência estética que foi adquirindo vários significados ao longo da história. Começou por estar associado à jardinagem paisagística, mas o seu significado cultural era válido para todas as obras de arte, música, arquitectura e literatura. Segundo Christopher Hussey (1899-1970), a condição teórica da estética em Inglaterra foi maioritariamente influenciada por William Gilpin (1724 - 1804) que inventou o termo *Picturesque Beauty* como distinção do que era realmente bonito e apropriado para um quadro (HUSSEY, C. - The Picturesque; studies in a point of view, p.13). Em contraste, Uvedale Price (1747-1829), publicou posteriormente o livro *Essays on the Picturesque* em 1794, estabelecendo o pitoresco como uma terceira categoria qualificativa, depois de sublime e de belo. Pevsner, por sua vez, defende que deveria significar 'o que apela ao pintor'.

74 HUSSEY, Christopher - The picturesque; studies in a point of view, 2nd edition - New Impression, London: Archon Books,1967, p.17

75 PEVSNER, Nikolaus - The picturesque in architecture. in The Journal of The Royal Institute of British Architects, 54, Londres: RIBA, 1947, p.57

76 STEELE, Fletcher - Design in the Little Garden. Boston: Atlantic Monthly Press, 1924, p.25

Chase William Merritt (1849-1916) viajou frequentemente pela Europa, onde pintou este quadro no Verão de 1884, na casa de um amigo seu, em Zandvort, Holanda.



fig. 15. Sunlight and Shadow
1884, Chase Merritt

James Tissot (1836-1902) foi um pintor bem sucedido de cenários modernos da vida em sociedade em Paris e depois em 1871 mudou-se para Londres.



fig. 16. In the Conservatory
1875-78, Tissot

a "eminente domesticidade do jardim submete-o a muitos dos mesmos imperativos que configuram a casa"[77], referindo-se ao empenho pelo aumento do conforto na vivência do doméstico a um nível quase "artístico". Ainda, Jane Brown, arquiteta paisagista, no seu livro *The Art and Architecture of English Gardens* (1989) realça a importante relação histórica entre os arquitetos e os jardineiros e em como esta relação possibilitou o desenvolvimento de novas ideias e construções para jardins.

Através do Palácio de Cristal de Londres (1851) anteriormente referido, existiu um forte encorajamento a que a população construísse os seus próprios jardins de inverno.[78] Assim, observa-se que a estufa gradualmente ganhou importância enquanto novo dispositivo espacial integrado no doméstico. Estas estruturas materializam a ideia de que o jardim é parte da casa e pode fazer parte do seu interior, sendo que é um espaço onde 'se entra', ainda que exterior.[79]

> Todos os jardins domésticos têm casas; é isto que os torna jardins; especificamente, é, em grande parte, a relação do jardim com a casa que faz do jardim o que ele é.[80]

A casa está diretamente associada à esfera familiar e ao seu espaço privado que, por sua vez, formam o espaço doméstico. No séc. XIX, o contexto social da mulher estava diretamente associado à reclusão e à habitação, enquanto o do homem à cultura e à esfera pública. Todavia, "os jardins raramente são incluídos na análise do espaço doméstico, que tende a focar-se mais no espaço construído da casa."[81] O interessante é o facto de o jardim de uma família não estar diretamente associado a nenhum papel familiar específico, distinguindo-se assim como espaço ambíguo e anónimo.

77 TEYSSOT, Georges - Da Teoria de Arquitectura: doze ensaios. Coimbra: Edições 70 e e|d|arq Editorial do Departamento de Arquitectura da FCTUC, 2010, p.214

78 GARCÍA, Ana - El jardín de los Smithson. in Cuaderno de Notas, 18. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2017, p.134

79 MONTEYS, Xavier - La Casa como Jardín. Barcelona: Gustavo Gili, 2021, p.12

80 ALEXANDER, Catherine - The garden as occasional domestic space. in Signs, the journal of women, culture and society 27(3). Chicago: University of Chicago Press, 2002, p.472

81 *idem*, p.468

O jardim pode ser um espaço social, de refeições, de animais de estimação, de recreio e de relaxamento. "Quando fora da casa, as funções domésticas tipicamente atribuídas a um género podem ser invertidas ou menos relacionadas especificamente com um sexo. As categorias rompem-se; as regras são suavizadas e esbatidas."[82] O jardim é encarado como um *Domingo geográfico*, um espaço para recarregar baterias.[83]

O facto de não lhe ser atribuída uma catalogação restritiva, promove a sua flexibilidade de apropriação como um potencial espaço transformador do quotidiano.

O segredo para o eficaz cultivo de um jardim é a sua manutenção perante o clima. Em Inglaterra, por exemplo, devido à chuva e ao frio, durante uma grande parte do ano o jardim quase desaparece do espaço doméstico, sem ser utilizado, sem ser visto, sem ser trabalhado. Não é por acaso que a estufa se tornou numa estrutura tão recorrente nos jardins das casas, abrigando-os das condições meteorológicas extremas.[84] Deste modo, passou a poder tirar-se o máximo proveito deste espaço, numa solução mista entre interior e exterior que permite a sua vivência permanente.

Assim, as estruturas de vidro incorporadas no jardim passaram irrefutavelmente a fazer parte do doméstico. Podia abrir-se a casa ao jardim, tornar os espaços fluídos e contínuos, ou então encerrá-la, mas com vista privilegiada, emoldurada pelas janelas. Através destas estruturas flexíveis passou a poder ampliar-se a casa conforme a vontade dos seus habitantes.

82 ALEXANDER, Catherine - The garden as occasional domestic space. in Signs, the journal of women, culture and society 27(3). Chicago: University of Chicago Press, 2002, p.467

83 *idem*, p.481

84 *idem*, p.475



fig. 17. A vivência permanente: o Jardim de Inverno apropriado



fig. 18. A vivência permanente: o Jardim de Inverno desapropriado

Ilustrações da autora: técnica mista de tinta a óleo e *collage* sobre papel artesanal

A pintora francesa Alix Enault (1850-1913) descreveu o jardim de inverno parisiense como "muito mais do que uma simples estufa, o jardim de inverno poderia ser um local luxuosamente decorado e íntimo - um interior isolado conducente a encontros privados."

in COLLINS, B. - Manet's "In the Conservatory" and "Chez le Père Lathuille", p.59



"FLEURS DE SERRE." FROM A PHOTOGRAPH OF THE ORIGINAL PAINTING BRAUN, CLÉMENT & CO., PARIS

Madame Alix Enault, Painter

DISPOSITIVO ESPACIAL

2.2.2 ESPAÇO INTERMÉDIO

Do mesmo modo que o jardim se pode entender como o limiar entre uma natureza selvagem e uma natureza domesticada, a Estufa pode ser entendida como o espaço intermédio entre o interior e o exterior da casa, ao abrigar o jardim.

"Normalmente, entende-se o espaço intermédio como a espessura entre o que se supõe que devia ser o interior e o exterior."[85] Atua como um espaço que faz a interface entre o fora e o dentro e deve ser entendido como uma oportunidade para a redefinição das qualidades espaciais, mais do que simplesmente o acrescento de um espaço só pelo aumento de área que supõe. É um espaço com o potencial de valorizar a experiência do habitante e ultrapassar o seu caráter apenas funcional na casa.

A vivência do espaço supera o próprio edifício quando é permitido que os seus habitantes dialoguem com o meio-ambiente. Deixar que a arquitetura e o ambiente trabalhem em uníssono desperta uma dimensão emocional e transcende o arquiteto. O espaço intensifica-se e ganha mais sentido ao relacionar-se com o que é externo à vivência isolada de um espaço. Cada projeto tem a possibilidade de estabelecer ligações únicas e intransmissíveis dependendo do contexto de cada lugar.[86]

fig. 19. pág. ao lado, Fleurs de Serre 1905 Alix Enault

85 HARQUITECTES - Harquitectes, textos y conversaciones. Barcelona: Puente editores, 2022, p.119

86 *idem*, pp. 31-33

Manet (1832-1883) utilizou um Jardim de Inverno como cenário dos temas pintados e estúdio durante nove meses entre 1878 e 1879, na Rue d'Amsterdam nº70 em Paris, na altura propriedade do amigo pintor Georg von Rosen (1843-1923).



fig. 20. In the Conservatory
1879 Édouard Manet

> Esta condição intermédia tem mais ar do que qualquer outro espaço e uma atmosfera que se assemelha mais ao ar exterior do que ao ar interior. É um tipo de espaço no qual podem acontecer mais coisas do que imaginamos e que se baseiam principalmente na sua capacidade de transformação ao longo do ano, com uma componente sazonal muito atrativa.[87]

Os pintores franceses Édouard Manet e Alix Enault, por exemplo, evidenciam esta característica sublime contida pelo Jardim de Inverno, como se pode ver nas figuras das páginas anteriores.

A permeabilidade e transparência assumidas pelo espaço de estufa permitem que a casa se relacione diretamente com a sua envolvente e, além de ser um dispositivo de climatização devido ao aproveitamento solar, tem um enorme potencial doméstico pela sua forte conexão com os dois tipos de ambientes – interior e exterior. Resulta num espaço extra, com um ambiente distinto sem uma função específica atribuída, gerador de novos cenários no quotidiano. A mais-valia deste espaço é a sua capacidade transformadora da vivência de uma casa, devido ao seu caráter não programatizado.

A flexibilidade de uso é particularmente realçada pelos arquitetos Lacaton & Vassal, que defendem que a arquitetura tem a capacidade de desenhar espaços confortáveis que possam ser apropriados e vividos pelo habitante como melhor se adeque. Se forem fornecidas qualidades suficientes e um amplo espectro de possibilidades, haverá um máximo de oportunidades e o espaço poderá ser alterado, transformado e reapropriado pelos seus usuários. [88]

Assim, a condição de lugar intermédio ganha muito poder se for estruturante na casa, pelo seu caráter de dispositivo bioclimático flexível que pode assumir vários graus de influência térmica e funcional. Trata-se de uma oportunidade de reprogramar o doméstico vinculada aos momentos favoráveis num novo espaço, confortável, flexível e de uso comum.

87 HARQUITECTES - Harquitectes, textos y conversaciones. Barcelona: Puente editores, 2022, p.119

88 MORENO, Cristina; GRINDA, Efrén - Placeres Cotidianos Una Conversación con Anne Lacaton y Jean Philippe Vassal. in El Croquis 177/178. Lacaton & Vassal 1993-2015: Horizonte post-mediático. Madrid: El Croquis, 2015, p.10



A Estufa Fora

representada pela Maison Keremma,
arquitetos Lacaton & Vassal



A Estufa Adjacente

representada pela Maison Latapie,
arquitetos Lacaton & Vasssal



A Estufa como Casa

representada pela Maison Serre
arquitetos Jourda & Perraudin

fig. 1-3. Ilustrações da autora:
tinta a óleo sobre papel artesanal

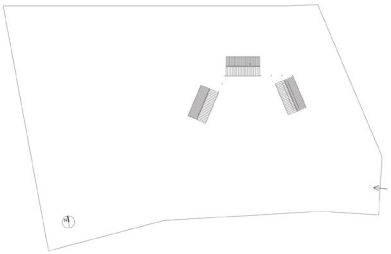
III

APROPRIAÇÕES CONTEMPORÂNEAS

UMA LEITURA CLASSIFICATIVA DA ESTUFA

Há três matrizes principais de integração de uma estufa num projeto: este espaço bioclimático poderá estar totalmente separado, adjacente ou incorporado no espaço doméstico, à semelhança do movimento transitório que gradualmente sofreu ao longo da história (ver figuras da página anterior). Estas três condições da estufa reveem-se num movimento de transição no qual o impacto sobre o espaço doméstico ganha respetivamente mais intensidade a nível térmico e programático.

As matrizes não se tratam de modelos fechados, mas sim dos casos elementares de apropriação da estufa na sua forma original e pura em fórmulas projetuais contemporâneas.



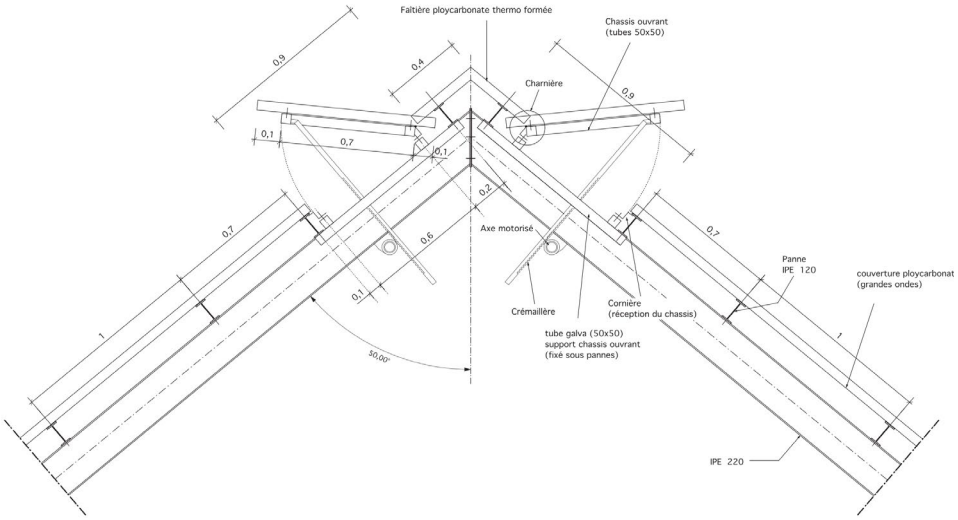


fig. 4. em cima, implantação da Maison Keremma

fig. 5. em cima à direita, corte transversal pela cobertura da Estufa, com a representação das placas de policarbonato onduladas e respetivas aberturas superiores

fig. 6. fotografia do volume da Estufa



3.1 A ESTUFA FORA

MAISON KEREMMA, LACATON & VASSAL



A primeira condição de estufa a notar é a estufa independente do espaço doméstico. Esta é a sua posição original, normalmente num jardim que, tal como explicado anteriormente, teve origem na vontade de cultivar plantas exóticas. Ou seja, trata-se de uma estrutura com o seu próprio clima para usufruto apenas desse mesmo espaço.

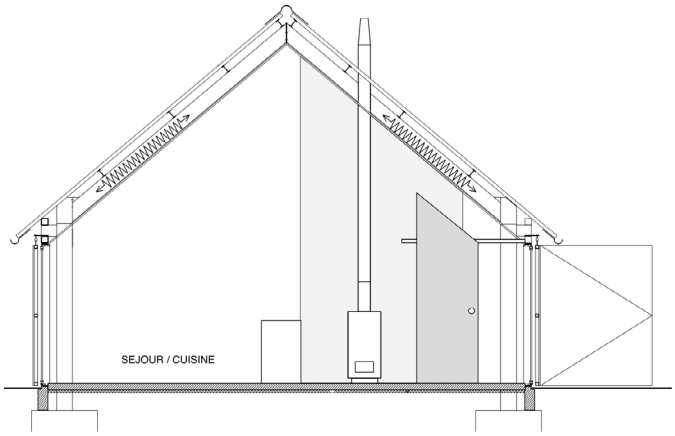
Deste modo, a estufa fora não tem qualquer influência térmica no interior da casa. Contudo, evidentemente, poderá servir como espaço adicional de reunião, de lazer ou de recolhimento. O tal espaço polivalente que, pelo seu caráter intermédio e luminoso, destaca-se pela sua atmosfera distinta e ganha o poder de espaço transformador da vivência do doméstico ao relacionar-se com ele.

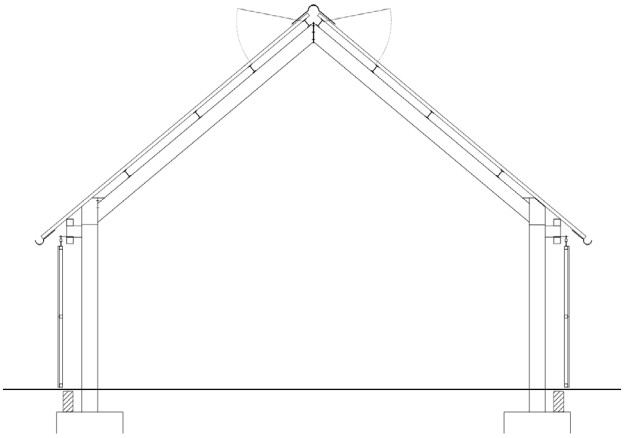
A Maison Keremma dos arquitetos Lacaton & Vassal representa perfeitamente este diálogo entre o doméstico e a estufa, mesmo estando afastados um do outro. É um projeto de 2003 localizado em Tréflez, França e releva a contemporaneidade e flexibilidade de uso desta solução arquitetónica. Consiste em três volumes separados e dispostos em arco, onde o lado convexo está orientado a norte, ou seja, ao mau tempo e ao vento, e o lado côncavo está orientado a sul de modo a criar um espaço exterior íntimo, protegido e exposto ao sol.[89]

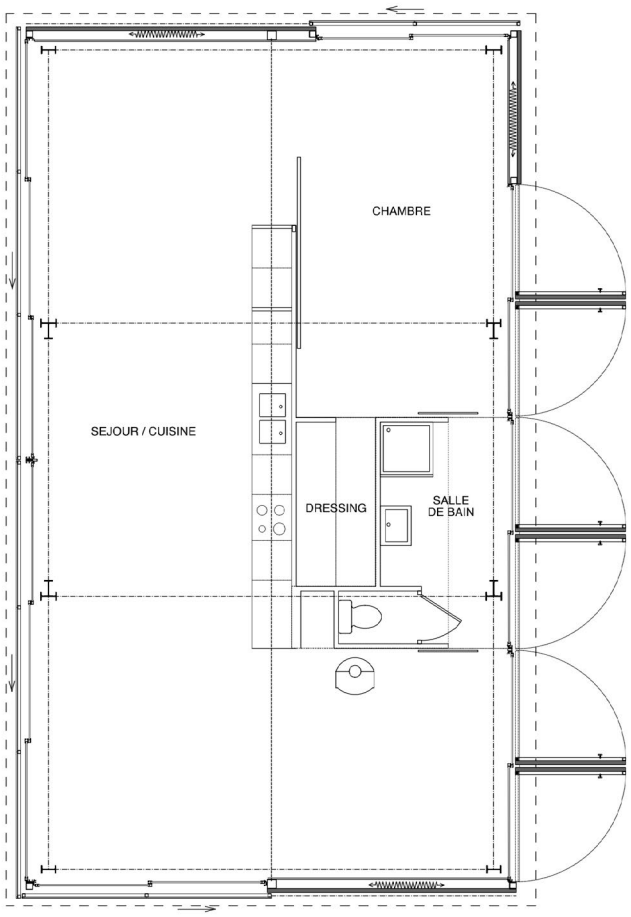
89 CECILIA, Fernando M.; LEVENE, Richard - El Croquis 177/178. Lacaton & Vassal 1993-2015: Horizonte post-mediático. Madrid: El Croquis, 2015, p.108

