

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Arquitetura

Rafael Prates Yanni

**TECTÔNICA DO ENVELOPE, UMA LEITURA NA OBRA DE JÔ VASCONCELLOS**

Belo Horizonte/MG

2020

Rafael Prates Yanni

**TECTÔNICA DO ENVELOPE, UMA LEITURA NA OBRA DE JÔ VASCONCELLOS**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Área de concentração: Teoria, Produção e Experiência do Espaço

Linha de pesquisa: Inovação em Tecnologia

Orientador: Prof. Dr. Renato César Ferreira de Souza

Belo Horizonte/MG

2020

## FICHA CATALOGRÁFICA

Y24t

Yanni, Rafael Prates.

Tectônica do envelope [manuscrito] : uma leitura na obra de Jô Vasconcellos / Rafael Prates Yanni. - 2020.

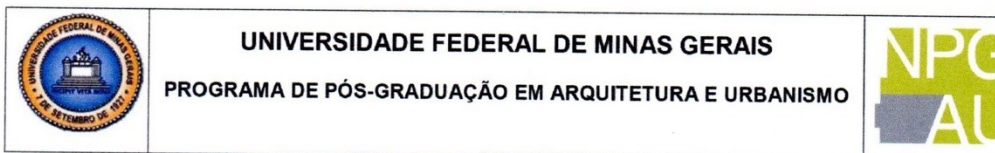
149f. : il.

Orientador: Renato César Ferreira de Souza.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Edifícios - Teses. 2. Arquitetura e clima - Teses. 3. Arquitetura e conservação de energia - Teses. 4. Arquitetura e tecnologia - Teses. 5. Arquitetos brasileiros (ingleses, franceses, etc.) - Teses. 6. Arquitetura - Século XXI - Teses. I. Souza, Renato César Ferreira de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

CDD 720.47



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Tectônica do Envelope, um caso brasileiro na obra recente de Jó Vasconcellos**

**RAFAEL PRATES YANNI**

Dissertação submetida à Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Escola de Arquitetura da UFMG como requisito para obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, área de concentração: Teoria, produção e experiência do espaço.

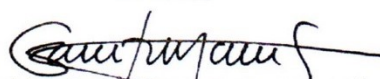
Aprovada em 29 de julho de 2020, pela Comissão constituída pelos membros:

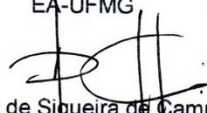
RENATO  
CESAR  
FERREIRA  
DE  
SOUZA-60  
984279687

Digitally signed  
by RENATO  
CESAR  
FERREIRA DE  
SOUZA-609842  
79687  
Date:  
2020.08.07  
08:14:01 -03'00'

Prof. Dr. Renato César Ferreira de Souza - Orientador  
EA-UFGM

  
Profa. Dra. Maria Lucia Malard  
EA-UFGM

  
Prof. Dr. Carlos Alberto Batista Maciel  
EA-UFGM

  
Prof. Dr. Aristóteles de Siqueira de Campos Cantalice II  
UFPE

Belo Horizonte, 29 de julho de 2020.



**"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001".**

**"This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001".**

## AGRADECIMENTOS

Não imagino este trabalho sem o oportuno encontro com a professora Maria Luiza de Castro e professor Marco Antônio Penido, pelas muitas e valiosas contribuições naquilo que foi o embrião desta pesquisa.

Me honraram com a leitura do texto de qualificação e críticas motivadoras a professora Maria Lucia Malard e professor Carlos Alberto Maciel, dos quais também recebi valiosos ensinamentos em suas respectivas disciplinas.

Aristóteles de Siqueira Campos Cantalice II não só me honrou com a leitura do texto de qualificação, como generosamente me ajudou a desbravar as tramas da Tectônica.

Agradeço a Renato César Ferreira de Souza pela acolhida, mas mais ainda pela liberdade concedida.

Agradeço a todos os colegas de vida profissional que contribuíram para a minha formação e, em alguma medida, este trabalho: arquitetos, projetistas e desenhistas do antigo Departamento de Planejamento Físico e Obras (DPFO) da UFMG, Fernando Maculan e toda a equipe da Horizontes Arquitetura.

Para o levantamento de dados sobre as obras de Jô Vasconcellos, contei com as generosas colaborações de: B&M Consultoria, na figura de Maria Isabel Mol Nunes, pelo fornecimento de detalhes de esquadrias e informações sobre o Espaço do Conhecimento; Eduardo Magalhães Pinto Gomes, proprietário da residência E.F; Estilo Nacional, especialmente na figura de Marílis Mendes, pelas informações e leitura cuidadosa da seção sobre o Memorial Bento Rodrigues; Kubus3D pelo fornecimento do modelo tridimensional da Fundação Éolo Maia.

Finalmente, devo toda gratidão à Jô Vasconcellos, pela amizade, generosidade profissional e pessoal, pelos ensinamentos, informações, depoimentos, e por aceitar participar deste experimento.

## RESUMO

Envelope é uma terminologia usada para designar o escopo (fachada, face, pele, envoltória, fechamentos, casca) da edificação que, apesar da mesma grafia em várias línguas, não apresenta consenso (demarcação técnica e teórica) mesmo na literatura técnica. O envelope é usualmente associado a edificações seladas hermeticamente, mas seria possível aplicar este modelo técnico em pensamentos construtivos diversos, brasileiro, latino, africano, asiático, que não compartilham os mesmos princípios construtivos e da ambiência? Realmente não seriam compartilhados, tendo em vista que nossas edificações também enfrentam água, calor, frio, vento, umidade, mofo, sal, insetos, bala perdida, ruídos, poluição, em todas as direções, da fundação à cobertura? Entendido como uma disciplina emergente a partir da crise energética dos anos 70 do séc. XX, o envelope assume protagonismo na convergência das novas demandas de conservação de energia e padrões extraordinários de conforto. Nesta nova ordenança, as estruturas devem estar idealmente protegidas, ocultas, assim como as muitas camadas funcionais que vestem a edificação e caracterizam o envelope. Este ocultamento representaria uma digressão moral daqueles preceitos racionalistas que almejam a verdade estrutural e honestidade material, mas poderia indicar também novos paradigmas construtivos no contexto das atuais demandas de desempenho. O nó têxtil, tectônico, bem como as estratificações que vestem a edificação, condensam signos e ambiguidades, mas condensam também matéria e energia na forma de água, vapores, pontes térmicas, ruídos, contaminações, desafios técnicos que podem ser incorporados na “poética da construção”. No diverso contexto climático e produtivo brasileiro, a investigação de um envelope “tropical” tem na obra da arquiteta Jô Vasconcellos uma leitura nada ordinária, através da qual são exploradas suas fraquezas e potências, bem como sua viabilidade enquanto disciplina universal e particular.

Palavras-chave: Tectônica. Envelope. Camadas. Fluxos. Jô Vasconcellos.

## ABSTRACT

The Envelope is a terminology that designates the scope (facade, face, skin, envelope, closings, shell) of the building which, despite the same spelling in several languages, does not have consensus (technical and theoretical demarcation) even in the technical literature. The envelope is usually associated with hermetically sealed buildings, but would it be possible to apply this technical model in a diverse building idea, like Brazilian, Latin, African, Asian, which do not share the same building principles and ambiance? Are they not shared at all, given that our buildings also face water, heat, cold, wind, humidity, mold, salt, insects, bullets, noise, pollution, in all directions, from the foundation to the roof? Understood as an emerging discipline from the energy crises of the 70s, the envelope takes protagonism in the convergence of new demands for energy conservation and extraordinary standards of comfort. In this new ordinance, the structures must be ideally protected, hidden, as well as the many functional layers that dress the building and characterize the envelope. This concealment would represent a moral digression from those rationalist precepts that aim at structural truth and material honesty, but it could also indicate new constructive paradigms in the context of current performance demands. The textile knot, tectonic, as well as the stratifications that dress the building, condense signs and ambiguities, but they also condense matter and energy in the form of water, vapors, thermal bridges, noise, contamination, technical challenges and all that can be incorporated in the “Poetics of construction”. In the diverse Brazilian climatic and productive context, the investigation of a “tropical” envelope has an unusual interpretation in the work of the architect Jô Vasconcellos, through which it explores its weaknesses and strengths, as well as its viability as a universal and particular discipline.

Keywords: Tectonics. Envelope. Layering. Flows. Jô Vasconcellos.