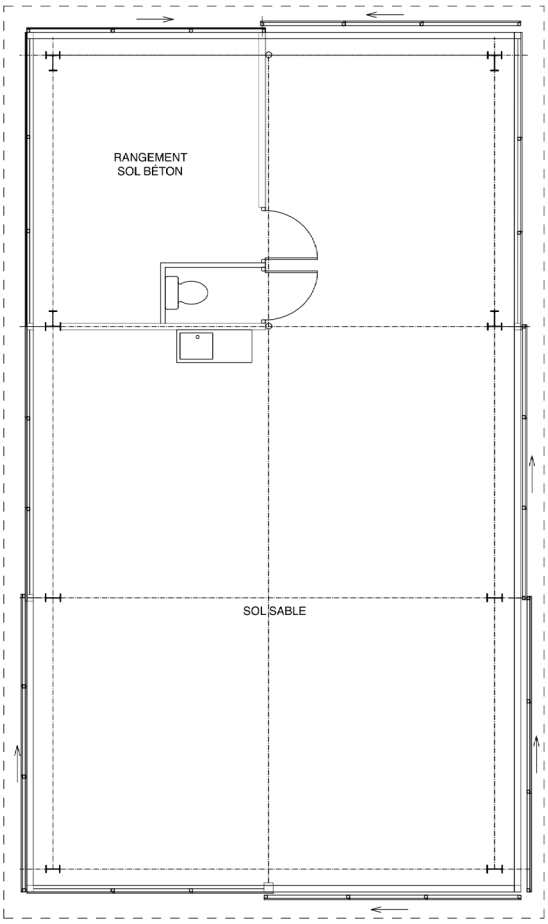
fig. 7. à esquerda, planta e corte do volume 2, da Maison Keremma

fig. 8. à direita, planta e corte do volume 3, a estufa









Nesta obra, os arquitetos optaram por não integrar sombreamento, tendo em conta que no clima desta região a temperatura média mais elevada no verão atinge apenas os 21ºC. Também, devido ao seu caráter desligado do espaço doméstico, que não exige um controlo climático tão rigoroso. Contudo, à semelhança do restante projeto, as suas fachadas são maioritariamente compostas por painéis deslizantes, o que permite uma ventilação natural eficaz. Para além disso, integraram aberturas na parte superior da cobertura (ver fig. 5 e 8), tirando proveito da convecção natural do ar, assim permitindo a expulsão do ar quente acumulado e promovendo a renovação do ar interior quando necessário.

Por outro lado, quando não há sol, a energia calorífica dissipa-se facilmente. De forma a atenuar estas desvantagens, os arquitetos integraram materiais com boa capacidade térmica - para o pavimento deste projeto usaram a areia e o betão.

Em contraste, evidentemente, as fachadas opacas e a cobertura dos outros dois volumes da casa Keremma estão compostas com isolamento térmico de modo a garantir proteção contra o clima exterior. O seu interior está revestido por contraplacado de bétula, seguido por aquecimento radiante, duas camadas de isolamento, barreira de vapor e, por fim, chapa de fibrocimento pelo exterior (ver fig. 7). Deste modo, o interior do espaço doméstico está mais protegido tanto do calor como do frio excessivos. Ou seja, a estufa comparativamente ao espaço doméstico é um espaço suscetível a grandes alterações térmicas.

Então qual é a intenção de integrar uma estufa num projeto, se é um espaço termicamente frágil e menos estável que a casa?

Aos arquitetos interessa-lhes esta flexibilidade e diferente oferta de apropriação dos espaços. De facto, Anne Lacaton e Jean-Philippe Vassal utilizam recorrentemente esta abordagem nos seus projetos, sendo a estufa a sua estratégia paradigmática - encanta-lhes a sofisticação, o pragmatismo e a economia com que as estufas protegem plantas. Porém, o que mais valorizam é a ideia do nomadismo em relação ao clima e como o habitante pode colonizar estes diferentes espaços em função do nível de proteção, temperatura e iluminação que deseje.[90]

82 MORENO, Cristina; GRINDA, Efrén - Placeres Cotidianos Una Conversación con Anne Lacaton y Jean Philippe Vassal. in El Croquis 177/178. Lacaton & Vassal 1993-2015: Horizonte post-mediático. Madrid: El Croquis, 2015, p.6





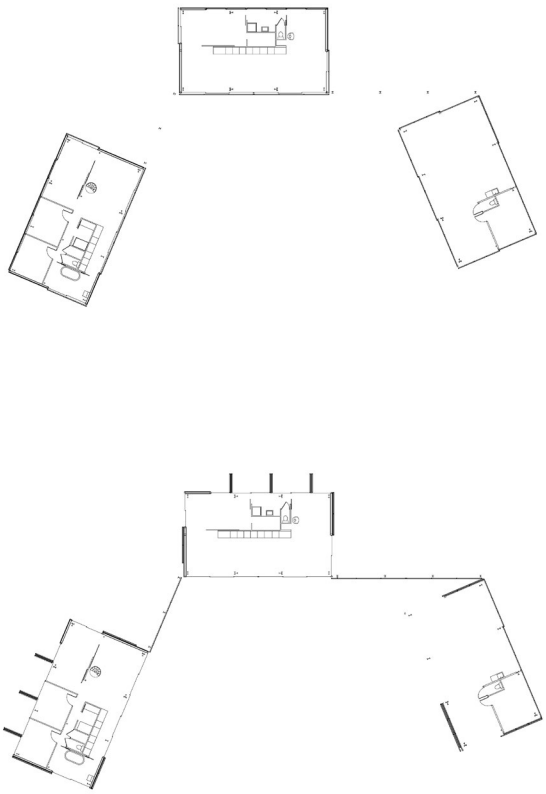


fig. 9. pág. ao lado em cima , fotografia desde o interior do volume 3, a estufa

fig. 10. pág. ao lado em baixo, fotografia desde o interior do volume 2

fig. 11. plantas da Maison Keremma com as portadas fechadas e com as portas abertas

Neste projeto, apesar de os três volumes terem a mesma forma e dimensões, o que os distingue é a natureza da sua envolvente e a forma como se encerram. Os arquitetos jogam com as portadas, alterando a relação entre o interior/exterior, de modo a que quando abertas, os três volumes ligam-se espacialmente.[91] Para além disso, esta diferença de materialidades e permeabilidade/recolhimento, é o que estabelece a relação elástica com a natureza e, consequentemente, o ambiente de cada espaço.

Em suma, a maior diferença entre estes ambientes é a permeabilidade, ou seja, a quantidade de receção de luz solar direta e a consequente capacidade de manter a energia recebida acumulada no ambiente ou, pelo contrário, de se proteger dela.

91 CECILIA, Fernando M.; LEVENE, Richard - El Croquis 177/178. Lacaton & Vassal 1993-2015: Horizonte post-mediático. Madrid: El Croquis, 2015, p.108



fig. 12. fotografia desde o interior da estufa

fig. 13. em baixo, fotografia dos três volumes da Maison Keremma

fig. 14. pág. ao lado, esquema da ventilação e convecção naturais na estufa através da abertura de vãos

fig. 15. pág. ao lado, esquema da irradiação do calor durante a noite, através da inércia térmica do pavimento



Ilustrações da autora: tinta
a óleo sobre papel artesanal

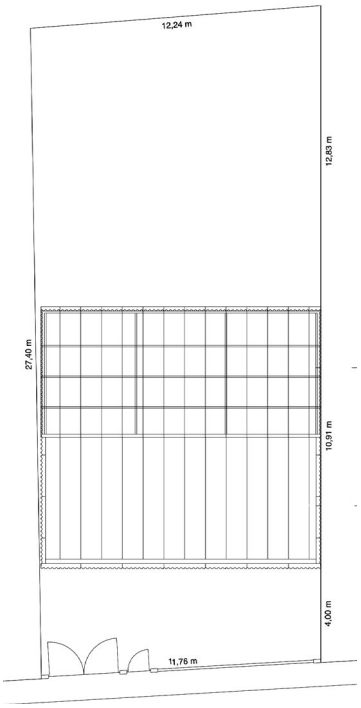






fig. 16. implantação da Maison Latapie

fig. 17. fotografia desde o jardim





3.2 A ESTUFA ADJACENTE

MAISON LATAPIE, LACATON & VASSAL



A estufa adjacente à casa, ou seja, diretamente conectada ao espaço doméstico, distingue-se completamente da matriz anterior, pelo facto de permitir transferir/contagiar o seu comportamento térmico para o interior da casa, sendo o grau desta influência dependente do tipo de ligação e da área de contacto entre as duas.

A Maison Latapie, também dos arquitetos Lacaton & Vassal, representa nitidamente esta matriz de estufa contígua ao espaço doméstico. Trata-se de uma casa unifamiliar de 1993, localizada em Bordéus, França, de planta quadrada dividida em duas partes iguais - uma zona opaca voltada para a rua e uma zona transparente - a estufa - voltada para o jardim. Efetivamente, as intenções dos arquitetos através desta estratégia consistiram em permitir modelar o clima, visto que Bordéus tem invernos rigorosos e, para além disso, incorporar um espaço extra que desse a oportunidade de ampliar a casa, onde as condições climáticas seriam muito melhores e se pudesse poupar energia.[92]

A casa é envolta por uma estrutura metálica que suporta os painéis de policarbonato transparentes e as placas de fibrocimento onduladas que a revestem. No seu interior, do lado oeste, está integrada na estrutura uma caixa de madeira dividida em dois pisos, onde se distribuem os espaços tipo da casa. E do lado este, encontra-se a estufa com pé direito duplo, totalmente adoçada à casa e sem função programática definida.

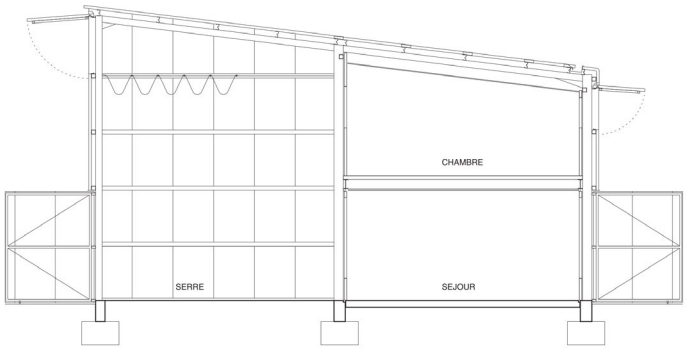
92 MORENO, Cristina; GRINDA, Efrén - Placeres Cotidianos Una Conversación con Anne Lacaton y Jean Philippe Vassal. in El Croquis 177/178. Lacaton & Vassal 1993-2015: Horizonte post-mediático. Madrid: El Croquis, 2015, p.6

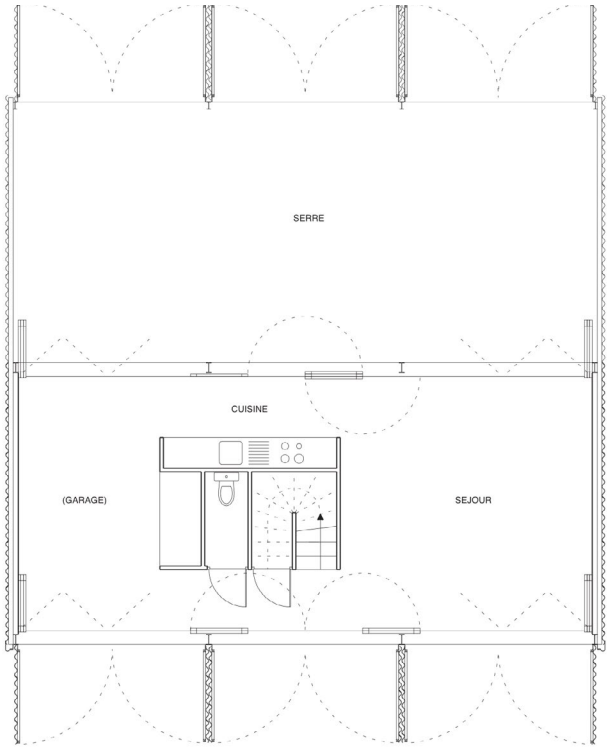
fig. 18. ao lado, esquema da captação de energia solar no espaço da estufa e posterior influência na casa. Ilustração da autora: tinta a óleo sobre papel artesanal

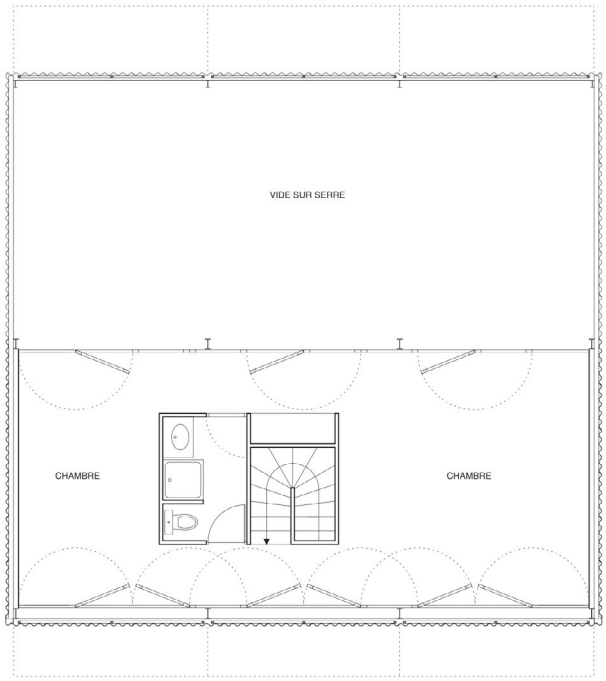
fig. 19. corte longitudinal com a representação das portadas abertas e do sombreamento no espaço de estufa

fig. 20. à esquerda, planta do piso inferior e à direita, do piso superior









Através destas materialidades, os arquitetos resolvem simultaneamente as questões térmicas e visuais, dando uma transição gradual entre o que é espaço íntimo e o que é exposto: no volume de madeira criaram um espaço protegido e isolado que se pode encerrar da rua, em contraste com a estufa exposta ao clima e ao jardim.

Nesta matriz de apropriação da estufa, a diferença térmica entre os espaços é gradual, dando-se uma diferenciação de qualidades espaciais - desde o espaço de solário mais quente, aos espaços temperados em contacto com este até as zonas do espaço doméstico com menor impacto por não estarem em contacto com a estufa.

Na Maison Latapie, pelo facto da estufa se adoçar à maior frente da casa, o seu impacto é longitudinal, ou seja, dá-se o aquecimento geral da casa, sendo por isso notória a sua influência térmica no espaço doméstico. Tratando-se de um sistema de ganho isolado, a incidência da radiação solar e o seu armazenamento encontram-se na parede partilhada entre o espaço coletor de calor e a casa. Nesta obra em específico, os arquitetos optaram por desenhar os espaços em plena comunicação com a estufa. O piso inferior pode ser aberto na sua totalidade e o piso superior também através das várias janelas fixas e batentes. Do mesmo modo, a fachada voltada para a rua também integra um sistema móvel que, em conjunto, permite que a casa se transforme de um volume completamente fechado para um corpo muito aberto, de acordo com as necessidades e desejos de luz, transparência, privacidade, proteção ou ventilação.

> JPV: (...) A casa tornou-se uma grande peça que os protege e se adapta às estações do ano, ao humor, ou ao que fazem, à vontade de ver ou não os vizinhos...
>
> AL: Pela primeira vez começámos a trabalhar, talvez intuitivamente, com o tema do 'espaço duplo', ou o espaço suplementar, que apenas pela sua dimensão transforma a natureza do espaço inicial.[93]

93 MORENO, Cristina; GRINDA, Efrén - Placeres Cotidianos Una Conversación con Anne Lacaton y Jean Philippe Vassal. in El Croquis 177/178. Lacaton & Vassal 1993-2015: Horizonte post-mediático. Madrid: El Croquis, 2015, p.8

fig. 21. esquema da ventilação cruzada e uso de sombreamento como estratégias para impedir o sobreaquecimento em dias muito quentes. Ilustração da autora: tinta a óleo sobre papel artesanal



fig. 22. fotografia da estufa com o sombreamento de palha e os vãos abertos



A estufa da Maison Latapie encontra-se do lado nascente devido às condicionantes do lote que, apesar de não ser a orientação de maior ganho solar, recebe energia ao longo de toda a manhã e continua a receber através das suas fachadas laterais. O sombreamento móvel e a ventilação natural são obrigatórios e ambos adotados nesta casa. A fachada principal conta com grandes aberturas na sua parte superior, que permitem expulsar o ar quente, assim como com painéis inferiores se podem abrir, unindo diretamente o jardim ao jardim de inverno. Um sistema de sombreamento retrátil em palha e a própria vegetação da estufa funcionam como importantes fatores de sombreamento que protegem da radiação solar direta, além de contribuírem como isolamento térmico através da evapotranspiração.

Em suma, a estufa adjacente à casa tem um enorme impacto tanto térmico, como espacial devido à sua versatilidade, evidenciando o seu caráter transformador como dispositivo bioclimático e renovador da dinâmica doméstica.

> Desde o início que observamos a inteligência dos utilizadores para expandir as próprias possibilidades espaciais. Quando adicionámos a estufa à planta da Casa Latapie, imaginámos um jardim interior exuberante cheio de buganvílias e palmeiras. Mas afinal acabaram por colocar ali um sofá, algumas cadeiras, um par de mesas, três poltronas... uma espécie de sala transparente que desde o início se tornou a parte mais usada da casa, mesmo que normalmente não esteja aquecida. Temos curiosidade em saber o que pode acontecer nestes espaços intermédios em projetos de habitação social - o jardim de inverno, os terraços, o movimento das cortinas - confiantes de que as pessoas irão certamente brincar com eles. E isso tem tudo a ver com prazer.