## LISTA DE FIGURAS

|   |     |
|---|-----|
| Figura 1. Panteão de Roma, Arcos de descarga .....  | 31  |
| Figura 2. Panteão de Roma, planta e alinhamento esquemático de cargas .....                   | 31  |
| Figura 3. Paneiro de farinha d'água biscoito, Mestre Bené de Bragança-Pa.....                 | 36  |
| Figura 4. Pinha, exemplo de estrutura homeostática .....                                      | 40  |
| Figura 5. Catedral Estrasburgo, estudo de camadas .....                                       | 42  |
| Figura 6. Sou Fujimoto, House N.....  | 44  |
| Figura 7. Modelo gráfico conceitual de envelope e mediações.....                              | 47  |
| Figura 8. Loeuf architects, wall-section de um envelope externo, incluindo fundação .....     | 49  |
| Figura 9. Camadas perpendiculares, paralelas e combinadas.....                                | 50  |
| Figura 10. Camadas adensadas e espaçadas .....  | 51  |
| Figura 11. Camadas adensadas .....  | 52  |
| Figura 12. Barreiras e labirintos de capilaridade em juntas, esquadria e rufo.....            | 54  |
| Figura 13. Ponte térmica em platibanda, sem (esq.) e com (dir.) quebra de ponte térmica ..... | 55  |
| Figura 14. Conectores para projeções de laje com barreira térmica, redução de até 92% .....   | 56  |
| Figura 15. Esquadria com barreira térmica .....   | 57  |
| Figura 16. Mike Davies, Wall for all Seasons .....  | 59  |
| Figura 17. Labirinto térmico em fundações, Melbourne's Federation Square.....                 | 61  |
| Figura 18. Knots Architectural Thermoregulation, DDomain Architects .....                     | 62  |
| Figura 19. Modelos gráficos conceituais de envelope em sua relação com a estrutura .....      | 72  |
| Figura 20. Caixão explodido representando sistema de composição neoplástica .....             | 76  |
| Figura 21. Detalhes de um tradicional wood-frame .....  | 78  |
| Figura 22. Zumthor, Zinc Mine Museum / Kurokawa Kisho, Takara Beutilion, Expo70 .....         | 79  |
| Figura 23. Zaha Hadid Architects , Heydar Aliyev Center, Azerbaijan.....                      | 81  |
| Figura 24. Elementos de proteção incorporados na estrutura, Diamantina e Parque Guinle ...    | 82  |
| Figura 25. Eduardo Souto de Moura e Adriano Pimenta, Vila das Sete Cidades .....              | 84  |
| Figura 26. 168 Upper Street, Groupwork .....  | 85  |
| Figura 27. North Rhine-Westphalia State Archive, Ortner & Ortner Baukunst .....               | 86  |
| Figura 28. Kunsthau Bregenz, camadas, corte, detalhe e maquete .....                          | 87  |
| Figura 29. Kunsthau Bregenz, detalhe e maquete.....   | 88  |
| Figura 30. Casebre Pataxó em Barra Velha BA .....   | 90  |
| Figura 31. Edifício Officenter, Jô Vasconcellos e Éolo Maia .....                             | 96  |
| Figura 32. Projeto Sensações, Jô Vasconcellos .....   | 98  |
| Figura 33. Espaço do Conhecimento, modelo gráfico .....                                       | 99  |
| Figura 34. Edificação original ao centro, em vista lateral, e suas vizinhas imediatas.....    | 100 |
| Figura 35. Espaço do Conhecimento, vista aérea .....  | 100 |
| Figura 36. Espaço do Conhecimento, relação com entorno .....                                  | 101 |
| Figura 37. Projeção de concerto com público na praça (esq.). Retroprojeção (dir.) .....       | 102 |
| Figura 38. Espaço do Conhecimento, observatório e cobertura móvel .....                       | 102 |
| Figura 39. Espaço do Conhecimento, cobertura.....   | 103 |
| Figura 40. Engastamento telescópico das esquadrias na estrutura auxiliar .....                | 104 |
| Figura 41. Espaço do Conhecimento, detalhe da cobertura móvel .....                           | 105 |
| Figura 42. Espaço do Conhecimento, possível envelope externo .....                            | 106 |
| Figura 43. Espaço do Conhecimento, possível envelope interno .....                            | 107 |
| Figura 44. Museu da Cachaça, modelo gráfico .....   | 107 |
| Figura 45. Museu da Cachaça, Salinas MG.....  | 108 |
| Figura 46. Museu da Cachaça, Salinas MG.....  | 109 |
| Figura 47. Museu da Cachaça, torre das cachaças .....   | 110 |
| Figura 48. Museu da Cachaça, curva em cobogós .....   | 111 |
| Figura 49. Museu da Cachaça, layout, cobertura, corte e elevação.....                         | 111 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 50. Museu da Cachaça, fase de obra .....  | 112 |
| Figura 51. Museu da Cachaça, pormenor em planta .....                                    | 113 |
| Figura 52. Museu da Cachaça, possíveis pontes térmicas (esq.) e tratamento (dir.).....   | 114 |
| Figura 53. Residência E.F., modelo gráfico .....   | 114 |
| Figura 54. Residência E.F., situação atual.....  | 115 |
| Figura 55. Residência E.F., fachadas, cortes e plantas.....                              | 116 |
| Figura 56. Residências Foz2 (2013) e Foz1 (2012).....                                    | 117 |
| Figura 57. Residência E.F., etapas externas de obra .....                                | 118 |
| Figura 58. Residência E.F., etapas finais de obra.....                                   | 119 |
| Figura 59. Residência E.F., etapas internas de obra.....                                 | 119 |
| Figura 60. Residência E.F., etapas internas de obra .....                                | 120 |
| Figura 61. Residência E.F., problemas de continuidade e transições em revestimentos..... | 121 |
| Figura 62. Residência E.F., insulamento, perfis e instalações.....                       | 122 |
| Figura 63. Memorial Bento Rodrigues, modelo gráfico.....                                 | 123 |
| Figura 64. Memorial Bento Rodrigues, render externo.....                                 | 124 |
| Figura 65. Memorial Bento Rodrigues, render externo.....                                 | 125 |
| Figura 66. Memorial Bento Rodrigues, render interno .....                                | 126 |
| Figura 67. Memorial Bento Rodrigues, render interno .....                                | 126 |
| Figura 68. Capela de Santana do Go-go, renders de apresentação.....                      | 128 |
| Figura 69. Estudo número 2 para a Sede da Orquestra Filarmônica .....                    | 128 |
| Figura 70. Memorial Bento Rodrigues, conceito e processo compositivo.....                | 129 |
| Figura 71. Memorial Bento Rodrigues, seções axonométricas .....                          | 130 |
| Figura 72. Fundação Éolo Maia, modelo gráfico .....                                      | 131 |
| Figura 73. Fundação Éolo Maia, vista aérea .....   | 132 |
| Figura 74. Sala Minas Gerais, modelo do envelope acústico externo.....                   | 133 |
| Figura 75. Fundação Éolo Maia, edificação vista da mata.....                             | 134 |
| Figura 76. Fundação Éolo Maia, edificação vista da rua.....                              | 134 |
| Figura 77. Fundação Éolo Maia, seção .....   | 135 |
| Figura 78. Fundação Éolo Maia, axonométricas .....                                       | 136 |

## SUMÁRIO

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | INTRODUÇÃO   | 11 |
| 1.1   | Problemas, Contexto, Objetivos e Organização da pesquisa | 11 |
| 1.2   | Sobre a moral construtiva                                | 14 |
| 2     | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA                                    | 18 |
| 2.1   | Literatura sobre Tectônica                               | 18 |
| 2.2   | Literatura sobre envelope                                | 22 |
| 3     | POÉTICA DA CONSTRUÇÃO                                    | 25 |
| 3.1   | Fundamentos da Tectônica                                 | 25 |
| 3.2   | Poética como revelação e ocultamento                     | 28 |
| 3.3   | Envelope na teoria Tectônica                             | 32 |
| 3.4   | Operadores tectônicos para uma teoria do envelope        | 34 |
| 4     | POÉTICA DO ENVELOPE                                      | 39 |
| 4.1   | Algumas teorias afins ao envelope                        | 39 |
| 4.2   | Princípios construtivos                                  | 48 |
| 4.2.1 | O envelope em profundidade (camadas e membranas)         | 50 |
| 4.2.2 | O envelope em extensão (juntas e painéis)                | 52 |
| 4.2.3 | Pontes e Barreiras                                       | 54 |
| 4.2.4 | Fluxos e Fronteiras                                      | 58 |
| 4.3   | Tipologias de envelope                                   | 63 |
| 4.3.1 | Envelope Térmico   | 65 |
| 4.3.2 | Envelope Hídrico   | 66 |
| 4.3.3 | Envelope Acústico  | 67 |
| 4.3.4 | Envelope Sanitário                                       | 69 |
| 4.3.5 | Envelope Defensivo                                       | 70 |
| 4.4   | Taxonomia construtiva do envelope                        | 71 |
| 4.4.1 | Envelope Estrutural                                      | 74 |
| 4.4.2 | Envelope Fragmentado                                     | 75 |
| 4.4.3 | Envelope Imerso  | 76 |
| 4.4.4 | Envelope Interno   | 78 |
| 4.4.5 | Envelope Externo   | 80 |
| 4.4.6 | Envelope Estruturado                                     | 81 |
| 4.5   | Cultura construtiva do envelope                          | 82 |
| 5     | METODOLOGIA  | 92 |
| 6     | O ENVELOPE NA OBRA RECENTE DE JÓ VASCONCELLOS            | 95 |
| 6.1   | Da tectônica pós-moderna à estereotomia possível         | 95 |

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 6.2 | Espaço do Conhecimento UFMG (projeto 2005, obra 2010)   | 99  |
| 6.3 | Museu da Cachaça Salinas MG (projeto 2005, obra 2012)   | 107 |
| 6.4 | Residência E.F. (projeto 2014, obra 2015)               | 114 |
| 6.5 | Memorial Bento Rodrigues (projeto 2017, não construído) | 123 |
| 6.6 | Fundação Éolo Maia (projeto 2019, não construído)       | 131 |
| 6.7 | Discussões  | 137 |
| 7   | CONCLUSÕES E PESQUISAS FUTURAS                          | 139 |
|     | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS                              | 144 |



## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Problemas, Contexto, Objetivos e Organização da pesquisa

Envelope (ou envoltória, e suas subdisciplinas de envelopamento) é um modelo ou sistema construtivo emergente que entrou para o vocabulário arquitetônico no contexto da crise energética (crise do petróleo na década de 70 (DEPLAZES, 2005, p. 79)), tornando-se uma disciplina importante nos estudos de uma nomeada Tectônica Performativa (BEIM, 2004; SCHMIDT, 2005) e crescentes demandas de sustentabilidade e conservação de energia. Neste contexto, as prioridades construtivas, antes direcionadas à estrutura portante, deslocam-se para o envelope performativo.

Doravante, adotarei preferencialmente o termo “envelope performativo” em vez de moderno ou contemporâneo ou ainda “temperado”, em um sentido mais utilitário e técnico do que histórico ou geográfico. O termo performativo, portanto, qualifica este envelope como sendo aquele organizado em camadas funcionais para atendimento de normativas de desempenho térmico e conservação de energia. Deste envelope espera-se uma performance que torne a edificação, idealmente, energeticamente passiva. Este modelo performativo pode ser associado ao modelo de casas passivas (*Passivhaus*) criado por Wolfgang Feist no final da década de 80 do séc.XX, que alega ser o criador deste modelo<sup>1</sup>.

Uma das questões determinantes que afeta a cultura e expressão construtiva deste envelope seria, indiferentemente do clima quente ou frio, a restrição em expor a estrutura sob risco de ocorrer pontes térmicas, ou seja, a estrutura deve estar protegida e oculta para não trocar energia com o ambiente externo e, conseqüentemente, garantir a eficiência energética da edificação. No caso de uma possível Tectônica Tropical<sup>2</sup> (CONDURU, 2004), nossos desafios de conservação de energia não deveriam ser menores, dentre outros desafios técnicos que nos permitissem falar de uma teoria geral do envelope, aplicável nos “trópicos”.

O modelo mais ortodoxo de envelope parece indicar soluções necessariamente herméticas, seladas, isolando completamente o interior das edificações, mas seria possível extrair princípios deste envelope e aplicar em outros contextos e climas? Qual seria a

---

<sup>1</sup> [https://passivehouse.com/02\\_informations/01\\_whatispasivehouse/01\\_whatispasivehouse.htm](https://passivehouse.com/02_informations/01_whatispasivehouse/01_whatispasivehouse.htm). Acesso em 28/07/2020

<sup>2</sup> Consciente da amplitude dos “trópicos”, esta pesquisa não se ocupará dos seus tipos, mas usarei o termo “tropical” genericamente, no sentido figurado, cabendo ressaltar que no Brasil encontram-se os climas tropical, seco e temperado e suas diversas variantes, mais de 10 conforme interpretação da classificação Köppen-Geiger, especificamente 8 conforme NBR15220. Parte significativa da nossa produção modernista ocorreu em regiões temperadas do centro-sul do país.

contribuição deste conhecimento e de uma possível Teoria do Envelope para pensamentos construtivos diversos, brasileiro, latino, africano, asiático, que não compartilham os mesmos princípios construtivos e da ambiência? Realmente não seriam compartilhados, tendo em vista que nossas edificações, habitantes e animais domésticos também enfrentam a água, calor, frio, vento, umidade, mofo, sal, insetos, vandalismo, bala perdida, raízes de plantas, risco de queda, ruídos, em todos as direções, da fundação à cobertura?

Embora no Brasil o termo envelope esteja associado às fachadas de vidro, assumirei que os princípios construtivos que regem os sistemas de esquadrias diferem apenas em sofisticação entre países. Por este motivo, esta pesquisa não irá tratar de esquadrias, concentrando-se no envelope opaco, considerado em uma escala variável de permeabilidade e transparência. Embora possam representar justamente aspectos críticos que diferenciam os variados pensamentos construtivos, bem como alguns dos principais conflitos funcionais do envelope, aspectos específicos de iluminação e ventilação não serão aprofundados nesta pesquisa, mas incorporados eventualmente.

E por que Tectônica? A cultura construtiva do envelope afeta a expressão construtiva dos estilos regionais? A característica oculta dos elementos de envelopamento, organizados em camadas, desqualificam este envelope segundo a teoria Tectônica? Qual é a relevância da teoria têxtil de Gottfried Semper, que trata de uma possível origem têxtil da arquitetura e do vestir ou revestir a edificação, para a cultura construtiva do moderno envelope? Para determinar o que seja uma tectônica dos envelopes, esta pesquisa se ocupará primeiro da disciplina Tectônica para, em seguida, explorar e definir o que seja envelope. Será organizada da seguinte forma, descrita a seguir.

A revisão bibliográfica será dividida em duas partes, uma sobre cultura tectônica e outra sobre cultura técnica do envelope. Esta divisão não significa que os temas sejam independentes, podendo comparecer em maior ou menor grau em ambas as literaturas.

O capítulo dedicado ao entendimento sobre o que seja Tectônica será dividido em quatro seções, tendo como recorte ou objetivo maior viabilizar a aplicação da teoria Tectônica no estudo do envelope. Na seção 3.1, intitulada “Fundamentos da Tectônica”, a Tectônica será definida primeiro através de seus fundamentos, origens no racionalismo estrutural e definição de uma “poética” da construção. Na seção 3.2, “Poética como revelação e ocultamento”, o conceito de tectônica será ampliado para além da questão mais estrita da exposição “sincera” e “verdadeira” da estrutura e materiais, incorporando a ambiguidade que caracteriza o envelope em suas camadas ocultas. Na seção 3.3, “Envelope na teoria Tectônica”, novos conceitos serão apresentados, desta vez explorando na teoria Tectônica aqueles aspectos diretamente ligados ao

envelope. Por último, na seção 3.4, “Operadores tectônicos para uma teoria do envelope”, serão definidos os conceitos de Tectônica que orientam esta pesquisa e definem a abordagem técnica do capítulo seguinte.

O capítulo dedicado ao entendimento do que seja envelope será dividido em cinco seções, a saber: 4.1, “Algumas teorias afins ao envelope”, introduz a bibliografia mais técnica e apresenta os princípios e conceitos hipotéticos que permitirão mapear uma teoria geral do envelope. Na seção 4.2, “Princípios construtivos”, serão apresentados alguns temas que definem ou afetam o envelope como: sua constituição em camadas; a contradição das juntas, necessárias, mas que representam fragilidades para o envelope; os fluxos, pontes térmicas e outras patologias que demandam o ocultamento da estrutura; e o entendimento mais amplo de fronteiras como zonas fluidas e abertas que refutam o senso comum de envelope como sendo um selo hermético, incorporando os graus de permeabilidade que acabam por incorporar, por exemplo, aspectos de ventilação e higroscopia<sup>3</sup> das próprias paredes. Em seguida, na seção 4.3, “Tipologias de envelope”, é apresentada uma proposta de tipologia funcional do envelope, demonstrando como cada tipo compartilha com os demais os mesmos princípios e modelos construtivos e espaciais. Na seção 4.4, “Taxonomia construtiva do envelope”, é apresentada uma taxonomia hipotética do envelope, tendo como princípio maior sua relação de ocultamento ou não com a estrutura e consequentes fragilidades e pontes. Finalmente, na seção 4.5, “Cultura construtiva do envelope”, os modelos propostos são ilustrados com obras que caracterizam uma cultura tectônica do envelope e, em boa medida, desafiam as classificações propostas. Os principais temas são recapitulados reforçando a viabilidade de um modelo mais abrangente de envelope.

O capítulo seguinte será dedicado à metodologia de seleção e análise do objeto de estudo, bem como sua justificativa.