MORENO, C.; GRINDA, E. - Placeres Cotidianos Una Conversación con Anne Lacaton y Jean Philippe Vassal in El Croquis 177/178, p.14





fig. 23. pág. ao lado, fotografia desde a cozinha da Maison Latapie, mostrando a parede de separação entre a estufa e a casa. Caixilharia em madeira

fig. 24. fotografia dentro da estufa. Total permeabilidade com o jardim

fig. 25. composição de duas fotografias da Maison Serre, diurna e noturna



fig. 26. fotografia do interior



3.3 A ESTUFA COMO CASA

MAISON SERRE, JOURDA & PERRAUDIN



Se a tipologia anterior se tratava do prolongamento do exterior para dentro da casa, esta tipologia trata-se da apropriação da estufa diretamente como espaço doméstico. As zonas de solário e de casa estão diluídas num só espaço. Neste caso, a estufa é, na sua forma pura, a própria casa, sendo o comportamento térmico do espaço doméstico diretamente o comportamento de uma estufa.

Esta tipologia é ousada, podendo muito facilmente estar associada a sobreaquecimentos, como sucedeu com o Palácio de Cristal em Londres. Contudo, não deixa de ser uma proposta engenhosa do doméstico quando desenhada de forma prudente. Apesar dos notáveis ganhos energéticos, é fulcral incorporar estratégias de proteção contra as variações do clima, tendo em conta as fragilidades implicadas pela estufa.

Observando a Maison Serre dos arquitetos Jourda & Perraudin, uma casa-estufa de 1984 situada em Lyon, podemos reconhecer as diversas atitudes tomadas por eles em busca do conforto. Este projeto é um excelente caso de estudo pelo facto de se tratar literalmente de uma estufa hortícola comprada de catálogo e construída pelo fornecedor em 3 dias[94]. Os arquitetos transformaram uma estrutura industrial destinada ao cultivo de plantas num espaço doméstico.

> Criar um habitat em relação com o meio ambiente, naturalmente ventilado, capaz de capturar o sol, bem como de se proteger dele, foi uma das nossas preocupações desde o início; e estas qualidades caracterizam as estufas.[95]

94 DARMON, Oliver - Serre et habitat. in Archi Pas Chere. França: Editions Ouest-France, 2012, p.17

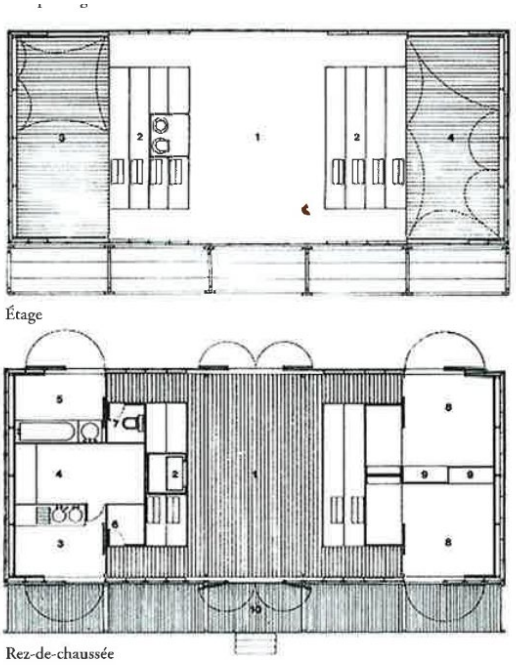
95 Gilles Perraudin in *idem,* p.12

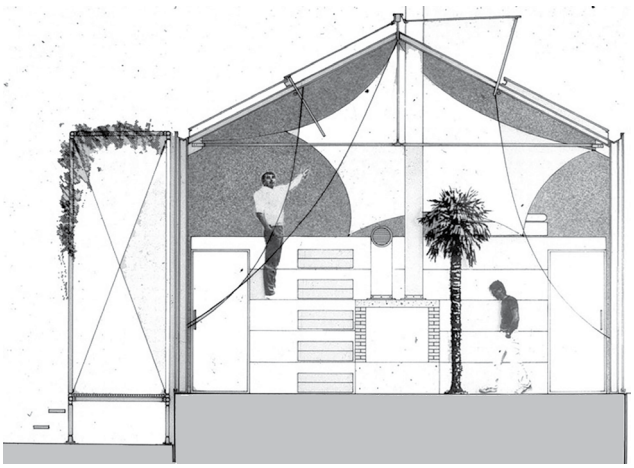
fig. 27. plantas dos pisos inferior e superior da Maison Serre.

fig. 28. corte transversal pela Maison Serre. Representação da pérgola vegetal, das telas de sombreamento, da abertura na cobertura e da sub-estrutura de madeira com degraus que forma uma zona em *mezzanine*

fig. 29. em baixo à esquerda, esquema da ventilação cruzada e uso de sombreamento (pérgola, painéis interiores na cobertura, lonas removíveis e pintura branca) como estratégias para impedir o sobreaquecimento.

fig. 30. em baixo à direita, esquema da irradiação do calor durante a noite, através da inércia térmica da subestrutura de madeira e dos painéis agregados ao vidro.





Ilustrações da autora: tinta a óleo sobre papel artesanal





De modo a garantir a privacidade e proteção de alguns espaços, como dos quartos e casa de banho, os arquitetos construíram uma 'casa de madeira' dentro da 'casa de vidro'. Termicamente mais eficiente que o volume da estufa, a casa de madeira cria um espaço mais acolhedor que pode ser facilmente aquecido durante a estação fria.

> Este dispositivo surgiu na sequência de vários trabalhos anteriores baseados na criação de um microclima, um conceito derivado de uma arquitetura tradicional, que consiste em criar envelopes sucessivos a fim de evitar o sobreaquecimento. É este princípio de 'casa dentro de casa' que subsequentemente aplicámos em grande escala na Alemanha.[96]

Vários dispositivos compensam a baixa inércia do edifício e melhoram o seu comportamento térmico. Tendo em conta que a cobertura é a parte por onde se dão as maiores perdas de calor por irradiação durante a noite, alguns tramos da cobertura foram protegidos interiormente com placas de poliestireno (ver fig. 26 e 32). Este isolamento prolonga-se para as fachadas principais, protegendo parcialmente a estufa através do revestimento interno de cerca de 50% das superfícies envidraçadas.

Relativamente ao sombreamento, neste projeto utilizam-se sistemas fixos e móveis. Os painéis de isolamento apresentam-se como sistema fixo, ao passo que a aplicação de tinta branca nos planos de vidro da cobertura e as telas interiores removíveis constituem a proteção solar móvel. Através deste sistema, dá-se um equilíbrio entre o opaco/transparente e o fixo/flexível, numa atitude diligente tendo em conta a estrutura de estufa escolhida para a casa.

Relativamente à ventilação, a Maison Serre recorreu à ventilação cruzada com aberturas ao nível do piso térreo e outras superiores, contribuindo também para o controlo da humidade relativa do ar.

Por fim, acrescentaram uma pérgola na fachada sul com vegetação entrelaçada na sua estrutura metálica, como mais um dispositivo regulador de conforto. Todas as medidas adotadas neste projeto são de elevada pertinência pelo facto de esta tipologia fazer da casa o próprio dispositivo bioclimático.

96 DARMON, Oliver - Serre et habitat. in Archi Pas Chere. França: Editions Ouest-France, 2012, p.14

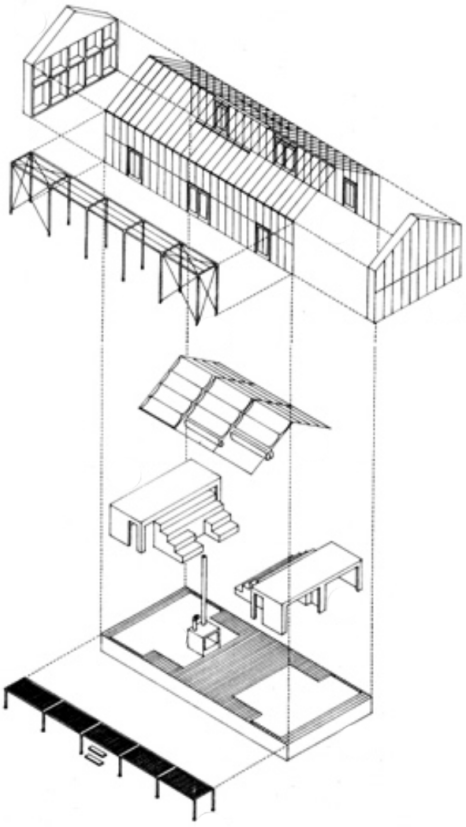
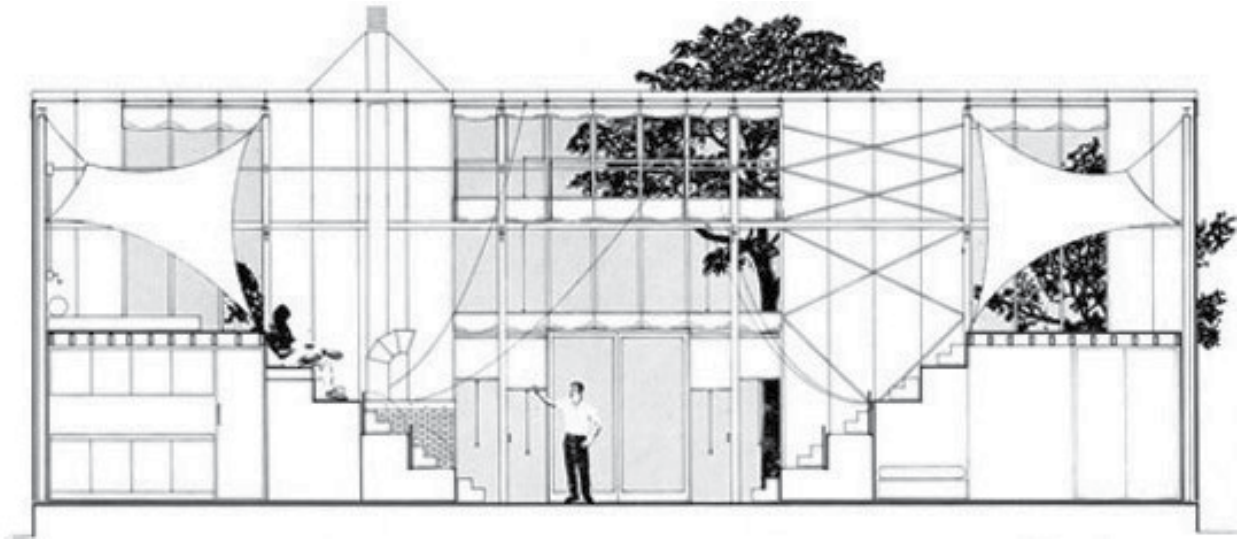


fig. 31. axonometria da estrutura da Masion Serre

fig. 32. fotografia do interior da cobertura

fig. 33. corte longitudinal





> [...] o edifício é equipado, mas não modificado, e é utilizado tal como é apresentado no catálogo da empresa, sem que seja necessário qualquer equipamento técnico para assegurar o seu bom funcionamento na sua nova utilização como casa privada. [...] O projeto reflete também uma reflexão sobre o espaço e a sua utilização, bem como sobre a economia ou o faseamento do trabalho adaptado às restrições orçamentais do cliente.[97]

Em suma, a estufa como casa é uma tipologia suscetível a temperaturas extremas, devido à sua permeabilidade, transparência e ligeireza. Não é aconselhável explorar esta forma de espaço doméstico em zonas de climas extremos, onde haja verões extremamente quentes ou invernos constantemente escuros. O clima ideal para esta tipologia seria em zonas frias a temperadas, onde haja a necessidade de aquecimento ao longo da maior parte do ano e, para isso, se possa tirar proveito da energia do sol, como é o caso do clima de Lyon, onde se situa este projeto - a temperatura média máxima no Verão alcança apenas os 27ºC, enquanto no Inverno, a máxima alcança os 6ºC.

97 DARMON, Oliver - Serre et habitat. in Archi Pas Chere. França: Editions Ouest-France, 2012, p.16



"Quando estão dentro de casa, os móveis de jardim contribuem para suavizar as diferenças entre a casa e o exterior e [...] dotam os interiores domésticos de uma atmosfera ambígua."

in MONTEYS, X. - La Casa como Jardín, pp.114-116

fig. 34. fotografia da Maison Serre. A apropriação doméstica da mobília de jardim



CONSIDERAÇÕES FINAIS

O JARDIM DE INVERNO E A SUA REPRODUTIBILIDADE

A captação solar encarada não só através da máxima superfície transparente que a estufa representa, mas também expressa numa arquitetura monolítica, atravessando a massa pelos seus negativos e incidente na opacidade.

fig. 1. Sun in an Empty Room, 1963
Edward Hopper (1882-1967)



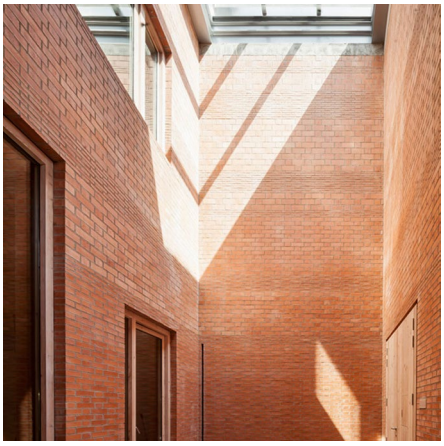














Considera-se que o jardim de inverno pode ser encarado como um dispositivo arquitetónico, gradualmente transformador, onde se reconhecem aprendizagens e evolução das noções bioclimáticas. As considerações finais que rematam este trabalho decorrem deste pressuposto e apoiam-se também nos tópicos debatidos na entrevista ao arquiteto Xavier Ros (Harquitectes).

No âmbito da casa, muitos espaços podem adotar os princípios climáticos do jardim de inverno através do uso de materiais translúcidos, da adequada orientação e captação solar. Estes espaços podem manifestar-se na forma de salas envidraçadas, galerias, pátios cobertos e eventualmente, integrar elementos com grande massa térmica de modo a conter o máximo da energia captada e devolvê-la à casa posteriormente. Independentemente da forma adotada, a eficácia provém da adaptação ao clima do lugar e da flexibilidade dos dispositivos que conformem este espaço para evitar sobreaquecimentos, como por exemplo, a possibilidade de abrir ou remover panos de vidro ou de sombrear.

Estes dispositivos não podem ser apelidados de estufa, mas podem ser considerados *espaços-solário* pela sua transparência, pela interface entre a envolvente e a casa e pelo seu impacto térmico. O seu caráter espacial origina um lugar distinto no espaço no doméstico, passível de transformar a dinâmica vivida não só ao nível dos hábitos, mas também sazonalmente, em consonância com a envolvente.

Deparamo-nos agora com algumas obras contemporâneas que evidenciam a plasticidade e operatividade desta estratégia passiva, integrando-a num contexto tipológico, conforme se pode interpretar nas palavras de Rafael Moneo no texto citado ao lado. Tal como já foi referido, não se trata do recurso à estufa na sua forma pura, dentro dos critérios de classificação usados, como se pôde analisar nos casos de estudo anteriores. Os seguintes projetos representam soluções híbridas que deixam em aberto a apropriação da estufa pelo espaço doméstico como meio para oferecer maior conforto à habitação, através de iluminação, ventilação, ganho térmico e versatilidade espacial e programática.

Rafael Moneo evoca o ensaio de Walter Benjamin *A obra de arte na era da sua reprodutibilidade técnica* (1936) ao afirmar que a arquitetura é feita para ser repetida, expondo que "a essência do objecto arquitectónico reside na sua reprodutibilidade." Neste sentido, associa-lhe uma tipificação implícita, explicando que 'tipo' pode ser definido "como o conceito que descreve um grupo de objectos caracterizados pelas mesmas estruturas formais."