No capítulo de análise de obras, os temas apresentados sobre o envelope e seu viés Tectônico serão confrontados com cinco obras recentes da arquiteta Maria Josefina (Jô) Vasconcellos, obras que apresentam abordagens muitas distintas e excepcionais dos sistemas construtivos.

Antes, um esclarecimento sobre o uso do termo Tectônica. Como alerta Réjean Legault (AMARAL, 2009)<sup>4</sup> sobre os estudos em cultura tectônica de Frampton, este cometeria a imprecisão de usar o termo em cinco acepções diferentes. Imprecisão ou reconhecimento da

---

<sup>3</sup> Usarei o termo higroscopia, que se refere a capacidade de absorção de água e umidade, também no sentido de liberação, ou eflorescência, ou seja, como uma propriedade dos materiais de absorver, reter e liberar umidade.

<sup>4</sup> (Quase tudo que você queria saber sobre tectônica, mas tinha vergonha de perguntar, 2009)

complexidade de entendimentos que o termo suscita, importa para este presente estudo a seguinte distinção inicial:

- Tectônica (maiúscula) será usada para designar: disciplina geral e instrumento de análise, categoria abstrata, tradição de pensamento acerca da poética da construção.
- tectônica (minúscula) será usada como qualificativo (em contraposição à estereotomia), instrumento de descrição, incluindo a qualidade “a-tectônica”.

## 1.2 Sobre a moral construtiva

Tectônica é a poética da construção, afirma Frampton (1990)<sup>5</sup> ao estabelecer uma base epistemológica para a disciplina, a Poética, entendida como *a-lethea*, ou seja, momento de desvelamento no qual supostamente o significado surge, ou melhor, é construído no próprio ato de fazer, *poiesis*. Esta poética tem seus fundamentos no romantismo alemão representado por Gottfried Semper que, participando de um debate sobre qual seria o estilo adequado para a arquitetura da era industrial, em um ambiente cultural matizado pela arqueologia e antropologia, funda uma teoria autorreferente que encontra nos ofícios ancestrais e matérias (outras cosmologias de origem, portanto) sua legitimação, arquitetura como “livre imitação *de si mesma*” (SCHELLING, 2001, p. 222 *itálico do autor*)<sup>6</sup>. O modelo de Semper será oportuno para a superação do historicismo estereotômico (sólido, da pedra e alvenaria) e o surgimento de teorias da arquitetura baseadas na tecnologia do aço (DEPLAZES, 2005)<sup>7</sup>.

Mas caberá a Viollet-le-Duc (1990, p. 56)<sup>8</sup>, em grande medida, e não a Semper, representar este papel de precursor de uma teoria modernista associada ao funcionalismo e racionalismo estrutural. Segundo sua teoria, um projeto deveria iniciar-se pelos propósitos funcionais e programáticos, à maneira de Durand, para só então gerar uma estrutura que, por sua vez, deveria seguir a função<sup>9</sup>. Esta estrutura, ainda segundo Viollet-le-Duc, deveria ser exposta para revelar sua “verdade” que seria derivada de sua materialidade e sistemas construtivos. Este raciocínio leva o teórico a desejar um novo estilo para o aço, livre dos historicismos. O ornamento era bem-vindo, mas deveria ser fruto único e exclusivo das

<sup>5</sup> (Rappel à l’Ordre: The Case for the Tectonic, 1990)

<sup>6</sup> (Filosofia da Arte, 2001), original de 1802. Schelling sugere um lastro para a teoria têxtil de Semper ao dizer que a arte do drapejamento e do vestuário, como alegorias do orgânico (corpo humano), poderiam ser consideradas as mais belas e perfeitas formas de arquitetura (SCHELLING, 2001, p. 225).

<sup>7</sup> (Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, 2005)

<sup>8</sup> (The Architectural Theory of Viollet-le-Duc: Readings and Commentary, 1990)

<sup>9</sup> As analogias orgânicas e minerais que influenciaram Viollet-le-Duc, devedoras do conceito de *Belle Nature* como natureza mecânica na qual a forma segue a utilidade, indicam sua provável influência pelo debate original das ciências biológicas, conforme Collins (1970). Para este, entretanto, os racionalistas franceses, incluindo Viollet-le-Duc, estavam mais para a fórmula “a forma segue a estrutura”.

propriedades materiais e mecânicas da construção, condenando o esqueuomorfismo<sup>10</sup> e a contaminação entre sistemas construtivos como sendo manifestações impuras.

Se Viollet-le-Duc fala de “verdade estrutural”, outros autores vão falar também em termos de “honestidade” material, expressão verdadeira (COLLINS, 1970, p. 105)<sup>11</sup>, “saúde” plástica, “autenticidade”, “nobreza”, “pureza”. Adolf Loos, apropriando-se da teoria têxtil de Semper, elabora sua própria Lei do Revestimento, na qual afirma que revestimento e material revestido não podem confundir-se, que “a madeira pode pintar-se com todas as cores menos com uma, a da madeira” (LOOS, 1980, p. 218 tradução minha)<sup>12</sup>. Existiria, conseqüentemente, uma “moral construtiva” na teoria Tectônica, ou na sua apropriação enquanto discurso legitimador? Esta moral construtiva, suponho, seria qualquer referência à materialidade da arquitetura que, virtualmente, contenha atributos morais derivados de um entendimento utilitarista/funcionalista<sup>13</sup> dos sistemas construtivos, através dos quais a arquitetura deveria expressar sua materialidade sem “mascaramentos” ou “falseamentos”.

Outras abordagens, entretanto, diriam que as formas impuras e os sistemas híbridos seriam a regra na construção (DIETHELM, 2005)<sup>14</sup>, não apenas por um questão de eficiência construtiva, mas também de “permanência cultural”, como afirma Deplazes:

[A teoria do esqueuomorfismo de Semper] diz menos respeito à tecnologia da construção em si e mais às conseqüências para a expressão arquitetônica no ponto de transição da tectônica para a estereotomia, uma espécie de transferência da construção em madeira para a construção sólida. Eu chamo esse conflito de “imanência tecnológica versus permanência cultural”<sup>15</sup>. (DEPLAZES, 2005, p. 77 tradução minha)

Ford (2003)<sup>16</sup> defende que a eleição rígida de um sistema construtivo como superior ou mais adequado do que outros não seria razoável, e que muitas vezes a escolha entre expor ou ocultar os sistemas e componentes dependeria muito mais de condicionantes técnicos do que de uma hierarquia definida por “vagos imperativos morais”. Ford (2003, p. 429 tradução minha) insiste ainda que “a linguagem da arquitetura e a natureza da construção nunca podem coincidir” e que “a lógica da construção geralmente desafia a generalização”, reforçando seu

<sup>10</sup> O mesmo que simulacro, ou imitação, mas que em Gottfried Semper adquire um sentido de metamorfose quando os ornamentos de uma técnica são preservados em outras materialidades.

<sup>11</sup> Ver moral religiosa e neo-gótico em Los ideales de la arquitectura moderna: su evolución (1750-1950)

<sup>12</sup> (Ornamento y delito y otros escritos, 1980)

<sup>13</sup> Outros aspectos dessa moral, como a desejada reforma social em Ruskin e nos principais modernistas, não são consideradas aqui.

<sup>14</sup> (Steel, 2005). Em *Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures*

<sup>15</sup> “*It is less concerned with building technology itself and more concerned with consequences for architectural expression at the point of transition from tectonics to stereotomy, a sort of transfer of timber construction to solid construction. I call this conflict “technological immanence versus cultural permanence”*”

<sup>16</sup> (The Details of Modern Architecture, 2003)

argumento (taxativo) de que qualquer imperativo moral pressupõe o desconhecimento das especificidades da construção. Avançando estes argumentos, Collins (1970, p. 254) diferencia “verdade” de “sinceridade”, esta sendo subjetiva, aquela referindo-se a uma suposta “correspondência objetiva entre o que uma estrutura é e o que aparenta ser”. Collins (1970, p. 258) afirma ainda que a teoria clássica se “referia menos ao que era verdade do que ao que era parecido”, preferia “o verossímil ao verdadeiro”. Como diria Ford (2003, p. 7), “a estrutura e a percepção da estrutura são coisas diferentes”.

Estas ambiguidades construtivas já aparecem na análise de Semper (1989, pp. 258–259), cuja teoria fundadora admite a contaminação técnica e simbólica dos sistemas construtivos que se metamorfoseiam e carregam em si valores e qualidades originais de outras técnicas e materiais, podendo mesmo desaparecer em sua materialidade original. Desde a antiguidade, a urdidura da alvenaria, por exemplo, teria cumprido funções ornamentais em detrimento das estruturais e tomado emprestado de outras técnicas seus motivos ornamentais. Como lembra Collins (1970, p. 160) ao criticar as analogias biológicas entre forma e função, nem sempre sobrevive o mais adequado.