MONEO, R. - On Typology. in Oppositions 13 : A Journal for ideas and criticism in architecture pp.23-44

fig. 2-9

Em cima, solário da casa em Dordogne
Lacaton & Vassal, 1997

No meio, galeria da casa 1105
Harquitectes, 2014

No meio, galeria da casa A-S
Harquitectes, 2017

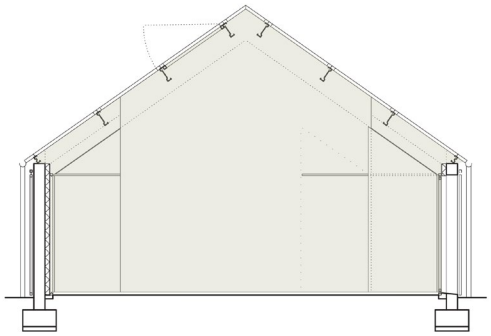
Em baixo, pátio da casa 1014
Harquitectes, 2014

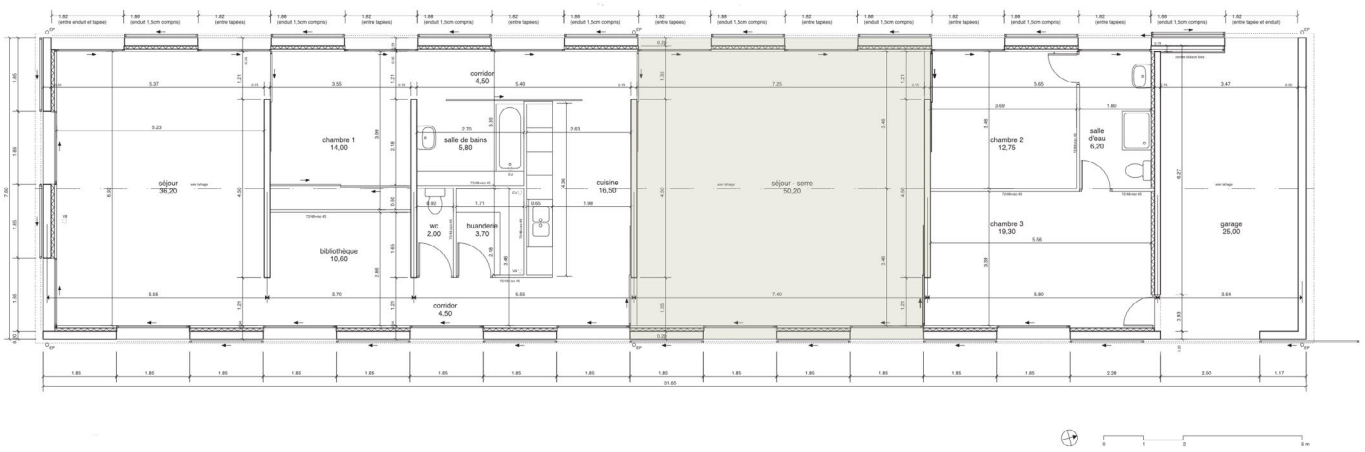
fig. 10. corte transversal pela *sala-solário* da casa em Dordogne

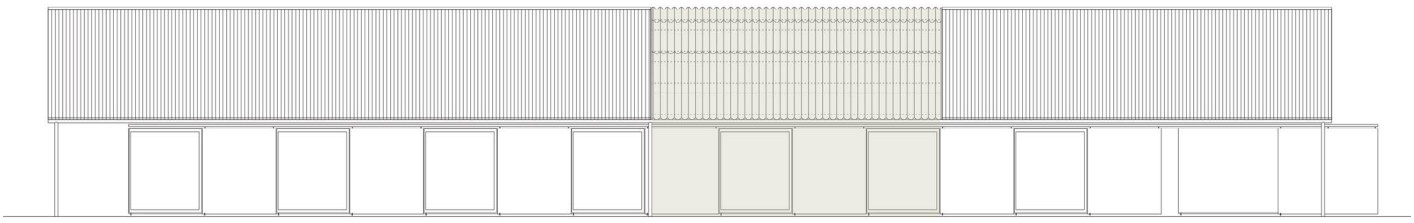
fig. 11. em baixo, planta da casa e alçado este da casa

fig. 12. pág. ao lado, implantação

fig. 13. pág. ao lado, fotografia da casa desde a rua

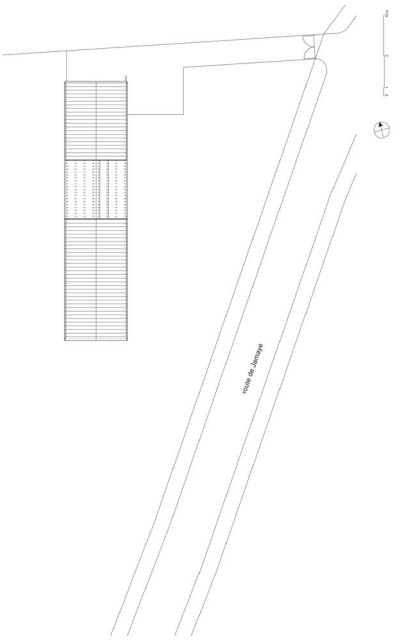






> Em termos de conforto, a forma como se pode relacionar com o clima em diferentes contextos, situações e países é muito importante. Isto é conseguido dando aos utilizadores a possibilidade de manipular o clima através de meios simples tais como janelas deslizantes, cortinas ou estufas. A manipulação destas membranas produz diferentes geometrias e geografias na casa, o que permite que seja utilizada de forma diversificada durante as estações do ano. Estamos interessados na relação entre cada um destes terrenos com o exterior e com o clima, e na possibilidade da sua adaptação a diferentes situações e climas para encontrar um clima interior.[98]

Neste projeto, Lacaton & Vassal diluíram a estufa ao criarem uma sala bioclimática no próprio volume da casa que capta a radiação solar pela cobertura.



Pode-se comprovar observando que o sistema construtivo é igual em todo o projeto (fig 11), continuando nas fachadas da *sala-solário* os mesmos vãos e composição de paredes que são constituídas por duplo painel *sandwich* com isolamento incorporado e um acabamento em madeira de bétula.

A cobertura translúcida é a única variação, dispondo de aberturas reguláveis para ventilar, de modo a oferecer um clima agradável ao longo de todo o ano[99]. Esta não integra sombreamento, existindo apenas nos vãos através de painéis de alumínio deslizantes. As amplas janelas de correr permitem uma forte ventilação cruzada e conexão com a envolvente.

98 Jean Philippe Vassal, in CECILIA, Fernando M.; LEVENE, Richard - El Croquis 177/178. Lacaton & Vassal 1993-2015: Horizonte post-mediático. Madrid: El Croquis, 2015, p.20

99 *idem*, p.61



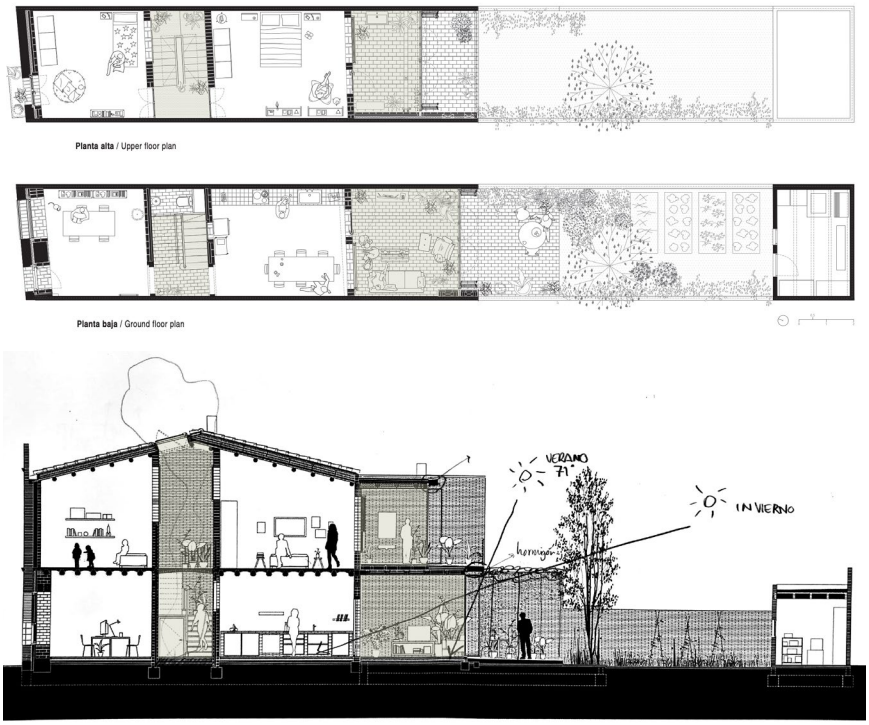
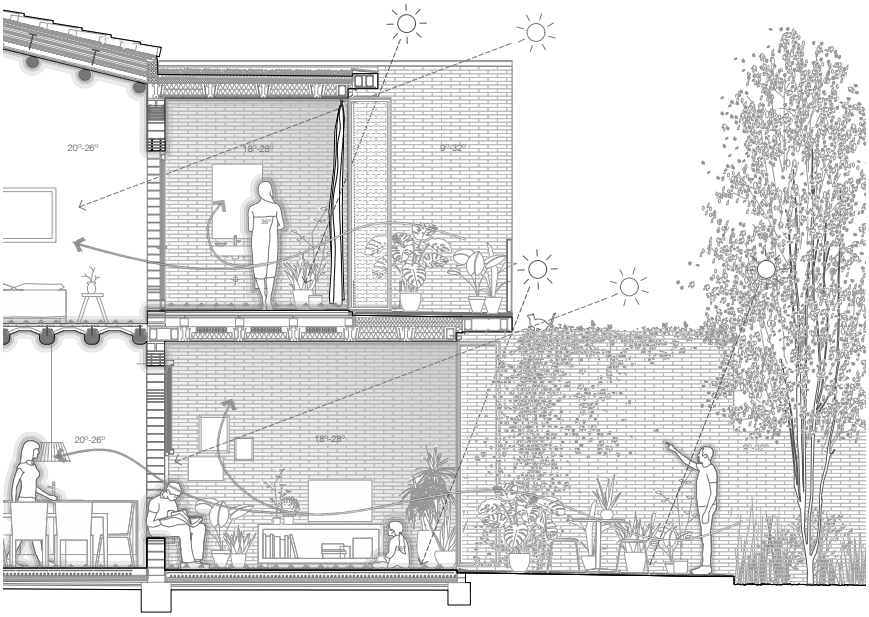


fig. 14. plantas do piso inferior e superior da casa A-S

fig. 15. corte longitudinal, com anotações realizadas durante a entrevista

fig. 16. secção pelas galerias da casa A-S, esquema bioclimático fornecido pelo arquiteto

fig. 17. pág. ao lado, fotografia da galeria no piso superior da casa A-S



Na casa A-S, a **transformação do doméstico** conduzida pelo espaço intermédio entre interior e exterior foi acentuada e arrojada. Os arquitetos colocaram o chuveiro no alpendre-galeria pertencente à suite principal. Não só se trata de uma zona de banho que pode ser exterior, ao abrir toda a frente de vidro voltada para o jardim, como também é o único duche da casa. O impacto na vida doméstica é vincado pela posição inconvencional desta zona de banho, que retira a condição privada do quarto principal. O arquiteto afirma que, no final, as pessoas coordenam-se e acabam por mudar os seus hábitos de modo a adaptarem-se ao que a casa lhes proporciona.

in Xavier Ros (Harquitectes), em entrevista à autora

A ideia de captação solar é muito anterior à estufa, tal como foi exposto ao longo deste trabalho. Um dos espaços onde sempre esteve presente nas casas é na galeria envidraçada ou *marquise*, que faz parte da tradição mediterrânea, muito evidente em Barcelona.

As fachadas frontais dos quarteirões do Ensanche de Barcelona (1860) são constituídas por tijolo maciço e os seus respetivos vãos, ao passo que as fachadas posteriores se manifestam regularmente em galeria. São um espaço transitório entre o interior e o exterior contínuo à casa, que altera a atmosfera das salas que lhes são contíguas.[100]

Os Harquitectes, ao criarem esta espécie de máquina térmica nos seus projetos, no seguimento de um desenho bioclimático e procura de maior eficiência energética, relacionam-no tanto com esta tradição da galeria como com a prática de Lacaton & Vassal e a apropriação do conceito de espaço extra[101]. Este conceito, por sua vez, decorre da evolução da apropriação da estufa, como foi evidenciado no capítulo anterior dedicado às matrizes contemporâneas.

"Para nós, uma galeria é um espaço que está coberto de massa e aberto de um lado. Não tem tanto a ver com a profundidade do espaço. É como uma *loggia*, ou um alpendre, mas com a possibilidade de ser fechado com vidro e é a isso que chamamos de galeria. Um espaço coberto, em contacto com o exterior e fechado com vidro."

in Xavier Ros (Harquitectes), em entrevista à autora

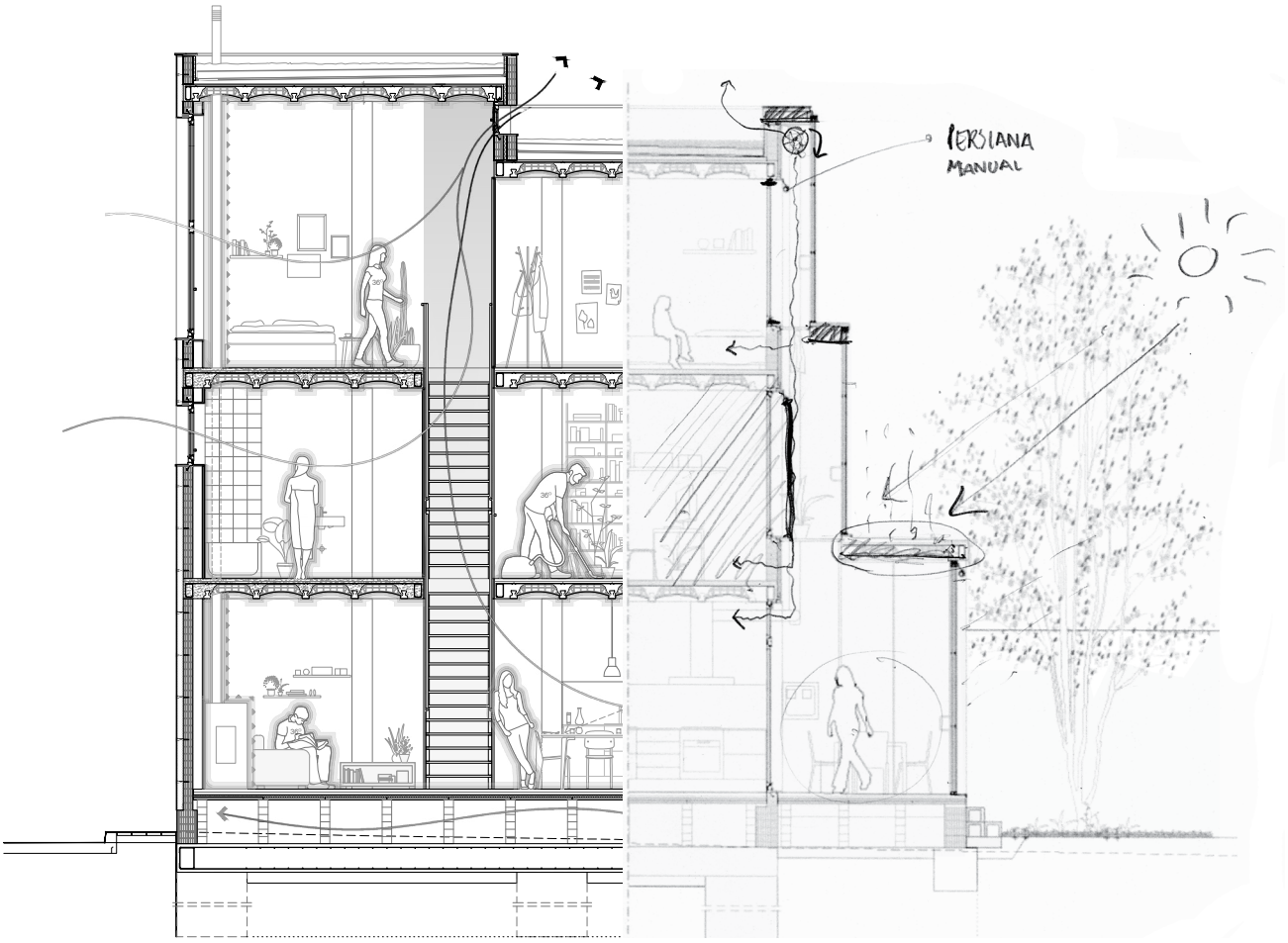
100 Embora a origem deste espaço seja anterior ao Ensanche de Cerdá, podendo ser encontrado na cidade velha, é o plano de reforma da cidade de Barcelona que traz a aplicação sistemática da galeria. A sua profundidade varia entre 1 e 2 m e é normalmente constituído por uma guarda de ferro, muitas vezes complementado com carpintaria de madeira que é acoplada aos suportes verticais de ferro fundido. in ROBERT, Jorge Vila - La Casa Original del Ensanche de Barcelona: 1860-1865 - los parámetros formales y métricos de la unidad residencial de la manzana de Cerdá. Barcelona: ETSAB, 1989, p.117

101 Xavier Ros (Harquitectes), em entrevista à autora [ver anexo com a transcrição integral]



Os arquitetos decidiram fazer este dispositivo bioclimático de captação solar direta apenas no plano vertical, sendo por isso os planos horizontais maciços. Estas escolhas tiveram como base o orçamento do projeto e o clima de Barcelona. Uma cobertura de policarbonato, além de gerar ruído com a chuva, seria uma solução menos económica e que não bloquearia a entrada dos raios solares no Verão.

fig. 18. corte longitudinal da casa 1105, Barcelona. Junção do esquema bioclimático fornecido pelo arquiteto e do corte com as anotações realizadas durante a entrevista



Na casa 1105, dos mesmos arquitetos catalães, também foi incorporado um espaço transitório e de captação solar, que liga a casa ao jardim numa ideia diretamente análoga à tradição de galeria. O arquiteto Xavier Ros comenta que esta tradição "provém da necessidade intemporal de se relacionar com o exterior através de uma linha mais grossa do que uma fachada" e que, apesar de nas casas A-S, 1105 e 1014 haver mais influência da tradição mediterrânea do que das estruturas de produção agrícola, "no final de contas, tudo se mistura, são linhas que se cruzam, se separam e se juntam."[102]

> A nossa intenção [para a casa 1105] foi fazer uma ferramenta climática que, neste caso, basicamente só a acrescentas à casa para poupar energia e gerar conforto de uma forma natural e que, além do mais, é habitável - é por isso que lhe chamamos de galeria. Não se trata apenas de um instrumento, mas também de um espaço, como na Casa Latapie.[103]

102 Xavier Ros (Harquitectes), em entrevista à autora [ver anexo com a transcrição integral]

103 *ibidem*





fig. 19-20. "a galeria como um espaço sobreposto e complementar à fachada"

O *Upper Lawn Pavilion* faz parte da tradição das salas de jardim envidraçadas, que está profundamente enraizada em Inglaterra, por um lado devido ao seu clima e por outro, devido às técnicas de construção desenvolvidas nas grandes estufas do séc. XIX.

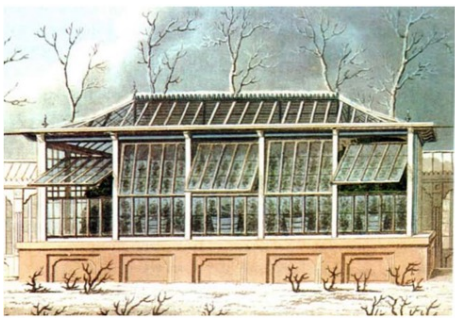
in GARCÍA, A. - El jardín de los Smithson, p.141

fig. 21. por ordem,

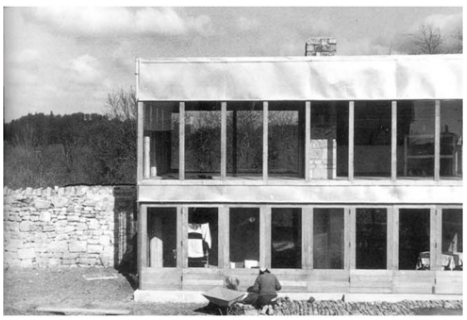
Projecto para o Royal Pavilion em Brighton, 1805, de Humphry Repton (no seu modo de Inverno. No Verão o vidro seria removido)

Maison Serre, Lyon 1984, Jourda & Perraudin

Upper Lawn Pavilion, Wiltshire 1962, Alison & Peter Smithson







À semelhança da época vitoriana (ver citação na página anterior), o *Upper Lawn Pavilion* (1962) consiste numa estrutura envidraçada integrada num jardim, com o propósito de proporcionar um clima adequado para a vida não de plantas, mas da família Smithson. Apresenta-se como uma *casa-solário* e, por este motivo, integra-se no discurso de apropriação híbrida do espaço tradicional de estufa.