O conceito original semperiano de “vestir” a edificação desconsidera qualquer moralismo acerca desse vestir como ilusão ou máscara. Este entendimento seria mais que apropriado para interpretar tectonicamente o moderno envelope, performativo, vestido em camadas como, por exemplo, nos casos em que o tijolo apenas cobre a edificação, como uma casca, sem função de suporte. No contexto das modernas normativas de conservação de energia e isolamento térmico, a “degradação moral” do tijolo importa menos que sua performance e toda alvenaria sólida tornar-se-ia inviável economicamente, argumenta Moravánszky (2005, pp. 25–26)<sup>17</sup> (excluindo de seus argumentos outros contextos climáticos e produtivos)<sup>18</sup>.

Esta digressão sobre a moral tem como objetivo desassociar, desde já, a Tectônica de temas como verdade estrutural ou honestidade material, mas sem negar que estas possam existir como possibilidades. Como atestam os argumentos a favor da impureza e contaminação dos sistemas construtivos (DEPLAZES, 2005), o envelope e a estrutura, bem como outros aspectos da construção, existem em simbiose e, para os objetivos desta pesquisa, determinam diversas formas de articulação conforme o envelope oculta ou revela a estrutura. Para Deplazes e Wieser

---

<sup>17</sup> (The pathos of masonry, 2005). Em *Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures*. O autor refere-se a Ruskin nesta passagem.

<sup>18</sup> Este argumento, baseado exclusivamente na experiência Europeia, se apoia no fato de que a alvenaria sólida só acrescenta custos porque não dispensa todos os *layers* de isolamento. Daí que, neste contexto, se usa a construção leve para resolver os problemas de isolamento e o tijolo como revestimento para denotar solidez.

(2005, p. 14)<sup>19</sup>, no atual estágio de complexidade construtiva a que chegamos, “tudo é factível, tudo está disponível”, e não existiriam mais fronteiras entre os sistemas construtivos.

No sentido de ampliar o entendimento do que seja tectônica, para além do esqueleto estrutural, proponho investigar como o envelope pode ser interpretado a partir da teoria Tectônica e qual seria a poética deste envelope. É preciso então voltar a Semper e examinar seu outro componente tectônico, a pele da edificação. Derivada do comportamento ancestral de demarcação do espaço através de peles animais e trançados de vime<sup>20</sup>, a arte têxtil<sup>21</sup> deixará como legado para a arquitetura um repertório de técnicas, ornamentos e símbolos derivados do nó e da trama que serão perpetuados na madeira, cerâmica, pedra e aço (SEMPER; HERRMANN, 1989), mas também um outro sentido de representação e de vestir a edificação em camadas ocultas que caracteriza o envelope performativo. Aqui então se inicia de fato esta pesquisa, na fundamentação de uma teoria tectônica de base poética, que admite a ambiguidade e ocultamento dos sistemas construtivos. Estas ambiguidades, entre o ocultamento e desvelamento de seus materiais, componentes e cargas diversas, seriam potencialmente mais manifestas no envelope.

---

<sup>19</sup> (Constructing Architecture: Materials Processes Structures - A Handbook, 2005)

<sup>20</sup> Cf. (BROADBENT, 1982)

<sup>21</sup> Embora não seja objetivo desta pesquisa uma organização e análise específica das possibilidades de aplicação das artes e materiais têxteis na arquitetura, ao longo do texto, sempre que possível, serão apresentados exemplos que reforçam esta aplicação.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A literatura desta pesquisa pode ser dividida em dois grandes grupos. O primeiro, relacionado à Tectônica, é composto por textos que deram origem e continuidade às teorias tectônicas, bem como outros que, embora não tratando diretamente do tema, podem ser incorporados à bibliografia básica destes estudos. O segundo grupo, mais técnico e sobre o envelope, é irregular e menos consagrado, variando de textos dedicados à engenharia, manuais e catálogos técnicos e outros voltados para o público de arquitetura, sem uniformidade de conceitos.

### 2.1 Literatura sobre Tectônica

A literatura relativa à cultura tectônica pode ser dividida em quatro grandes momentos: romantismo alemão de meados do séc. XIX, textos esparsos da década de 60 do séc. XX, autores em torno do Regionalismo Crítico nas décadas de 80 e 90 e novas abordagens relacionadas à performance das edificações e fabricação digital no séc. XXI. Em todos eles, o conceito de tectônica irá variar conforme as ideologias, afastando a possibilidade de uma unidade teórica.

Embora seja possível rastrear teorias arquitetônicas que possam, em boa medida, indicar o surgimento de uma cultura tectônica antes do séc. XIX, é na Alemanha daquele século que o termo surge dentro de um debate maior sobre o estilo. Autores como Heinrich Hübsch<sup>22</sup> farão a pergunta sobre “em qual estilo deveríamos construir” e Carl Bötticher<sup>23</sup> irá estabelecer o influente conceito de *Werkform* e *Kunstform* (forma-núcleo e forma-artística) que influenciará Gottfried Semper em sua teoria do revestimento têxtil. Estes textos estão selecionados, reunidos e traduzidos em “*In What Style Should We Build? The German Debate on Architectural Style*” (HERRMANN et al., 1992), que aqui uso como referência.

Gottfried Semper publica em 1851 “*Die vier Elemente der Baukunst*”<sup>24</sup>, “*Wissenschaft, Industrie und Kunst*”<sup>25</sup> em 1852, e a obra considerada mais importante, os dois volumes de “*Der Stil in den technischen und tektonischen Künsten oder Praktische Ästhetik*” em 1861 e 1863. De seus textos e posteriores interpretações, será importante para este presente estudo a teoria têxtil na qual Semper interpreta a pele da edificação como um princípio ancestral, fundamento técnico e simbólico da arquitetura. Deriva deste pensamento a ideia de vestimenta da edificação, admitindo sua organização em camadas. Semper também aprofunda a distinção

<sup>22</sup> (In welchem Style sollen wir bauen?, 1828)

<sup>23</sup> (The Principles of the Hellenic and Germanic Ways of Building with Regard to Their Applications to Our Present Way of Building, 1846)

<sup>24</sup> Quatro elementos de Arquitetura

<sup>25</sup> Ciência, Indústria e Arte



entre tectônica e estereotomia, a tectônica sendo entendida, naquele contexto, como possibilidade de superação da estereotomia clássica e estilos históricos, incorporando as novas tecnologias da revolução industrial. Não menos importante, a associação cultural e antropológica de uma cultura tectônica aos ofícios e materiais ancestrais, aos povos e regionalismos, admitindo neste pensamento a impureza dos sistemas construtivos, sua contaminação e metamorfose técnica e simbólica. Estes textos estão selecionados em “*Gottfried Semper: The Four Elements of Architecture and Other Writings*” (SEMPER; HERRMANN, 1989).

Textos tratando em maior ou menor medida de problemas tectônicos ressurgem apenas na década de 60 do século passado, dos quais podem ser destacados “*Structure, Construction & Tectonics*” de Eduard Sekler (publicado em 1965) e dois livros de Peter Collins (1970), “*Concrete, the Vision of a New Architecture*” de 1959 e “*Los ideales de la arquitectura moderna: su evolución (1750-1950)*”<sup>26</sup>, todos ainda abordando a tectônica sob um viés mais restrito de expressão estrutural.

Nos anos 80 e 90 surgirão autores e textos bastante influentes, todos em alguma medida girando em torno do ideário do Regionalismo Crítico. O influente artigo de Marco Frascari (1984), “*The tell-the-tale detail*”, e textos de Vittorio Gregotti (1996) como “*The Exercise of Detailing*” de 1983 e “*Inside Architecture*” de 1996 deslocam o tema tectônico para o detalhe construtivo entendido como fundamento da construção, tendo como referência maior o nó têxtil da teoria de Semper como símbolo técnico fundamental e a obra de Carlo Scarpa como inspiração.

“*Towards a Critical Regionalism: Six Points for an Architecture of Resistance*” (FRAMPTON, 1983), “*Rappel a l'ordre: The case for the Tectonic*” (FRAMPTON, 1990) e “*Studies in tectonic culture: the poetics of construction in nineteenth and twentieth century architecture*” (FRAMPTON, 1995) consolidam Kenneth Frampton como a principal referência da teoria Tectônica. Frampton resgata Semper e com ele uma noção de poética da construção (em contraposição ao racionalismo cartesiano) cujos antecedentes epistemológicos seriam rastreáveis em Giambattista Vico<sup>27</sup>. Frampton não vê com bons olhos o deslocamento de importância da estrutura para o envelope, processo que ele identifica como “fachadismo”. Sua obra mais recente, “*A Genealogy of Modern Architecture: Comparative Critical Analysis of Built Form*” (FRAMPTON, 2015), acaba empobrecendo a relação entre estrutura e envelope e o próprio conceito de tectônica.

<sup>26</sup> Do original “*Changing Ideals in Modern Architecture (1750-1950)*” de 1965.