Apesar de não se terem dedicado diretamente à integração da estufa no espaço doméstico como Lacaton & Vassal ou Jourda & Perraudin, a prática arquitetónica dos Smithson denuncia uma contínua preocupação pelo clima e adaptação ao lugar, sendo este um caso interessante de dispositivo bioclimático que contém o espaço doméstico.

Trata-se de uma estrutura com uma laje de betão e um invólucro envidraçado com caixilhos de madeira. O lado voltado a Norte é a única frente com inércia térmica integrando o muro de pedra existente. O seu interior foi deixado praticamente vazio para que o piso inferior fosse destinado a um uso polivalente de zona comum, em constante relação com o exterior.

> O projeto [...] possibilita uma interpretação alternativa, pode-se até dizer primitiva, das normas de conforto que guiavam a maior parte da arquitetura doméstica da época. O invólucro envidraçado destinava-se a captar ganhos úteis de calor e as detalhadas janelas deslizantes do piso térreo permitiam de forma astuta a fácil extensão do espaço.[104]

Consiste num pavilhão de energia solar primitivo, sendo por isso que os arquitetos simplesmente o apelidavam de *Solar Pavilion*. "Mesmo com as deficiências do vidro único, a casa captaria ganhos solares úteis no Inverno [...]. Os Smithson usavam termos como 'aceitação solar' e 'contenção de energia' para descrever a génese ambiental da sua arquitetura."[105] Com efeito, o seu objetivo era trabalhar a arquitetura sempre com atenção ao clima, permitindo vivê-la mesmo que o ar-condicionado deixasse de funcionar.

104 HAWKES, Dean - Paper No: 151 The Architecture of Climate: Studies in environmental history, Smythson and the Smithsons. PLEA 2008 – 25th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Dublin. University of Cambridge, 2008, p.5

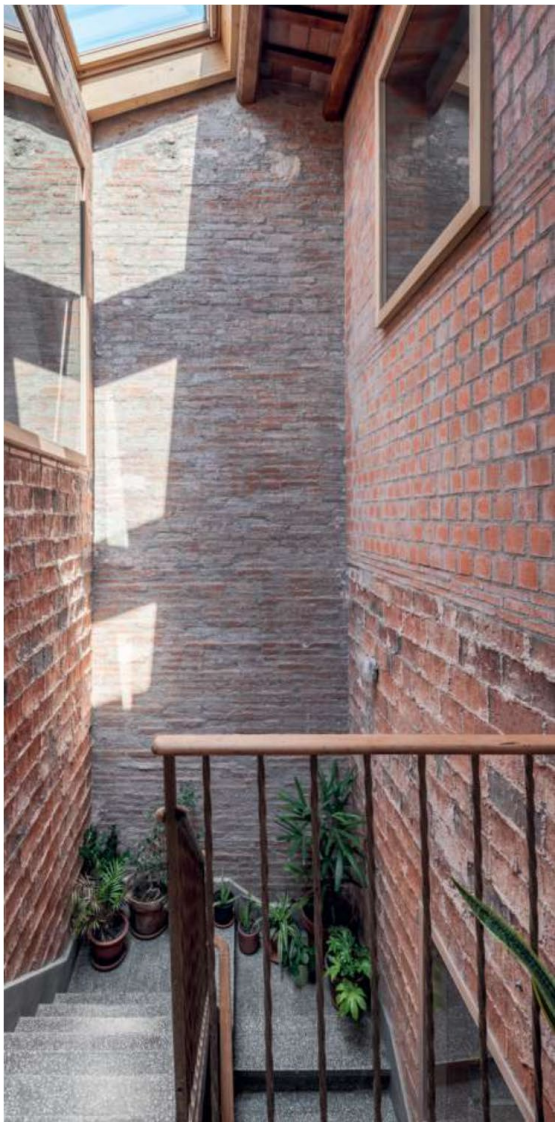
105 *ibidem*

fig. 22. ao lado, corredor do *Wayland Young Pavilion,* Alison & Peter Smithson, com a cobertura envidraçada fechada e aberta

fig. 23. em baixo, pátio da escada da casa A-S, Harquitectes

fig. 24. em baixo à direita, pátio poente da casa 1014, Harquitectes







O último exemplo abordado corresponde ao pátio coberto, que se apresenta como *espaço-solário* resultante do processo de reprodutibilidade do jardim de inverno. A diferença fundamental entre este espaço e uma estufa é a capacidade de retenção térmica. O pátio supõe um perímetro encerrado e as suas paredes podem conter materiais com elevada inércia térmica que irradiem posteriormente o calor armazenado.[106]

O projeto *Wayland Young Pavilion* do casal Smithson consistiu num pavilhão adjacente a uma casa do séc. XIX em Bayswater, Londres (1962). Os arquitetos mais uma vez recorreram ao muro existente da propriedade, separando o novo volume da casa preexistente, numa desconexão propositada para gerar um novo ambiente[107]. Isto originou um corredor entre o muro e o pavilhão, que fez a ligação dos espaços e foi coberto com vidro móvel em toda a sua extensão. O seu desenho integrou uma árvore preexistente e, ainda, manteve a parede de alvenaria que o conforma exposta, sem revestimento, como presença direta da história do local.

Tendo em conta a prática dos Harquitectes, é irrefutável a semelhança deste simples corredor dos Smithson com os pátios dos arquitetos catalães. Não só em termos do uso do material exposto, cru, como grande massa de armazenamento térmica, mas também pela transformação do caráter espacial de uma zona de distribuição comum. Nas casas 1014 e A-S, os arquitetos projetaram 3 pátios como espaços intermédios que rompem com a interioridade através da sua cobertura transparente. À semelhança do corredor dos Smithson, mediante a possibilidade da abertura do vidro, transformaram os espaços, dando-lhes ar de exterior e o testemunho da transformação sazonal da vegetação que contêm.

Há dispositivos que por eles próprios não alteram o espaço e a sua experiência, apenas regulam o clima, como por exemplo, a entrada de vento ao abrir uma janela. Porém, há outros que conseguem redefinir e transformar o espaço através do seu movimento.[108] A transparência utilizada como ferramenta bioclimática em todas estas obras, independentemente da sua posição vertical ou horizontal, transforma o respetivo espaço, tornando-o num dispositivo espacial de regulação térmica impactante no espaço doméstico.

Este trabalho centrou-se num objeto espacial específico - o jardim de inverno- contudo, pretende expor o uso da estufa como representação de um posicionamento incentivador de novas abordagens no desenho com base em estratégias passivas.

106 Xavier Ros (Harquitectes), em entrevista à autora [ver anexo com a transcrição integral]

107 PIETROGRANDE, Enrico; MAAHSEN-MILAN, Andreina - Considerations on the unfinished as the outcome of architectural restoration projects. Istambul: 5th International Conference on New Trends in Architecture and Interior Design, ICNTAD Secretariat, 2019, p.237.

108 HARQUITECTES - Harquitectes, textos y conversaciones. Barcelona: Puente editores, 2022 p.121

"Como observa Richard Weston [em Materials, Form and Architecture, 2003] 'toda a arquitectura digna desse nome incorpora uma visão de um modo de viver' e o desafio é materializar essa visão através da construção sustentável."

in EDWARDS, B. - Rough Guide to Sustainability, a design primer, p.17

FONTES BIBLIOGRÁFICAS

ADDIS, Bill - The Crystal Palace and its Place in Structural History. in International Journal of Space Structures. 21, 2006, pp. 3-19. DOI: 10.1260/026635106777641199.

ALEXANDER, Catherine - The garden as occasional domestic space. in Signs, the journal of women, culture and society, 27(3), pp. 467-485. Chicago: University of Chicago Press, 2002, pp. 467-485. DOI: 10.1086/337930.

ALLEN, Edward - How buildings work: the natural order of architecture. Nova Iorque: Oxford University Press, 2005. ISBN-13:978-0-19-516198-4.

BAKER, Nick; STEEMERS, Koen - Energy and Environment in Architecture: A Technical Design Guide. Londres: E & FN Spon, 2005. ISBN 0-203-27728-7.

BEALE, Catherine - A Forgotten Greenhouse by Joseph Paxton: The Conservatory at Hampton Court, Herefordshire. in Garden History, 30 (1), Londres: The Garden History Society, 2002. pp. 74–83, https://doi.org/10.2307/1587327

BERLYN, Peter; FOWLER, Charles - The Crystal Palace, its architectural history and constructive marvels. Londres: J. Gilbert, 1851. https://archive.org/details/crystalpalaceits00berl/page/34/mode/2up

BUTTI, Ken; PERLIN, John - A Golden Thread: 2500 Years of Solar Architecture and Technology. Palo Alto, California: Cheshire Books, 1980. ISBN 0-917352-07-6.

CECILIA, Fernando M.; LEVENE, Richard - El Croquis 177/178. Lacaton & Vassal 1993-2015: Horizonte post-mediático. Madrid: El Croquis, 2015. ISBN 978-84-88386-84-7.

CECILIA, Fernando M.; LEVENE, Richard - El Croquis 203. Harquitectes 2010-2020: Learning To Live In A Different Way. Madrid: El Croquis, 2020. ISBN 978-8412003451.

COLLINS, Bradley - Manet's "In the Conservatory" and "Chez le Père Lathuille". in Art Journal, 45(1). Nova Iorque: CAA, 1985, pp. 59–66. https://doi.org/10.2307/776876.

DARMON, Oliver - Serre et habitat. in Archi Pas Chere. França: Editions Ouest-France, 2012. ISBN 978-2-7373-5709-1. https://lacatonvassal.com/data/documents/20190114-16430513_SerreEtHabitat-compressed.pdf

EDWARDS, Brian - Rough Guide to Sustainability, a design primer. Londres: RIBA Publishing, 2014. ISBN 9781859465073.

ETEGHAD, Ali; *et al.* - Re-visiting performance-based design in pursuance of passive techniques manifested in Thomas Herzog's architecture, 2015. ACE. 10.5821/ace.9.27.2667.

FLEMING, John; HONOUR, Hugh; PEVSNER, Nikolaus - The Penguin Dictionary of Architecture and Landscape Architecture. Londres: Penguin Books, 1999. ISBN-13: 978-0-140-51323-3.

GARCÍA, Ana - El jardín de los Smithson. in Cuaderno de Notas, 18. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2017. pp. 125-147. DOI:10.20868/cn.2017.3603.

GONÇALVES, Helder; GRAÇA, João - Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal. Lisboa: DGGE / Ip-3E, 2004. ISBN 972-8268-34-3.

GONZÁLEZ, F. Javier - Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible. Madrid: Editorial Munilla-lería, 2004. ISBN-84-89150-64-8.

GONZÁLEZ, F. Javier; FRUTOS, César - Técnicas arquitectónicas y constructivas de acondicionamento ambiental. Madrid: Munilla-Lería, 1997. ISBN 10: 8489150206.

GOULDING, John; LEWIS, J. Owen; STEEMERS, Theo - Energy Conscious Design: a primer for architects. Londres: Batsford, for the Commission of the European Communities, 1992. ISBN 0713469196

GUTIÉRREZ, Rosa; HIDALGO, Laura - Elements of Sustainable Architecture. Nova Iorque: Routledge, 2020. ISBN 978-1-351-25644-5.

HARQUITECTES - Harquitectes, textos y conversaciones. Barcelona: Puente editores, 2022. ISBN:978-84-124287-4-2.

HAWKES, Dean - Paper No: 151 The Architecture of Climate: Studies in environmental history, Smythson and the Smithsons. PLEA 2008 – 25th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Dublin. University of Cambridge, 2008

HERZOG, Thomas; KAISER, Norbert; VOLZ, Michael - Solar Energy in Architecture and Urban Planning. Munique: Prestel Publishing, 1999, ISBN-10: 3791316524.

HIRS, Jiri; MAURER OVÁ, Lenka - Villa Tugendhat as a Technical Monument -Elements of Passive Solar Architecture. in GSTF Journal of Engineering Technology 3(1), 2014. DOI: 10.7603/s40707-014-0003-5.

HUSSEY, Christopher - The picturesque; studies in a point of view, 2nd edition - New Impression. London: Archon Books,1967, https://archive.org/details/picturesquestudi0000huss/page/14/mode/2up

J.A.W. - Art II: Of the Analogy between Plants and Animals. in Gardener's Magazine, 14 (102), Londres, 1838. https://www.biodiversitylibrary.org/item/67200#page/435/mode/1up

LOUDON, John. Claudius - The green-house companion. Londres: Whittaker, Treacher,andco.,1832.https://archive.org/details/greenhousecompan00loud/page/n7/mode/2up

MCKEAN, John - Joseph Paxton: Crystal Palace, London 1851. in DUNLOP, Beth; HECTOR, Denis. - Lost Masterpieces. London: Phaidon, 1999. ISBN 0-7148-3872-1.

MOITA, Francisco - Energia Solar Passiva. Lisboa: Argumentum, 2010. ISBN 978-972-8479-73-2

MONEO, Rafael - On Typology. in EISENMAN, Peter; et al. [Editores] - Oppositions 13: A Journal for ideas and criticism in architecture, Summer 1978. Estados Unidos da América: The Institute for Architecture and Urban Studies e MIT Press, 1979. ISSN 0094-5676. pp.22-44

MONTEYS, Xavier - La Casa como Jardín. Barcelona: Gustavo Gili, 2021, ISBN 9788425232411.

OLGYAY, Victor - Arquitectura Y Clima: Manual De Diseño Bioclimático Para Arquitectos Y Urbanistas. Barcelona: Gustavo Gili, 1998. ISBN 84-252-1488-2.

PEVSNER, Nikolaus - The picturesque in architecture. in The Journal of The Royal Institute of British Architects, 54, Londres: RIBA, 1947, pp.55-61. http://appliedmapping.fiu.edu/readings/pevsner.pdf

PIETROGRANDE, Enrico; MAAHSEN-MILAN, Andreina - Considerations on the unfinished as the outcome of architectural restoration projects. Istambul: 5th International Conference on New Trends in Architecture and Interior Design, ICNTAD Secretariat, 2019. ISBN: 978-605-66506-7-3.

ROBERT, Jorge Vila - La Casa Original del Ensanche de Barcelona: 1860-1865 - los parámetros formales y métricos de la unidad residencial de la manzana de Cerdá. Barcelona: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona, 1989, Tesis Doctoral

SCHEERBART, Paul - Glasarchitektur. Berlim: Verlag der Sturm,1914. https://designmanifestos.org/paul-scheerbart-glass-architecture/ [consultado a 15.08.2022]

SCHOENEFELDT, Henrik - Adapting Glasshouses for Human Use: Environmental Experimentation in Paxton's Designs for the 1851 Great Exhibition Building and the Crystal Palace, Sydenham. in Architectural History, 54, SAHGB Publications Limited, 2011, pp. 233–73. http://www.jstor.org/stable/41418354

SCHOENEFELDT, Henrik - The Crystal Palace, environmentally considered. Research Quaterly, 12 (3-4), 2008. ISSN 1359-1355. pp.283 -294

STEELE, Fletcher - Design in the Little Garden. Boston: Atlantic Monthly Press, 1924

TEYSSOT, Georges - Da Teoria de Arquitectura: doze ensaios. Coimbra: Edições 70 e e|d|arq Editorial do Departamento de Arquitectura da FCTUC, 2010. ISBN 978-972-44-1615-1.

VALEN, Dustin - On the Horticultural Origins of Victorian Glasshouse Culture. in Journal of the Society of Architectural Historians, 75(4), 2016, pp. 403–423. https://www.jstor.org/stable/26418938

WASSOUF, Micheel - Da casa passiva à norma Passivhaus: A arquitetura passiva em climas quentes. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2014. ISBN 9788425224522.