<sup>27</sup> 1668-1744

Gevork Hartoonian (1994) em sua *“Ontology of construction: on nihilism of technology in theories of modern architecture”* apresenta uma interpretação da tectônica em direção à ambiguidade e complexidade dos sistemas construtivos, que poderia ser resumida como uma dialética da montagem e desmontagem. Mas esta mesma ambiguidade e complexidade é tratada de forma bem menos filosófica e bastante técnica na obra de Edward Ford (2003), o fundamental *“The Details of Modern Architecture”*, cujo primeiro volume de dois foi publicado em 1990. Embora dedicado a uma análise profundamente técnica sobre a construção erudita, uma das contribuições maiores de Ford seria a argumentação acerca da inviabilidade de sistemas construtivos totalmente "honestos", o que ele chama de desencontro entre "estilos de construção" e "estilos de arquitetura". Ford, sem maiores aprofundamentos teóricos, consegue integrar aspectos da teoria até então dispersos como: a existência de sistemas impuros entre a estereotomia e tectônica (Semper), o detalhe como unidade mínima de significação (Frasconi), a coexistência obrigatória entre sistemas ocultos, revelados e/ou representados (Frampton e teóricos alemães) e as contradições construtivas inerentes ao processo de montagem (Hartoonian).

Andrea Deplazes (2005), em *“Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures”*, intenta elaborar um manual completo, exaustivo, mas cuja universalidade é contrariada pela típica regionalidade suíço-germânica que caracteriza esta produção técnica e teórica. Deplazes atualiza Semper tanto acerca do conflito entre “imanência tecnológica e “permanência cultural” (que torna os sistemas construtivos um fenômeno cultural complexo), como do conceito de vestir a edificação em camadas, alinhando este princípio ancestral com o moderno envelope organizado em camadas ocultas.

A partir dos anos 2000 surge uma nova geração de autores que ampliarão o conceito de tectônica, tornando a disciplina cada vez mais aberta à interpretação e apropriação. Estes autores abrirão caminho para especulações acerca das então nomeadas Tectônicas Digitais e Performativas, dentre eles Neil Leach (2004) em *“Digital Tectonics”*, Anne Beim (2004) em *“Tectonic Visions in Architecture”*, Anne Marie Due Schmidt (2005) em *“Digital Tectonic Tools”*, e Patrik Schumacher (2019; 2018) em *“Diseño como Segunda Naturaleza”* e *“The Progress of Geometry as Design Resource”*. Beim, tratando da Tectônica Performativa, reclama por uma atualização da teoria Tectônica que responda satisfatoriamente às novas práticas ditas sustentáveis e que afetam a expressão construtiva, muitas vezes de forma indesejada como no caso de edificações históricas. Schumacher, que declara o parametricismo como o novo estilo do tempo, argumenta que seu estágio final evolutivo seria o “tectonismo paramétrico”, voltado mais para parâmetros construtivos que formais.

A importância dos textos sobre cultura digital não estaria somente na atualidade do tema, mas também na atualização da teoria têxtil de Semper. O tema maior das Superfícies amplia o repertório de operadores tectônicos para além da pura montagem, incluindo procedimentos como dobras, estratificações e a continuidade topológica. Sophia Vyzoviti (2003, 2006, 2013), em textos como *“Folding Architecture”*, *“Supersurfaces”* e *“The Depth of Surface: An evolutionary Paradigm for Digital Architecture”*, por sua vez retomando autores como Greg Lynn (1993) em *“Folding in Architecture”* de 1993 e *“Blobs, or why tectonics is square and topology is groovy”* de 1996, demonstra como a elaboração (morfogenética) das superfícies a partir dos anos 90 sedimenta uma cultura arquitetônica que, posteriormente, irá provocar o desenvolvimento de tecnologias de fabricação digital que viabilizassem tais experimentos.

Autores como Lars Spuybroek (2010, 2011) (*“The Matter of Ornament”* e *“Textile Tectonics”*) e Antoine Picon (2014) (*“Ornament: The Politics of Architecture and Subjectivity”*) cada qual a sua maneira, reelaboram a teoria têxtil de Semper para interpretar o moderno envelope como um meio ornamental no contexto das ferramentas digitais.

Lucas Peries (2016), mesmo não se ocupando especificamente da Tectônica Digital como os acima citados, contribui para pesquisas relacionadas ao moderno envelope ao apresentar o conceito de Estereotomia Topológica que caracterizaria uma produção arquitetônica não euclidiana. Em *“Estereotomía y topología: en arquitectura”*, o autor emancipa a estereotomia como disciplina autônoma, incorporando cápsulas e cascas nestes sistemas sem, contudo, associar a topologia formal a uma topologia construtiva (inviolável) do moderno envelope.

Mas o autor que melhor ampara estas leituras, em grande medida aprofundando Frampton e oferecendo o necessário distanciamento crítico, seria Anthony Rizzuto (2010). Este autor investiga o que seria essa “cultura” tectônica através de seus fundamentos epistemológicos no período clássico, o surgimento do racionalismo estrutural e utilitarismo modernos, e as origens do pensamento poético na Alemanha que culminam em Semper. Sua tese *“Tectonic memoirs: The epistemological parameters of tectonic theories of architecture”* será um guia importante desta pesquisa e explorada no capítulo que trata dos fundamentos da tectônica para estabelecimento do que seria a “poética” na construção.

No Brasil, estudos propriamente tectônicos serão marcados pela identificação de uma singularidade tectônica da arquitetura brasileira que transita entre o desejo de modernidade industrial e sistemas produtivos ainda artesanais, tendendo sempre para a expressão estrutural claramente articulada. Roberto Conduru (2004) em *“Tectônica Tropical”*, Bruno Santa Cecília (2005) em *“Tectônica moderna e construção nacional”* e Izabel Amaral (2009; 2007) em

“Quase tudo que você queria saber sobre tectônica, mas tinha vergonha de perguntar” e “*Contemporary architecture and the tectonic project in Brazil*”, são autores desta primeira década que contribuem para a retomada das pesquisas tectônicas com foco na arquitetura brasileira. Mais recentemente, Rogério Pontes Andrade (2016), em “Matrizes tectônicas da arquitetura moderna brasileira 1940-1960”, reforça a associação entre tectônica e estrutura na arquitetura brasileira. Aristóteles de Siqueira Campos Cantalice II (2018, 2015), em “Redescobrimo a arte científica tectônica” e “Descomplicando a tectônica: Três arquitetos e uma abordagem”, não apenas apresenta uma fundamental decupagem da teoria Tectônica, como propõe uma metodologia de análise que o autor aplica no estudo minucioso da obras e detalhes construtivos de três arquitetos brasileiros muito representativos de uma possível tropicalidade.

## 2.2 Literatura sobre envelope

A literatura sobre envelope pode ser dividida em dois grupos: uma voltada para o público de arquitetura, geralmente constituída de temas gerais aplicados e ilustrados, mas heterogênea e irregular na definição técnica e conceitual do envelope; e outra para o público técnico, constituída por manuais, guias, normas e catálogos, com variações regionais de definição do envelope.

No Brasil, esta literatura pode ser considerada inexistente, se considerada a partir desta abordagem eurocêntrica, mas as questões climáticas e das envoltórias estão presentes desde o “Roteiro para construir no Nordeste: arquitetura como lugar ameno nos trópicos ensolarados” de Armando de Holanda (1976) aos estudos mais recentes provocados pelas normas de desempenho NBR15575 (TÉCNICAS, 2013) e o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações (RTQ-R) (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, 2012), dos quais extraio a definição de envoltória que contraponho à de envelope (capítulo 4.1).

Alejandro Zaera-Polo (2008, 2009) é de todos os autores acionados nesta pesquisa o que menos se alinha com uma cultura tectônica, mas textos como “*The politics of the envelope*” e “*Patterns, Fabrics, Prototypes, Tessellations*” procuram esboçar uma teoria do envelope, reconhecendo neste um caráter emergente e fundamental da arquitetura do séc. XXI. De Zaera-Polo será importante a apropriação do conceito de mediação de fluxos, a ser desenvolvido no capítulo 4 deste volume.

Anne-Catrin Schultz (2015) dedica o livro “*Time, Space, and Material: The Mechanics of Layering in Architecture*” para o estudo das camadas em suas dimensões temporais, espaciais, materiais e simbólicas, um estudo que consolida o tema das camadas como uma

estratégia formal e compositiva para mediação de complexidades. Embora ofereça um quadro teórico específico que permita tratar o envelope sob a perspectiva da sua configuração em camadas, a autora não aprofunda as questões construtivas. Partindo de sua importante contribuição, aprofundo o tema das camadas em suas lógicas construtivas.