REFERÊNCIAS ICONOGRÁFICAS

I | DA CRIAÇÃO DE PLANTAS A UM ESTILO DE VIDA

NOTAS PARA UMA HISTÓRIA ARQUITETÓNICA DA ESTUFA

fig. 1. VALEN, Dustin - On the Horticultural Origins of Victorian Glasshouse Culture. in Journal of the Society of Architectural Historians, 75(4), 2016, pp. 403–423. https://www.jstor.org/stable/26418938, p.407

fig. 2. http://www.artnet.com/artists/olga-wisinger-florian/sonniger-wintergarten-mit-papagei-HvOvlVvngddXYz0BtYVUog2

fig. 3-4. Bruegmann, Robert - Central Heating and Forced Ventilation: Origins and Effects on Architectural Design. Journal of the Society of Architectural Historians, 37(3), 1978, pp.143–160. https://doi.org/10.2307/989206, p. 145 e p. 158

fig. 5. https://en.wikisource.org/wiki/The_Crystal_Palace

fig. 6-10. BUTTI, Ken; PERLIN, John - A Golden Thread: 2500 Years of Solar Architecture and Technology. Palo Alto, California: Cheshire Books, 1980, pp.43-50

fig. 11. VALEN, Dustin - On the Horticultural Origins of Victorian Glasshouse Culture. in Journal of the Society of Architectural Historians, 75(4), 2016, pp. 403–423. https://www.jstor.org/stable/26418938, p.417

fig. 12. SCHOENEFELDT, Henrik - Adapting Glasshouses for Human Use: Environmental Experimentation in Paxton's Designs for the 1851 Great Exhibition Building and the Crystal Palace, Sydenham. Architectural History, 54, SAHGB Publications Limited, 2011. pp. 233–73. http://www.jstor.org/stable/41418354, p.247

fig. 13. https://twitter.com/kewgardens/status/656553116914065410

fig. 14. http://designhistorylab.com/sp2010dhl/adams/WebSite_NewHomePage.html

fig. 15. FLEMING, John; HONOUR, Hugh; PEVSNER, Nikolaus - The Penguin Dictionary of Architecture and Landscape Architecture. Londres: Penguin Books, 1999. ISBN-13: 978-0-140-51323-3, p. 354

fig. 16. https://en.wikisource.org/wiki/The_Crystal_Palace

fig. 17. https://www.semanticscholar.org/paper/The-Crystal-Palace-and-its-Place-in-Structural-Addis/ff14aac06e2a8cfa1982d061fe7c1dad9d030b97

fig. 18. MCKEAN, John - Joseph Paxton: Crystal Palace, London 1851. In DUNLOP, Beth; HECTOR, Denis. - Lost Masterpieces. London: Phaidon, 1999. ISBN 0-7148-3872-1.

fig. 19. https://en.wikisource.org/wiki/The_Crystal_Palace

fig. 20. ADDIS, Bill - The Crystal Palace and its Place in Structural History. International Journal of Space Structures. 21. p. 3-19, 2006. DOI: 10.1260/026635106777641199, p. 418

fig. 21. Historic England Archive FF91/00334 - https://heritagecalling.com/2021/11/29/picturing-the-crystal-palace/

fig. 22. BUTTI, Ken; PERLIN, John - A Golden Thread: 2500 Years of Solar Architecture and Technology. Palo Alto, California: Cheshire Books, 1980. ISBN 0-917352-07-6, p. 51

fig. 23. LOUDON, John. Claudius - The green-house companion. Londres: Whittaker, Treacher, and co., 1832. https://archive.org/details/greenhouse-compan00loud/page/n7/mode/2up, p. 5

fig. 24-26. BEALE, Catherine - A Forgotten Greenhouse by Joseph Paxton: The Conservatory at Hampton Court, Herefordshire. in Garden History, 30 (1), Londres: The Garden History Society, 2002. pp. 74–83, https://doi.org/10.2307/1587327

fig. 27. https://ofhouses.com/post/167578400205/491-sven-backstr%C3%B-6m-leif-reinius-villa

fig. 28. BUTTI, Ken; PERLIN, John - A Golden Thread: 2500 Years of Solar Architecture and Technology. Palo Alto, California: Cheshire Books, 1980. ISBN 0-917352-07-6, p. 53

fig. 29. www.revistacontratiempo.com.ar

fig. 30. https://ofcharacter.tumblr.com/post/190617520220/wintergarden-at-villa-tugendhat-mies-van-der

fig. 31. https://www.tumbral.com/tag/Villa%20Tugendhat

fig. 32-33. https://issuu.com/birkhauser.ch/docs/tugendhat_house_3_auflage_e_blick_ins_buch

fig. 34-35. https://www.urbipedia.org/hoja/Villa_Engkvist

fig. 36-37. https://ofhouses.com/post/167578400205/491-sven-backstr%C3%B6m-leif-reinius-villa

fig. 38-40. https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=wbw-004:1980:67::1241#349

fig. 41. https://www.pinterest.co.uk/ednap25/house-of-regensburg/

fig. 42. ETEGHAD, Ali; *et al.* - Re-visiting performance-based design in pursuance of passive techniques manifested in Thomas Herzog's architecture, 2015. ACE. 10.5821/ace.9.27.2667, p.53

II | A ESTUFA

fig. 1. https://fineartamerica.com/featured/2-the-family-of-mr-westfal-in-the--conservatory-eduard-gaertner.html

fig. 2. ALLEN, Edward - How buildings work: the natural order of architecture. Nova Iorque: Oxford University Press, 2005. ISBN-13:978-0-19-516198-4, p. 88

fig. 3. MOITA, Francisco - Energia Solar Passiva. Lisboa: Argumentum, 2010. ISBN 978-972-8479-73-2, p. 31

fig. 4. https://naturalbuildingblog.com/sun-tempered-architecture-socrates--house/

fig. 5. ALLEN, Edward - How buildings work: the natural order of architecture. Nova Iorque: Oxford University Press, 2005. ISBN-13:978-0-19-516198-4, p. 132

fig. 6. MOITA, Francisco - Energia Solar Passiva. Lisboa: Argumentum, 2010. ISBN 978-972-8479-73-2, p. 41

fig. 7. http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/thermo/grnhse.html#c2

fig. 8. ALLEN, Edward - How buildings work: the natural order of architecture. Nova Iorque: Oxford University Press, 2005. ISBN-13:978-0-19-516198-4, p. 53

fig. 9. GONZÁLEZ, F. Javier; FRUTOS, César - Técnicas arquitectónicas y constructivas de acondicionamento ambiental. Madrid: Munilla-Lería, 1997. ISBN 10: 8489150206.

fig. 10-13. MOITA, Francisco - Energia Solar Passiva. Lisboa: Argumentum, 2010. ISBN 978-972-8479-73-2, pp. 79-100

fig. 14. https://www.gardensillustrated.com/feature/garden-paintings-15-gardens-art/

fig. 15. https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Chase_William_Merritt_Sunlight_and_Shadow_1884.jpg

fig. 16. https://es.gallerix.ru/album/Met-1/pic/glrx-125733

fig. 17-18. Ilustrações da autora: técnica mista de tinta a óleo e collage sobre papel artesanal

fig. 19. https://en.wikipedia.org/wiki/Alix_%C3%89nault#/media/File:Alix-Louise_Enault_-_Fleurs_de_Serre.jpg

fig. 20. https://en.wikipedia.org/wiki/In_the_Conservatory

III | APROPRIAÇÕES CONTEMPORÂNEAS

UMA LEITURA CLASSIFICATIVA DA ESTUFA

fig. 1-3. Ilustrações da autora: tinta a óleo sobre papel artesanal

fig. 4-8. CECILIA, Fernando M.; LEVENE, Richard - El Croquis 177/178. Lacaton & Vassal 1993-2015: Horizonte post-mediático. Madrid: El Croquis, 2015. ISBN 978-84-88386-84-7, pp. 108-123

fig. 9. https://arquitecturaviva.com/works/casa-r-2

fig. 10-11. CECILIA, Fernando M.; LEVENE, Richard - El Croquis 177/178. Lacaton & Vassal 1993-2015: Horizonte post-mediático. Madrid: El Croquis, 2015. ISBN 978-84-88386-84-7, pp. 108-123

fig. 12. https://arquitecturaviva.com/works/casa-r-2

fig. 13. CECILIA, Fernando M.; LEVENE, Richard - El Croquis 177/178. Lacaton & Vassal 1993-2015: Horizonte post-mediático. Madrid: El Croquis, 2015. ISBN 978-84-88386-84-7, pp. 108-123

fig. 14-15. Ilustrações da autora: tinta a óleo sobre papel artesanal

fig. 16. CECILIA, Fernando M.; LEVENE, Richard - El Croquis 177/178. Lacaton & Vassal 1993-2015: Horizonte post-mediático. Madrid: El Croquis, 2015. ISBN 978-84-88386-84-7, p. 48

fig. 17. https://www.lacatonvassal.com/index.php?idp=25

fig. 18. Ilustrações da autora: tinta a óleo sobre papel artesanal

fig. 19-20. CECILIA, Fernando M.; LEVENE, Richard - El Croquis 177/178. Lacaton & Vassal 1993-2015: Horizonte post-mediático. Madrid: El Croquis, 2015. ISBN 978-84-88386-84-7, p. 50

fig. 21. Ilustrações da autora: tinta a óleo sobre papel artesanal

fig. 22. https://www.lacatonvassal.com/index.php?idp=25

fig. 23. CECILIA, Fernando M.; LEVENE, Richard - El Croquis 177/178. Lacaton & Vassal 1993-2015: Horizonte post-mediático. Madrid: El Croquis, 2015. ISBN 978-84-88386-84-7, p. 54

fig. 24. https://www.lacatonvassal.com/index.php?idp=25

fig. 25-26. https://ofhouses.com/post/613172554797056000/776-jourda-
-perraudin-fran%C3%A7oise-h%C3%A9l%C3%A8ne-jourda

fig. 27. DARMON, Oliver - Serre et habitat. in Archi Pas Chere. França: Editions Ouest-France, 2012. ISBN 978-2-7373-5709-1. https://lacatonvassal.com/data/documents/20190114-16430513_SerreEtHabitat-compressed.pdf

fig. 28. https://www.jourda-architectes.com/projets/maison-serre/

fig. 29-30. Ilustrações da autora: tinta a óleo sobre papel artesanal

fig. 31. http://www.perraudinarchitectes.com/projets/maison_serre/maison_serre.html

fig. 32. DARMON, Oliver - Serre et habitat. in Archi Pas Chere. França: Editions Ouest-France, 2012. ISBN 978-2-7373-5709-1. https://lacatonvassal.com/data/documents/20190114-16430513_SerreEtHabitat-compressed.pdf

fig. 33. http://www.perraudinarchitectes.com/projets/maison_serre/maison_serre.html

fig. 34. https://www.lemonde.fr/culture/article/2021/12/19/exposition-l--empreinte-d-un-habitat-une-ode-a-la-legerete-dans-l-architecture-du-quotidien-plombee-par-les-chiffres_6106703_3246.html

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O JARDIM DE INVERNO E A SUA REPRODUTIBILIDADE

fig. 1. https://www.edwardhopper.net/sun-in-an-empty-room.jsp#:~:text=-Courtesy%20of%20www.EdwardHopper.net,almost%20becomes%20a%20material%20object.

fig. 2-3. https://www.atlasofplaces.com/architecture/maison-dordogne/

fig. 4-5. CECILIA, Fernando M.; LEVENE, Richard - El Croquis 203. Harquitectes 2010-2020: Learning To Live In A Different Way. Madrid: El Croquis, 2020. ISBN 978-8412003451, pp. 226-227

fig. 6-7. http://www.harquitectes.com/projectes/casa-cerdanyola-harquitectes/

fig. 8-9. http://www.harquitectes.com/projectes/casa-granollers-harquitectes/

fig. 10-13. CECILIA, Fernando M.; LEVENE, Richard - El Croquis 177/178. Lacaton & Vassal 1993-2015: Horizonte post-mediático. Madrid: El Croquis, 2015. ISBN 978-84-88386-84-7, pp. 58-61

fig. 14. CECILIA, Fernando M.; LEVENE, Richard - El Croquis 203. Harquitectes 2010-2020: Learning To Live In A Different Way. Madrid: El Croquis, 2020. ISBN 978-8412003451, pp. 225

fig. 15. Desenho de projeto complementar fornecido pelo arquiteto Xavier Ros Majó e com anotações realizadas durante a entrevista

fig. 16. Desenho de projeto complementar fornecido pelo arquiteto Xavier Ros Majó

fig. 17. CECILIA, Fernando M.; LEVENE, Richard - El Croquis 203. Harquitectes 2010-2020: Learning To Live In A Different Way. Madrid: El Croquis, 2020. ISBN 978-8412003451, pp. 233

fig. 18. Desenho de projeto complementar fornecido pelo arquiteto Xavier Ros Majó e com anotações realizadas durante a entrevista

fig. 19. http://www.harquitectes.com/projectes/casa-cerdanyola-harquitectes/

fig. 20. ROBERT, Jorge Vila - La Casa Original del Ensanche de Barcelona: 1860-1865 - los parámetros formales y métricos de la unidad residencial de la manzana de Cerdá. Barcelona: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona, 1989, Tesis Doctoral, p. 122

fig. 21. GARCÍA, Ana - El jardín de los Smithson. in Cuaderno de Notas, 18. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2017. pp. 125-147. DOI:10.20868/cn.2017.3603. p. 141 e composição com https://ofhouses.com/post/613172554797056000/776-jourda-perraudin-fran%C3%A7oise--h%C3%A9l%C3%A8ne-jourda

fig. 22. https://elarafritzenwalden.tumblr.com/post/610967077315084288

fig. 23. CECILIA, Fernando M.; LEVENE, Richard - El Croquis 203. Harquitectes 2010-2020: Learning To Live In A Different Way. Madrid: El Croquis, 2020. ISBN 978-8412003451, pp. 229

fig. 24. http://www.harquitectes.com/projectes/casa-granollers-harquitectes/

fig. 23. CECILIA, Fernando M.; LEVENE, Richard - El Croquis 203. Harquitectes 2010-2020: Learning To Live In A Different Way. Madrid: El Croquis, 2020. ISBN 978-8412003451, pp. 229

ANEXO

ENTREVISTA A XAVIER ROS MAJÓ (HARQUITECTES)

fig. 1-11. Scan dos desenhos que resultaram da entrevista, feitos pela autora e com anotações do arquiteto Xavier Ros Majó

fig. 12-14. Desenhos de projeto complementares fornecidos pelo arquiteto Xavier Ros Majó

ANEXO

ENTREVISTA A XAVIER ROS MAJÓ HARQUITECTES

TRANSCRIÇÃO DA ENTREVISTA A XAVIER ROS MAJÓ HARQUITECTES:

BARCELONA, SETEMBRO 2022

Xavi Ros Majó (Sabadell, 1972) formou-se em arquitetura em 1998 pela ETSA de Vallès (Barcelona) e em 2000 tornou-se um dos quatro sócios fundadores de Harquitectes. Desde 2010 é professor de projeto na ETSA Barcelona (UPC), assim como professor convidado na Harvard University Graduate School of Design, Boston, EUA, desde 2021.

O trabalho dos Harquitectes tem sido reconhecido com vários prémios, tanto por obras construídas como concursos, assim como frequentemente publicado a nível nacional e internacional. Também já foi selecionado para diversas exposições e os arquitetos convidados para dar conferências na Europa e na América.

Esta entrevista foi realizada em Setembro de 2022 na ETSA Barcelona e o texto traduz a conversa entre o arquiteto Xavier Ros e a autora. Os desenhos que acompanham o discurso foram também resultado dessa conversa. Antes de iniciar a entrevista abaixo transcrita, a autora expôs o conteúdo, objeto e objetivos do seu trabalho.

A: Afirman que aprendieron con Lacaton & Vassal – "En general, podríamos decir que son una referencia en actitud, no tanto en resultados, y sin duda nos hemos apropiado de su concepto de espacio extra." (Roger Tudó, 2015, Harquitectes - textos y conversaciones, p.73) Admiran su trabajo y dicen que la Casa Latapie es una referencia imprescindible (pág.72). Esta afirmación despertó mi curiosidad ya que ofrece más coherencia a mi investigación.

El objetivo de esta entrevista es comprender si consideran que aplican los principios térmicos provenientes del invernadero en el dibujo bioclimático de vuestros proyectos. Además, comprender cómo distinguen los conceptos de invernadero/galería/patio cubierto, ya que usan el mismo principio de captación solar en un dispositivo espacial.

En vuestro libro habláis de que en el proyecto de la Residencia Universitaria de Vallés habíais dibujado en el patio una estructura de invernadero (p.57) para garantizar la eficiencia energética y el uso extensivo por todo el año. Aunque no se trate literalmente de un invernadero, porque no es una estructura totalmente de vidrio, lo llamáis así. O, por ejemplo, en la casa 1105 también le llamáis a la parte añadida a la fachada tanto de galería cómo de invernadero (p.119).

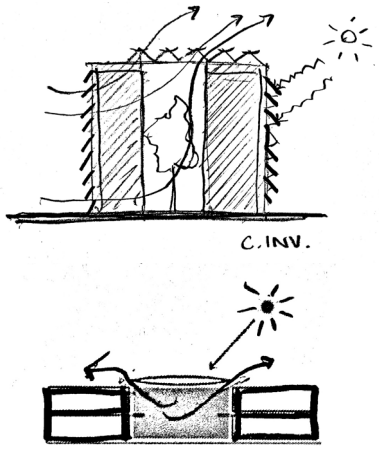
Mi pregunta principal es si para vosotros hay una línea que separa lo que es un invernadero de lo que no lo es. O sea, cuando se trata de un espacio intermedio, transparente, captador de radiación solar y siendo interior pero con ambiente de exterior, ¿crees que hay una línea definitoria en la que un espacio con estas características ya no puede ser considerado un invernadero?

XR: Cuando hablamos de invernadero es del funcionamiento de invernadero como es el caso de nuestro proyecto para el Centro de Investigación ICTA-ICP. En la residencia también se aprovechaba la técnica propia de esas estructuras, aunque el proyecto no siguió en ese sentido. La otra casa (1105) no es lo mismo.

fig. 1. Esquema do Centro de Investigação ICTA-ICP, Barcelona

fig. 2. Esquema da Residência de Estudantes em Vallés, Barcelona

fig. 3. Esquema da flexibilidade dos *espaços-solário*

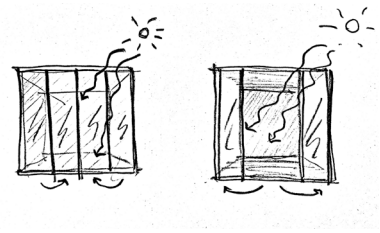


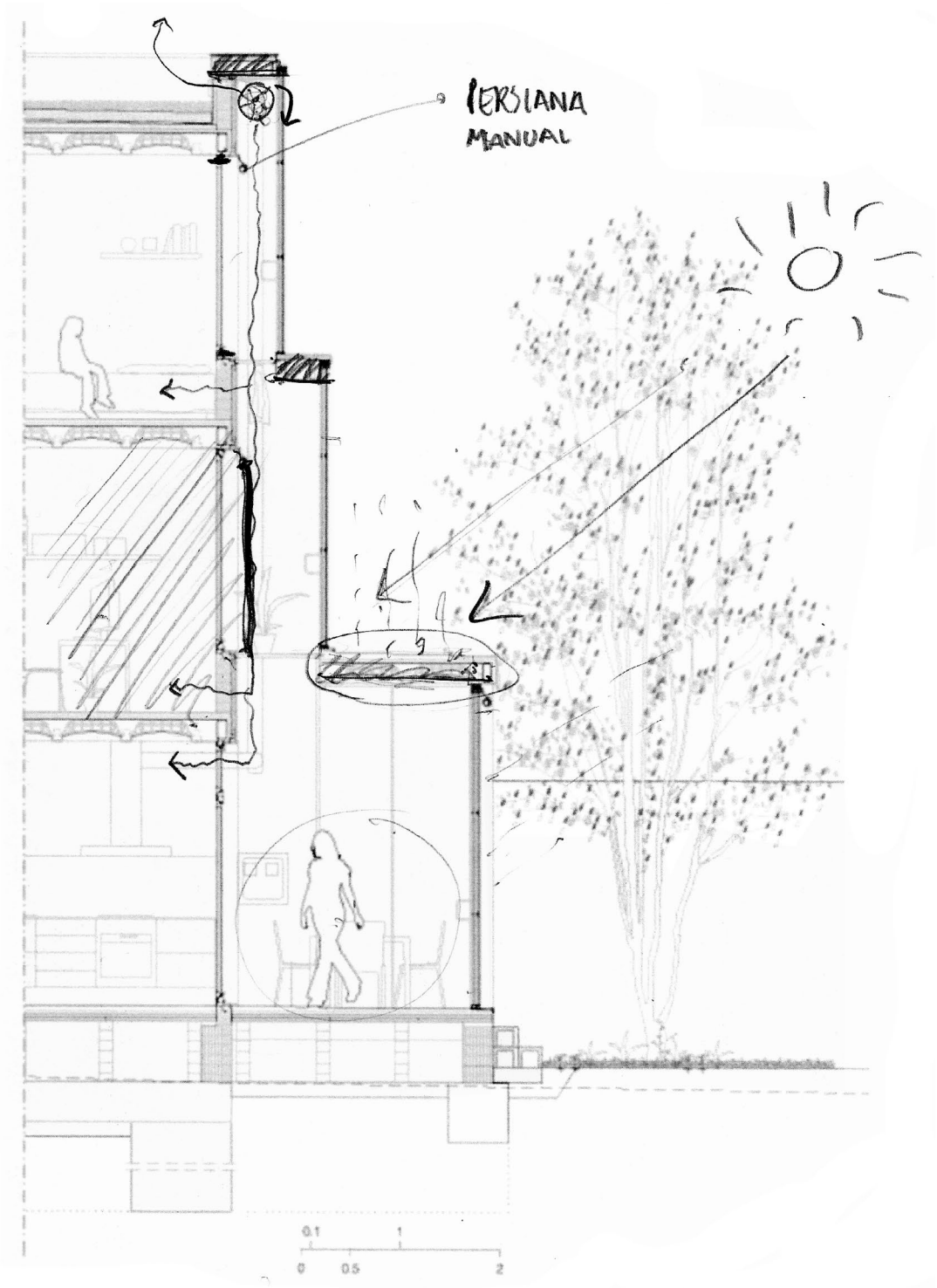
A: ¿Qué los distingue?

XR: Pues lo que enseñaste de la Maison Serre de Jourda & Perraudin, por ejemplo, eso es un invernadero convertido en vivienda, por los cerramientos, los paneles y la manera cómo las ventanas se abren. En la Residencia, también iba a ser una cubierta completamente de tecnología de invernadero, con funcionamiento parecido, pero en realidad las paredes de este invernadero serían los apartamientos en bloques de hormigón, por lo que no iba a ser un invernadero puro, aunque recurriera a su tecnología. En invierno se tendría siempre cerrado el vidrio, captando el sol y pudiendo abrir ventanas para renovar el aire. En el verano y primavera, lo contrario, además de añadir sombra.

A: Pero en las casas A-S y 1105 también se abren y se cierran los espacios de captación solar.

XR: Sí, en teoría los cierras y retiene el calor en invierno. Pero en esos casos no hay tecnología de invernadero porque es una perfilería para cerramientos y que no encontrarás en un sistema de agricultura, para plantar plantas. La casa A-S funciona mucho más parecido a una galería con efecto de invernadero. Es una variante de la casa 1105, siendo parecida, pero más sofisticada. Es como una sala-galería.




PERSIANA
MANUAL
0.1
1
0
0.5
2

Lo que hay en la vivienda 1105 es un sistema muy básico de recuperador de calor. Es un extractor que baja el aire caliente por el tubo ese que añadimos al espacio. Así que el espacio capta el sol, lo aguanta, sube por estratificación y luego el aire se baja por ese tubo hacia dentro de los espacios. En las habitaciones entra por abajo, pero en la cocina debido a la encimera tuvimos que tirarlo por arriba.

fig. 4. pág. ao lado, seccção da casa 1105, Barcelona, com anotações realizadas durante a conversa. Explicação do sistema de recuperação de calor, do sombreamento integrado no projeto e desraque da zona habitável

fig. 5. Esquema do acrecento do dispositivo bioclimático à casa

A: ¿Entonces recurre a un sistema mecánico?

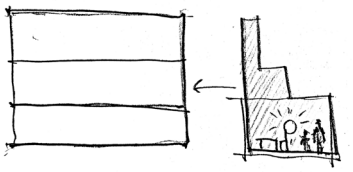
XR: Sí pero muy básico. Es un ventilador que lo único que hace es bajar el aire. Después el otro sistema que hay es de persianas normales manuales.

A: ¿Por qué eligieron el policarbonato y no el vidrio en la casa 1105, siendo que así no hay tanta transparencia? ¿Y cómo resulta el ruido con la lluvia?

XR: Porque es un material barato además de pesar menos. Y es semitransparente.

El ruido no es un problema siendo el plano en vertical. Sólo si hay lluvia horizontal, pero no es significante.

A: Aún acerca de la misma casa, ¿qué os ha motivado a hacer toda esta piel transparente y por qué no han hecho toda una caja en vidrio ya que la cubierta no es practicable?



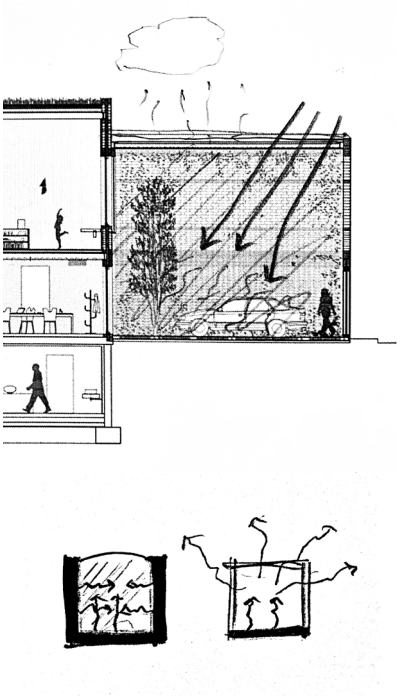
XR: Nuestra intención fue hacer una herramienta climática que además, en este caso, casi solo la pegas a la vivienda para ahorrar energía y generar confort de una manera natural y que además tiene uso – por eso le llamamos de galería. No sólo es una herramienta, pero también es un espacio. Cómo en la casa Latapie. La Latapie es parecida pero más bestia, más grande y con todos sus motores, huecos y cerramientos típicos de invernadero. Pero en nuestro proyecto no lo es así, no hay nada de eso.

Acerca de hacerlo todo en policarbonato, tienes que ir con cuidado porque aquí en Barcelona el sol en el verano no lo paras. Además es mucho más barato hacer un forjado en estas 3 partes horizontales y trabajar la transparencia en vertical, que una cubierta de policarbonato que además, así sí, que haría mucho ruido con la lluvia. Igualmente, se puede salir en la segunda planta, aunque no sea un balcón con barandilla. Es más económica esta mezcla y sirve para tapar el sol. Es una casa muy barata, así que casi todas las estrategias son de coste.

fig. 6. seccção por um dos pátios da casa 1014, Barcelona com anotações realizadas durante a conversa

fig. 7. Esquema da diferença de inércia térmica entre um pátio de estrutura maciça e uma estufa

fig. 8. pág. ao lado, seccção longitudinal da casa A-S, Barcelona, com anotações realizadas durante a conversa. Destaque das palas maciças de betão, da pérgola vegetal e da escadaria em contacto com o exterior



A: ¿En el verano es más cómodo estar en las galerías de las casas que en el jardín exterior?

XR: La mejora es el impacto de la sombra y de las paredes que es distinto de un exterior puro y despejado. Si abres las persianas, sí que hay una mejora al generar cierta cámara de aire protegida. Pero si todo está abierto, la temperatura es básicamente la misma que la exterior.

A: ¿Cómo defines galería?

XR: Para nosotros, una galería es un espacio que está cubierto con masa y abierto en un frente. No tiene tanto que ver con el ancho, es nuestra manera de hablar. Sería como una *loggia*, o un porche, pero con la posibilidad de ser cerrado con cristal y a eso le llamamos de galería. Un espacio cubierto pero muy abierto al exterior y cerrado con cristal.

A: ¿Y en la casa 1014? Si llueve, cubres los dos espacios con vidrio, igual a lo que pasaría en la Residencia de Vallés. Mi intención no es atribuirles la categoría de invernadero porque claramente no lo son. Pero el sistema de captación solar termina siendo lo mismo, dándoles el carácter de espacio entre el interior y el exterior.

XR: Claro, esta solución son dos patios que los puedes cubrir. En teoría se abre el patio en el verano haciéndolo exterior y si lo cierras en invierno, funciona como espacio intermedio. Pero todo el gaño térmico llega porque el patio es masivo, de ladrillo. Así que si le da el sol por 4h por el vidrio, se calientan las paredes y se retiene ese calor con eficacia.

Hay una diferencia principal entre estos espacios y un invernadero. Es que uno tiene inercia y el otro no. El invernadero retiene poca energía si no hay sol. En la Latapie, la pared entre el invernadero y la casa no tiene casi inercia por su ligereza. Donde hay inercia es en el suelo que es de hormigón. Y la gran diferencia entre este artefacto en la vivienda 1014 y el invernadero como en la casa Latapie, es la inercia. Almacenas la energía en el ladrillo, que después va a irradiar calor. La noción de invernadero es una estructura muy ligera que por su máxima superficie transparente capta el sol y en verano, se ventila y se mete sombra al máximo.

A: Siendo que el cristal no tiene resistencia térmica, ¿en la casa A-S garantizan el aislamiento por el invierno?

XR: Si, porque en inverno el sol es más bajo y está volteado a sur. El sol se mete hasta la cocina, incidiendo directamente en el pavimento. Siempre que hay sol,

la casa no depende de calefacción extra. Impacta en el suelo y en las paredes y sube la temperatura un montón. Lo bueno que tiene comparativamente con un techo de cristal, es que en horizontal se puede controlar el sol. Por ejemplo, estos voladizos de hormigón masivo lo controlan bastante. En verano el sol hace 71º, así que casi no entra en el espacio y además tenemos una pérgola vegetal con hoja caduca, por lo cual en verano está todo denso y en invierno no hay hoja, entonces el sol entra. El único problema del vidrio en el invierno es que pierdes energía por ahí, pero cuando tienes mucha masa, pues tiene un consumo razonable, o sea, lo que ganas es mucho más de lo que pierdes. Lo importante es garantizar inercia y luego tener captación y ventilación.

Así en el invierno se quiere inercia, buen aislamiento y captación a través de cristales. Y te garantiza la captación pasiva a tope. En el verano, protegerte del sol, cerrarte de día, estar bien aislado, y luego ventilarte a la noche - ventilación absoluta de noche! Abriendo ventanas en dos fachadas contrarias o, por ejemplo en la casa A-S, por la ventana-chimenea esa en la escalera.

A: La parte interesante para mí es que ese espacio de la escalera termina siendo un espacio intermedio. Desde el momento que le dan el aire de exterior, ya es como si no fuera totalmente interno en la casa, aunque esté en su núcleo.

XR: Si, en los espacios interiores pusimos suelos radiantes, pero en esos espacios intermedios no. No tiene climatización y funciona por captación y ventilación y contacto con la envolvente.

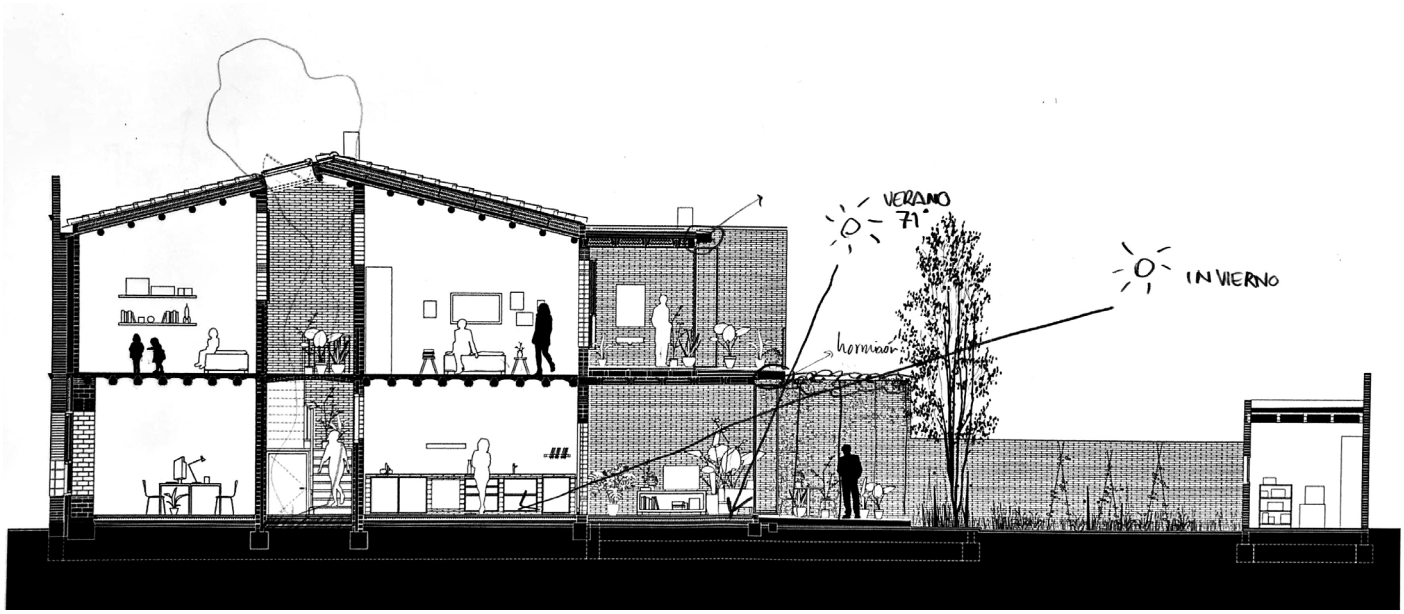


fig. 9. esquema do corredor do Wayland Young Pavilion, Londres em comparação com o Centro Cívico La Lleialtat Santsenca, Barcelona. Anotações realizadas durante a conversa

fig. 10. pág. ao lado, esquema da contraposição das duas fachadas que formam os edifícios tipo de Barcelona. Relação distinta com o exterior.



A: La parte curiosa de esta casa es que la única ducha está en ese porche en la habitación principal. ¿Cómo funciona en términos de vida doméstica?

XR: Pues la casa es de un conocido mío y sí que se tiene que duchar toda la gente ahí. Hay cortina y tal, pero sigue siendo algo poco convencional. Si la pareja está durmiendo y los niños llegan de fiesta, bueno… Al final te coordinas, si te quieres duchar cuando no estén tus padres, lo haces. La gente al final modifica sus hábitos para adaptarse.

A: Hago una analogía entre el patio de la escalera de la vivienda A-S con el proyecto de los Smithson - Wayland Young Pavilion, en lo cual su pasillo que conecta las dos casas tiene una cubierta de vidrio. Además de incorporar un árbol existente, tiene más aire exterior que interior porque se pueden abrir los vidrios. Terminan siendo dos espacios similares por su atmosfera y función.

XR: Sí, pero hay que dibujar estos espacios intermedios según el clima sitio. Tienes que vigilar aquí en Barcelona, porque por ejemplo, en nuestro proyecto La Lleialtat Santsenca que tiene una cubierta de policarbonato a sur y hay lonas de protección además de ventanas superiores para efecto chimenea, cuando te acercas a las ventanas sientes bastante la intensidad del calor. Aunque tenga sección triangular que ayuda con la estratificación del aire, cuando estás en las plantas de arriba es complejo y hay que vigilar. Pero en Inglaterra lo agradeces estar cerca de una ventana con sol. Es muy fácil controlar el sol en vertical pero en España es difícil en cubierta. Si hicieras eso de los Smithson en Barcelona, probablemente sería un problema.

A: Relativamente a logística, habláis en vuestro libro que dependéis de técnicos externos que hagan los estudios térmicos (p.45). Entiendo que sea para los proyectos grandes, pero ¿para las casas también lo hacéis, o el dibujo bioclimático es sólo por intuición y experiencia? Lo pregunto porque hay muchos esquemas térmicos en cada proyecto.

XR: Sólo si es algo muy especial, pero en estos casos que me hablas, son muy básicos y no hace falta. Esos esquemas que aparecen en El Croquis son hechos a posteriori. En edificios grandes sí que trabajamos con simulaciones, pero aquí no. Son los mismos principios de siempre.

A: Vale, pues confiáis en vuestra experiencia para un dibujo bioclimático eficiente.

Volviendo al tema principal, ¿crees que estos dispositivos bioclimáticos se podrían considerar un aprendizaje del invernadero? Desde el comienzo, cuando plantaban plantas cerca de paredes de inercia térmica descubrirán que añadiendo el vidrio se quedaba atrapado el calor. Y en estas casas, en que todo el frente es transparente, o hay galerías con una fachada totalmente de vidrio, ¿podrías considerar que es un hibrido del invernadero o de su plasticidad?

XR: Sí y no porque en realidad en el Eixample de Barcelona todas las viviendas tradicionales tenían dos fachadas. La de la calle, de ladrillo con huecos normales y la que esta adentro de la manzana que era de este tipo (en galería). Y no eran para nada sistemas de invernadero, pero si más la idea de masa y captación solar por galería. Si que es verdad que se puede relacionar la idea de intentar ser más eficiente energéticamente, tentando crear una especie de galería-máquina térmica, con la práctica de Lacaton & Vassal que es más una evolución de la apropiación de un invernadero. Pero también la idea de captación solar viene de mucho antes, es pre-invernadero y está en las galerías del Eixample y de muchos lugares en el mediterráneo.

La gracia del invernadero es que es muy barato. En la vivienda 1105 y en la Latapie no podían pagar una fachada de cristal, pero en cambio, con '4 plásticos, 4 tubos metálicos, y unos ventanales', que es muy barato, hubo una oportunidad de lograr efectos de galería-invernadero recurriendo a sistemas básicos.

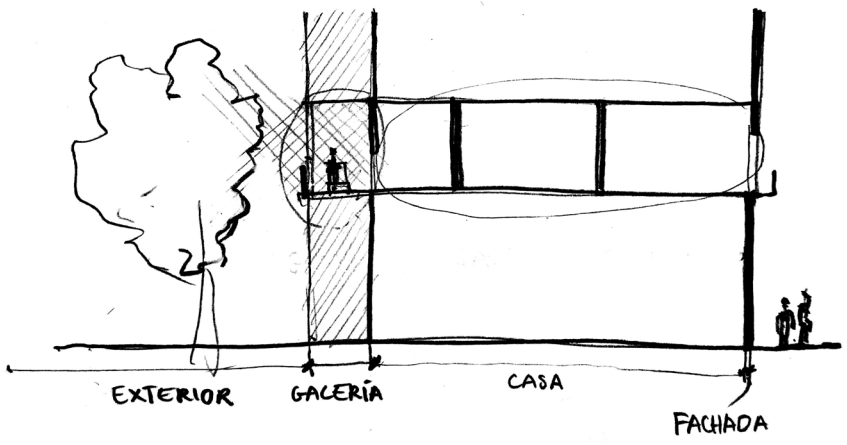
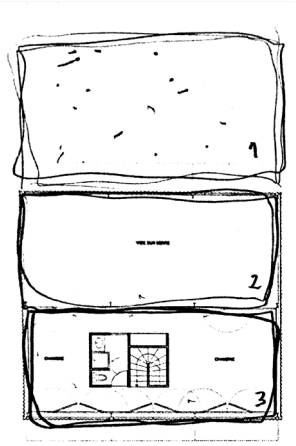


fig. 11. esquema das diferentes atmosferas da casa Latapie, anotações realizadas durante a conversa



A: Lo veo interesante esto que hacéis de proporcionar espacios con atmosferas distintas. Así que este es un espacio (1- jardín), este tiene otra característica (2- espacio intermedio) y este es completamente interior (3- casa).