Thomas Herzog, Krippner e Lang (2012), na mesma linha suíço-germânica de Deplazes, concentram sua pesquisa de caráter exaustivo no tema da fachada em *“Facade Construction Manual”*. O termo envelope é frequentemente usado de forma intercambiável com fachada, mas não há o esforço em definir a diferença entre ambos. Herzog, ao criticar o uso indiscriminado de técnicas construtivas associadas a este envelope performativo, chama a atenção para o fato de que, muitas vezes e na incerteza da melhor solução técnica, arquitetos e engenheiros preferem seguir a moda construtiva do que fundamentarem sua prática em princípios construtivos que poderiam ser mais bem utilizados.

Foram também relevantes para esta pesquisa as seguintes obras: *“Building Envelopes an Integrated Approach”* (LOVELL, 2013); *“Building Physics of the Envelope”* (KNAACK; KOENDERS, 2018) que foca em aspectos dos fenômenos físicos que eu nomeio como fluxos de matéria e energia; e *“Enclose | Build”* (HERRMANN et al., 2015), este último com modelos gráficos similares aos aqui apresentados, reinterpretados para caracterizar a interação entre estrutura e envelope (Figura 19).

Em abordagens relevantes pelo tratamento tecnológico dado ao envelope, estariam textos dedicados ao envelope performativo em suas versões cinéticas e responsivas com uso de alta tecnologia e servomecanismos, com ênfase em suas capacidades homeostáticas, mas normalmente limitados à questão da proteção térmica. Nesta vertente, cabe destacar a dissertação *“Building Skins In The Age Of Information Technology”* de Yomna Saad ElGhazi (2009) e *“Kinetic Architecture: Design for Active Envelopes”* de Charles Linn (2014).

Contribuem ainda, para a aplicação dos modelos e princípios de envelope em climas quentes, as seguintes obras: *“Form Follows Energy: Using natural forces to maximize performance”* (CODY, 2017), *“Thermally Active Surfaces in Architecture”* (MOE, 2010) e *“A Multilayer Emitter Close to Ideal Solar Reflectance for Efficient Daytime Radiative Cooling”* (ZHU et al., 2019).

A literatura mais técnica selecionada foi: *“Build Envelope Design Guide (BEDG)”* (ARNOLD; FAIA; RIBA, [s.d.])<sup>28</sup>, um guia em forma de site em constante atualização, parte do *Whole Build Design Guide (WBDG)*, um típico catálogo universal americano, também

---

<sup>28</sup> <https://www.wbdg.org/guides-specifications/building-envelope-design-guide>

exaustivo, do qual são extraídos os conceitos e princípios de envelope como mediador de fluxos, da fundação à cobertura. Do mesmo *WBDG*, destaco “*Building enclosure design principles and strategies*” (KESIK, 2016).

Dentre os guias e catálogos de fornecedores, utilizo o “*Design Guide, Solutions to Prevent Thermal Bridging*, Schöck Isokorb” (LAWTON, 2014), um guia de fabricante com soluções construtivas que ilustram didaticamente formas de prevenção e quebra de pontes térmicas.

Finalmente, destaco o livro “*Habitat for Humanity, How to Build a House*” (HAUN et al., 2002), a partir do qual adquiri os primeiros conhecimentos e fundamentos sobre sistemas construtivos *wood-frame* (exóticos para o Brasil) e que provocaram meu interesse maior pelo envelope.

### 3 POÉTICA DA CONSTRUÇÃO

#### 3.1 Fundamentos da Tectônica

Tectônica é a poética da construção, estabelece Frampton em seus estudos sobre cultura tectônica (1995), ou ainda, a manifestação poética da estrutura em oposição a uma revelação mecânica da construção, no sentido grego de “*poiesis* como um ato de fazer e revelar”<sup>29</sup> (FRAMPTON, 1990 tradução minha). Explorando a etimologia da palavra, ele apresenta o entendimento mais aceito de que *tekton*, diretamente do grego, significaria carpinteiro ou construtor (1995, p. 3) e, conseqüentemente, construção em madeira ou ainda *frame*, culminando eventualmente no surgimento do *architekton*, o carpinteiro mestre ou *master-builder* (construtor chefe).

Mas, segundo Rizzuto (2010, p. 10), Frampton oferece uma visão tardia da etimologia. Esta associação de *tekton* à carpintaria viria do período Helenístico, mas sua verdadeira origem estaria no período Homérico. Significaria artífice em geral, e o termo composto seria usado para associar os respectivos ofícios e matérias como: *siderotekton* (aço), *chrysotekton* (ouro), *lithotekton* (pedra), *xylontekton* (madeira) (2010, p. 42), caracterizando distintos ofícios e sugerindo um entendimento de tectônica para além da carpintaria e esqueleto estrutural. Qual seria então a matéria do *arche-tekton*, o artesão da *arche*<sup>30</sup>? Rizzuto inicia oferecendo um entendimento mais complexo sobre o tema, que associa qualquer ofício *tekton* à reprodução recursiva do *kosmoi*, da ordem cosmológica (ordem e beleza) e social (qual fosse). “A adição do prefixo *arche* ao *tekton* indica a seriedade com que os gregos antigos viam as ações dos *tektons* e suas ramificações no bem-estar social da sociedade”<sup>31</sup> (RIZZUTO, 2010, p. 51, tradução minha).

Mas, qual seria o significado moderno de tectônica?

O termo apresenta usos distintos nas disciplinas de arquitetura e geologia, mas algumas associações entre tectônica arquitetônica e tectônica geológica, já insinuadas na “estética geológica” de Ruskin (SPUYBROEK, 2010, p. 236) (CHATTERJEE, 2017, p. 10)<sup>32</sup>, podem existir desde categorias como estruturas, movimentos, dinâmica das forças, mecânica, até as literais camadas<sup>33</sup>. As analogias topográficas (camadas e dobras) em arquitetura não são incomuns,

<sup>29</sup> “*poesis as an act of making and revealing*”

<sup>30</sup> A conotação de *arche* como chefe ou líder estaria associada à função do *Archon* nas antigas cidades gregas, um alto cargo com poderes jurídicos e executivos, responsável pela ordem social (RIZZUTO, 2010, p. 49).

<sup>31</sup> “*The addition of the prefix arche to tekton indicates the seriousness with which the ancient Greeks viewed the actions of the tektons and their ramifications on the social well-being of society.*”

<sup>32</sup> (Ruskin and Beyond: Vital Surfaces and Making of Architecture, 2017)

<sup>33</sup> Associação que se completa, para as duas tectônicas, com algumas das principais categorias da poética da imaginação de Gaston Bachelard: fogo, material e dinâmica das forças, dos movimentos e do repouso. Cabe

como em Greg Lynn (1993), mas é no sentido de montagem e carpintaria que ainda prevalece o entendimento de tectônica em arquitetura.

Conforme Rizzuto, o discurso contemporâneo mais aceito definiria tectônica como uma estratégia formal na qual a forma emerge da natureza dos seus materiais e métodos de construção ou fabricação, distintamente da mera expressão estrutural (2010, p. 4). É no processo de “fazer”, sentido original de *poiesis*, que o significado surge, e seria no detalhe construtivo, ainda segundo Rizzuto, que encontraria sua manifestação mais contundente. Isso levaria a uma arquitetura “autêntica”, livre dos estilos, mas tais definições, segundo Rizzuto, seriam insuficientes para estabelecer uma “cultura” tectônica de fato, e ele provoca sem pretender dar respostas imediatas:

Qual a distinção entre “revelação mecânica” e “manifestação poética” da construção e estrutura? Como as diferentes definições de *techne* afetam o discurso tectônico? Qual é o fundamento para afirmar que o significado surge no processo de fazer? Como Tectônica é um veículo de resistência e crítica cultural? (RIZZUTO, 2010, p. 12, tradução minha)

Rizzuto (2010, p. 3) inicia sua tese citando Mitchell Schwarze, segundo o qual os “fundamentos da tectônica revelam uma turbulenta subestrutura, desequilibrada pelo excesso do projeto racional, Tectônica como puro discurso”, e eu completaria, legitimador para o grupo que aceitaria tal digressão na medida em que elege o discurso estrutural como o único razoável. Rizzuto propõe então uma abordagem epistemológica que forneça um entendimento mais amplo sobre os fundamentos da Tectônica, partindo da antiguidade clássica, passando pelo período do racionalismo moderno, na ciência Cartesiana-Newtoniana e finalmente pela contra-ilustração e romantismo alemão, momentos que ele nomeia respectivamente como Tectônica Clássica, Tectônica Racional e Tectônica Poética. Entretanto, Rizzuto desconsidera o medievo, omitindo, talvez, uma possível origem do pensamento tectônico<sup>34</sup>.

O pensamento tectônico mais comumente identificado com uma tradição de pensamento construtivo moderno teria surgido no séc. XIX durante a revolução industrial e como resposta à pergunta que se impunha diante das novas tecnologias: “em qual estilo deveríamos construir?”