XR: Sí, eso es lo que intentamos hacer. Y si te fijas, lo que hablaba del Eixample es igual, pero sin jardín visto que son apartamentos. Viene de la necesidad intemporal de relacionarse con el exterior a través de una línea más gruesa que una simple fachada. A lo largo de la historia, a partir de unos pequeños descubrimientos y de la apropiación de un dispositivo que no estaba pensado para residir (invernadero), pues sí que hubo una evolución climática gracias al invernadero y un nuevo enfoque para la arquitectura. Pero en estas 3 casas, hay una evolución más mediterránea (galerías) que un sistema de producción agrícola. Pero al final está todo mezclado, son líneas que se mezclan, se separan y se juntan.

A: Mi intención con este trabajo no es encontrar una solución pasiva estándar aplicable a cualquier edificio y atribuirle un rótulo, pero sí contemplar este desarrollo de la captación solar.

XR: El aprendizaje de Lacaton y Vassal y de la técnica de invernadero es que puedes conseguir una alta eficiencia con herramientas o elementos básicos y hacerte un espacio-galería como dispositivo térmico.

A: Para finalizar, tenéis feedback de los habitantes? ¿Crees que el hecho que dependa del habitante de hacerse una buena climatización del espacio es eficiente?

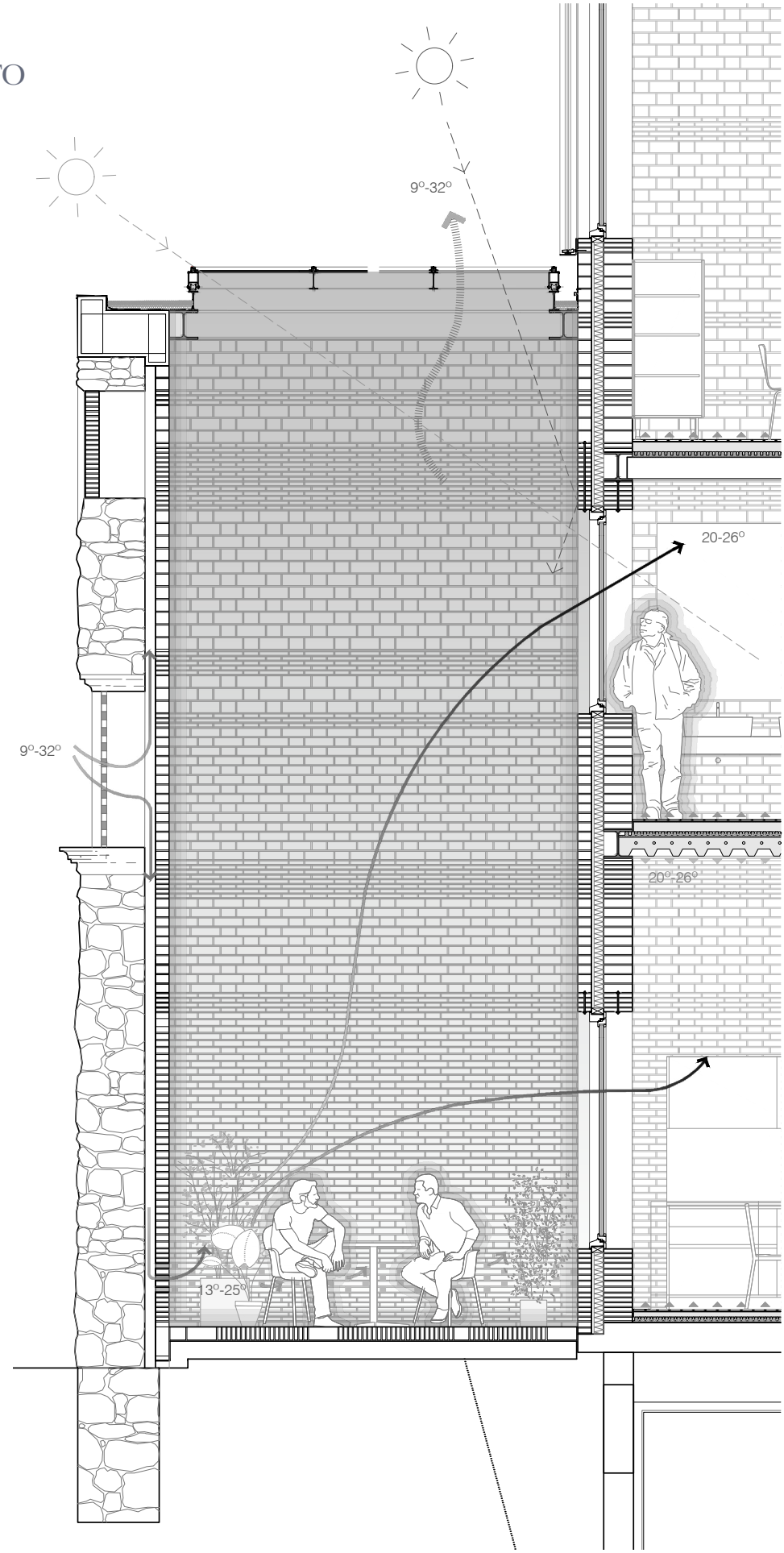
XR: Si, además cuando son cosas muy básicas. Es como abrir ventanas en una casa normal. En el verano es muy básico – todo abierto y sombra y por la noche abierto y a ventilar. Pero si es el caso de que estén a 40 grados, pues lo mejor será no abrir y poner parasoles y a ver.

DESENHOS DE PROJETO COMPLEMENTARES

fig. 12. Corte longitudinal do pátio da Casa 1014, Harquitectes

Barcelona, 2014

Esquema climático fornecido por Xavier Ros



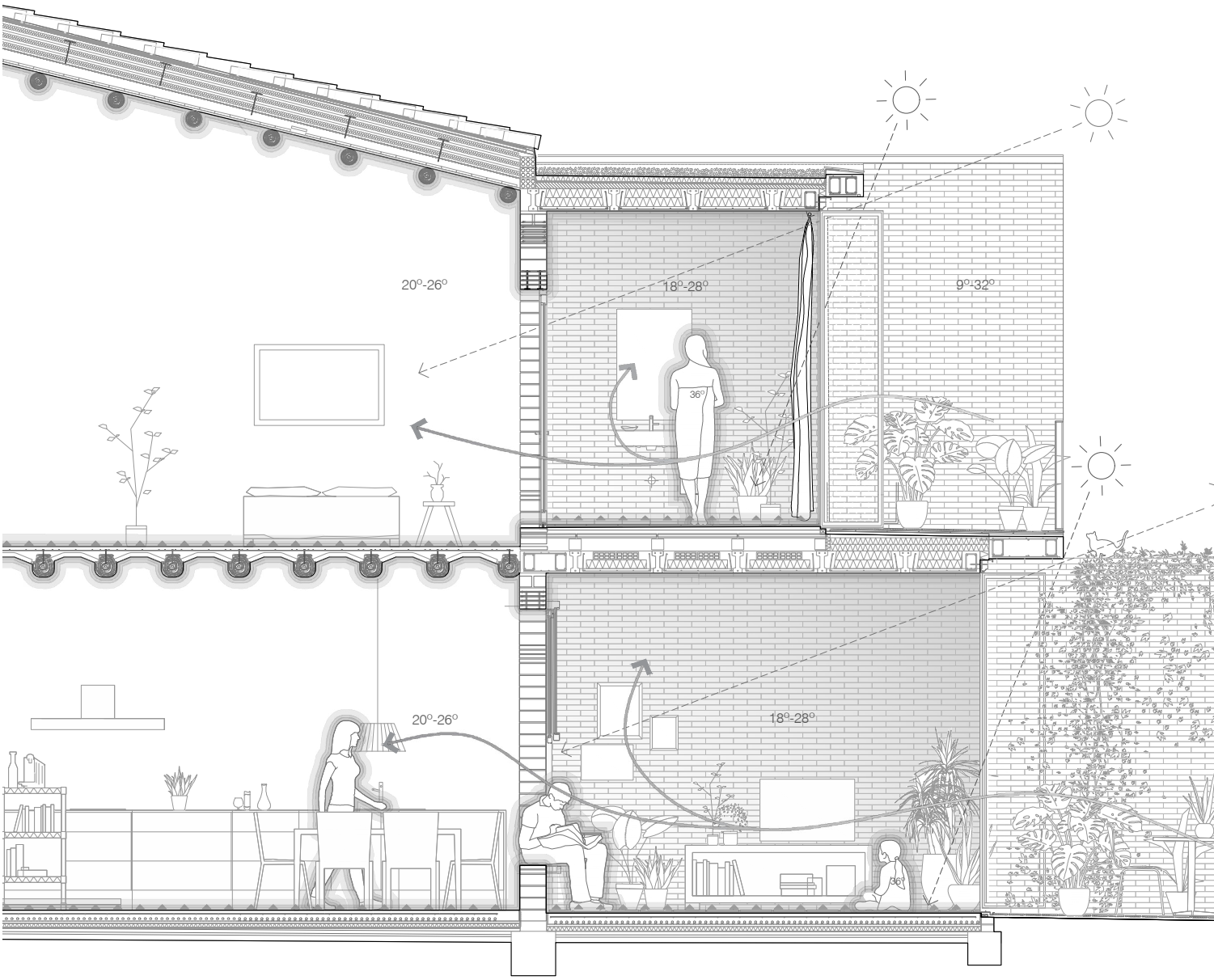
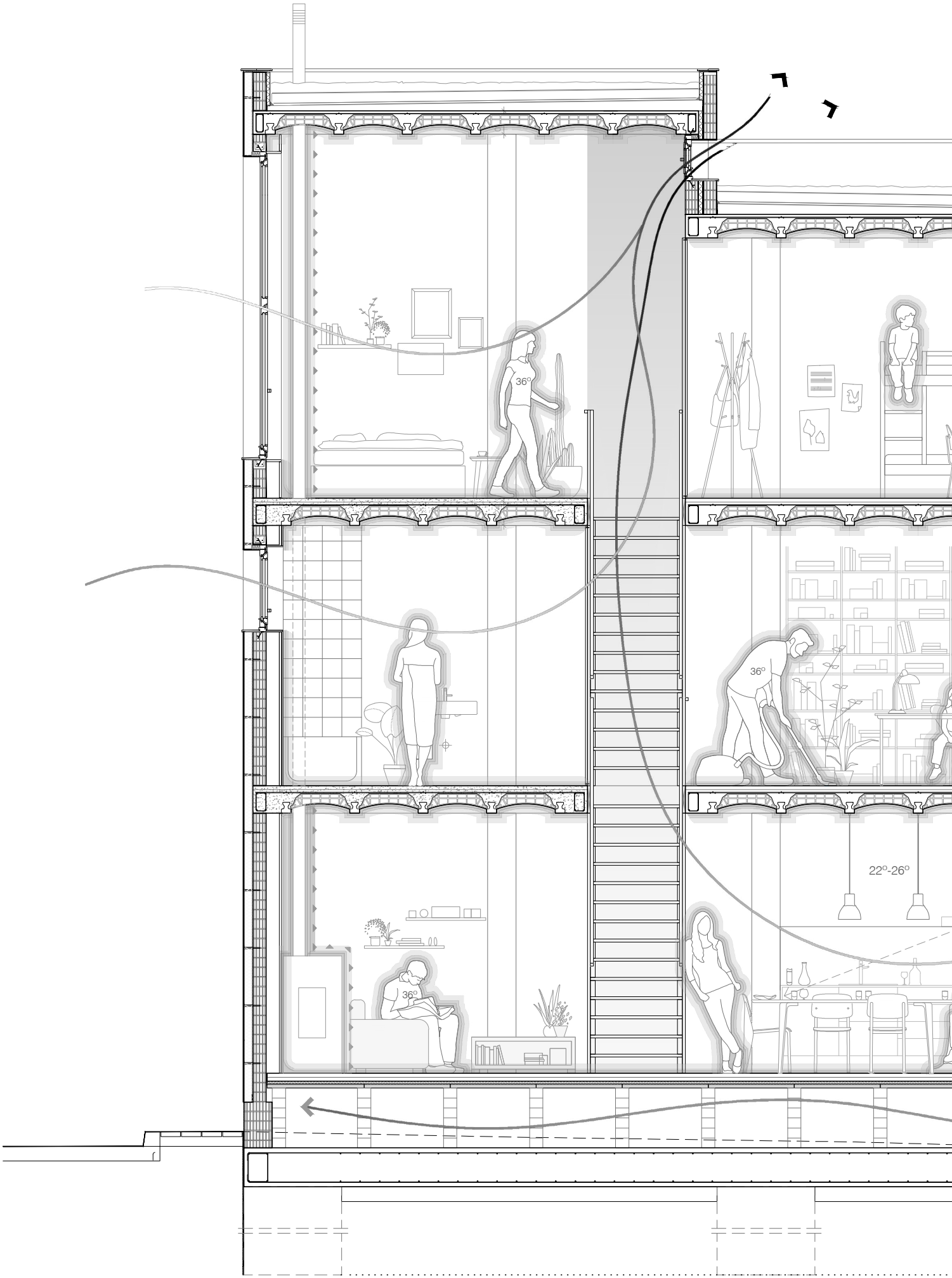
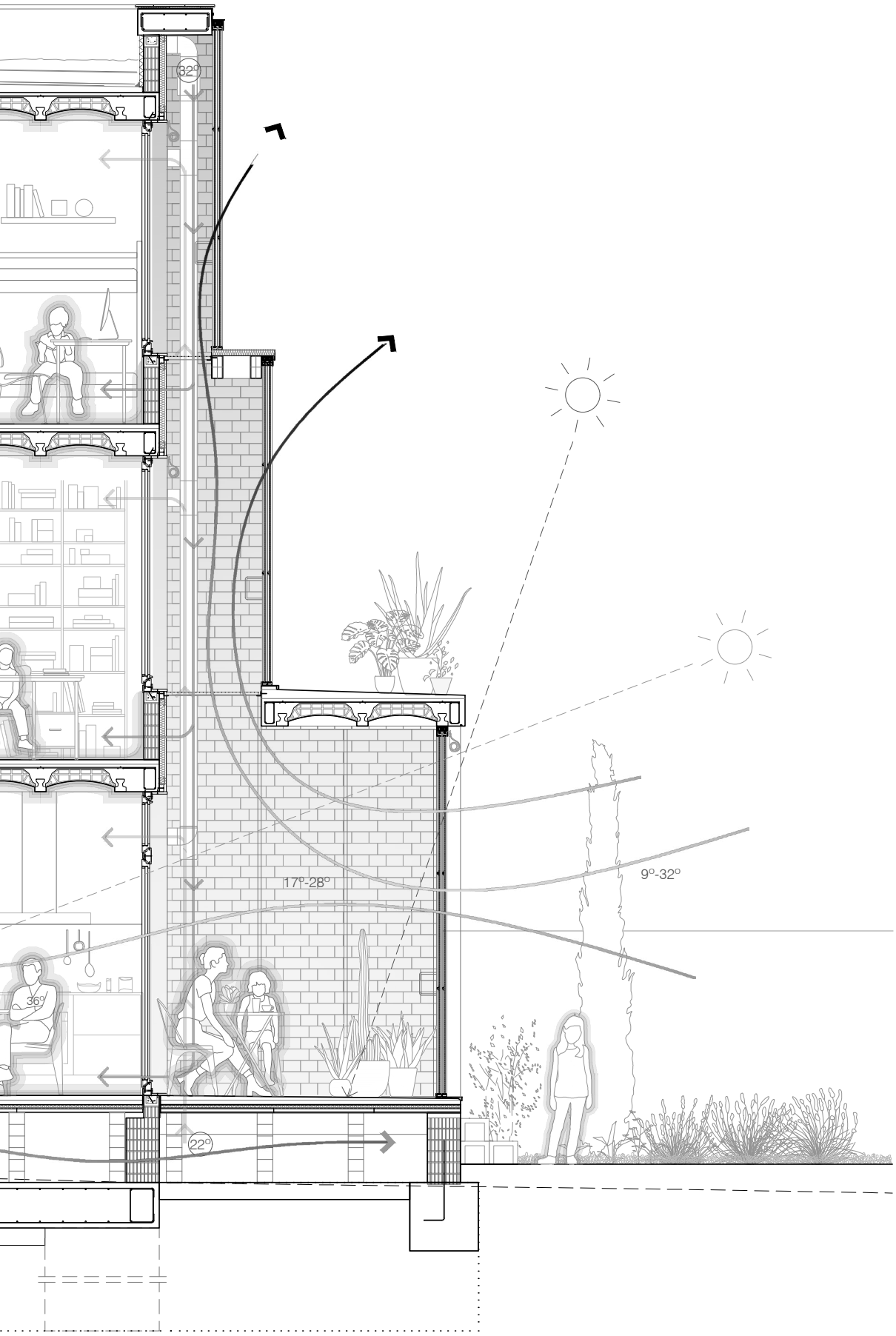

20º-26º
18º-28º
9º-32º
36º
20º-26º
18º-28º
36º

fig. 13. Corte longitudinal pelas galerias da Casa A-S, Harquitectes

Barcelona, 2017




36°
36°
36°
22°-26°



g. 14. Corte longitudinal da Casa 1105, Harquitectes

Barcelona, 2014

quema climático fornecido por Xavier Ros

PROVA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO

Porto, 07.11.2022

JÚRI

Presidente: Prof. Doutora Marta Rocha Moreira

Arguente: Prof. Doutor Marco Ginoulhiac

Orientador: Prof. Doutor Eliseu Manuel Vieira Gonçalves

Classificação final de 18 valores