---

lembrar que, além de sedimentares, as rochas podem ser também metamórficas e ígneas, mas é no sentido de estratificação que as associações entre camadas físicas e temporais da arquitetura e geologia mais se aproximam.

<sup>34</sup> No moderno dicionário grego, a palavra Tectônica está associada à ordem maçônica, os *freemasons*, que em tradução literal seria “pedreiros-livres”, conotação que na idade média servia também para designar *master-builders* e arquitetos que, livres das guildas, podiam viajar e trocar conhecimento técnico e filosófico, movimento que poderia ser associado ao desenvolvimento da arquitetura gótica. Ver “An Etymology of Tectonics”, em (BECH-DANIELSEN, 2014, pp. 26–27)



(HERRMANN et al., 1992)<sup>35</sup>. Mas este questionamento sobre os estilos não surge com o advento da construção em aço, concreto armado e outras formas de pré-fabricação. Surge antes, ainda no séc. XVII, no questionamento à autoridade dos antigos promovido pela *Querelle des Anciens et Modernes*<sup>36</sup>, e com a fundação das academias francesas e inglesas sob tradição cartesiana. É no questionamento da autoridade dos antigos que surgem as teorias arquitetônicas desencantadas nas quais prevalece a ideia de *belle nature*, de uma natureza mecânica e funcional.

Essa inerente visão da natureza se tornaria a base de uma abordagem funcionalista da beleza que se estabeleceu no século XVIII e se tornou uma característica dominante da estética do engenheiro do século XIX e da doutrina do funcionalismo na arquitetura moderna no século XX.<sup>37</sup> (RIZZUTO, 2010, p. 236, tradução minha)

A autoridade se desloca da cosmologia clássica para a ciência moderna, abrindo caminho para a racionalização<sup>38</sup> da teoria e futuro funcionalismo.

Para [Christopher] Wren, o arquiteto poderia manter um padrão de bom gosto usando a utilidade funcional, estabilidade estrutural e geometria, para orientar seu projeto [...] A qualidade primária do bom design era o equilíbrio estrutural. E é com ele que vemos um movimento decisivo em direção a um racionalismo estrutural.<sup>39</sup> (RIZZUTO, 2010, p. 203, tradução minha)

As ordens clássicas não são questionadas como tipos adequados, mas desautorizadas como portadoras de verdades objetivas. Estas, por sua vez, deverão ser encontradas na análise mecânica das estruturas e materiais construtivos. A utilidade será o meio pelo qual os aspectos irracionais do gosto se tornarão legítimos, “conceitos estéticos básicos se tornam dependentes de valores utilitários da arquitetura” (RIZZUTO, 2010, p. 234, tradução minha).

Como se vê nos programas da *Academie* e da *Royal Society* (nesta, o curso de arquitetura fazia parte das artes mecânicas), os cursos de arquitetura vão inaugurar uma proto-engenharia moderna, ou politécnica, introduzindo disciplinas como geometria, aritmética, mecânica,

<sup>35</sup> Patrik Schumacher, neste séc. XXI, defende que seria o parametricismo em seu estágio final, o “tectonismo paramétrico”.

<sup>36</sup> Querela do Antigos e Modernos, iniciada em 1687.

<sup>37</sup> “*This inherent view of nature would become the basis of a functionalist approach to beauty that took hold in the 18th century and became a dominant feature of both the engineer’s aesthetic of the 19th century and the doctrine of functionalism in Modern architecture in the 20th century.*”

<sup>38</sup> Para as diversas interpretações de racionalismo em arquitetura, ver “*Historias del presente inmediato: la invencion del movimiento moderno arquitectonico*” (VIDLER, 2010) e “*Los ideales de la arquitectura moderna: su evolución (1750-1950)*” (COLLINS, 1970). Usarei sempre no sentido indicado por Rizzuto.

<sup>39</sup> “*For Wren, the architect could maintain a standard of good taste by using functional utility, structural stability and geometry, to guide his design [...] The primary quality of good design was structural equipoise. And it is with him that we see a decisive move toward a rational structuralism.*” Não está claro se Rizzuto quis dizer racionalismo estrutural, mas opto pelo sentido mais razoável dentro do contexto em que se desenvolve esta passagem do texto.

hidráulica, arquitetura militar, perspectiva (Rizzuto, 2010, p. 176), tipologias construtivas, resistência dos materiais, instrumentos, técnicas da construção, cálculos estruturais (2010, p. 194), bem como estudos que começam a extrapolar a antiguidade clássica, incluindo outras civilizações fora da Europa, em um processo cada vez mais sistemático de classificação do mundo.

A definição do que seria uma Tectônica “Poética” existiria, a princípio, em oposição à epistemologia da ciência racional que suspeita dos sentidos, como prenunciada por Giambattista Vico na sua filosofia da imaginação, mas, como sugere Rizzuto, ela teria também, em seus fundamentos próprios, uma base racional conciliada com aspectos do pensamento clássico. Em termos construtivos, isso quer dizer que os arquitetos envolvidos no debate alemão sobre o estilo (HERRMANN et al., 1992) defendiam uma arquitetura racional baseada na materialidade e nas propriedades estruturais, mas não somente a partir de leis universais (historicistas), mas também de fenômenos particulares, frutos de um entendimento proto-regionalista<sup>40</sup> (e romântico) da cultura, materiais disponíveis, sistemas construtivos locais, tradições, clima, geografia, natureza e, no passo seguinte, a incorporação de novos materiais e tecnologias (aço) que correspondessem a um novo estilo. Se consideramos, seguindo Rizzuto, a permanência da Tectônica Racional dentro da Tectônica Poética, podemos reformular Frampton e afirmar que a Tectônica é duplamente a “manifestação poética da estrutura” (de toda a construção) e a “revelação mecânica da construção”, em maior ou menor grau, como dimensões distintas que se complementam.

### 3.2 Poética como revelação e ocultamento

Mas o que seria a poética na construção, como estabelecido por Frampton? A passagem em que Frampton (1995, p. 23) explora a contribuição de Heidegger para o pensamento sobre a tecnologia traz uma importante reflexão; “poética” pode ser entendida como um procedimento de revelação (conhecimento), desvelamento (DI PIPPO, 2000, p. 3)<sup>41</sup>. É uma revelação que pressupõe certo mascaramento, como o drapeado que revela o corpo na pedra esculpida. Para Frampton (1990), tendo como referência os conceitos de forma-núcleo e forma-artística (*Werkform* e *Kunstform*) de Bötticher, ou ainda de *structural-technical* e *structural-symbolic* de Semper (todos derivados dos conceitos de impulso material e impulso formal de Friedrich

<sup>40</sup> Uso esta expressão para indicar a filiação entre o debate alemão e o Regionalismo Crítico de Frampton.

<sup>41</sup> (The Concept of Poiesis in Heidegger’s An Introduction to Metaphysics. Thinking Fundamentals, 2000)

Schiller (RIZZUTO, 2010)), a representação é uma "amplificação formal da presença estrutural" e dos aspectos ontológicos da construção que, de outra maneira, estariam ocultos<sup>42</sup>.

Expor os fundamentos construtivos, a materialidade dos componentes, a *faktura*<sup>43</sup> (SCHUMACHER, 2018), a dinâmica estrutural, a articulação/conexão entre sistemas, são procedimentos ou operadores tectônicos racionais comumente acionados. Daí decorre, por aparente oposição, que o ocultamento associe-se à qualidade "a-TECTÔNICA", ideia que Frampton (1995, p. 20) elabora a partir do ensaio original de Sekler (1965), referindo-se especificamente ao obscurecimento visual da interação entre carga e suporte estrutural. Se entendida, portanto, como um processo de ocultamento, a caracterização como "a-TECTÔNICO" poderia então (des)qualificar outros aspectos construtivos e não somente a estrutura. Mas proponho que revelar e ocultar sejam valores simétricos e complementares, não por pura oposição, mas porque reside entre eles toda a ambiguidade da expressão construtiva. Ocultar também seria uma forma de revelar. Nesta mesma passagem do texto, Frampton já reconhece que, dentro do conceito geral de tectônica, podem coexistir qualidades tectônicas e a-TECTÔNICAS em uma mesma obra, conciliadas pela representação.

O tema do par revelação/ocultamento é também explorado por Gevork Hartoonian (1994) na sua Ontologia da Construção. No prefácio de Frampton (1994, p. XIV), este resume o conceito de Hartoonian: a montagem é um processo de revelação e ocultamento e, tendo como exemplo o trabalho de Carlo Scarpa, uma "dialética da junta e da desarticulação (*junction and disjunction*)". Presumindo uma tal ambiguidade na palavra "fabricação", Frampton refere-se ao trabalho de Scarpa como um processo de criação e falseamento, no qual "o que é revelado reciprocamente pressupõe um certo mascaramento", provavelmente se referindo à maneira como Scarpa acrescenta novas camadas sobre camadas históricas, sem oculta-las. O procedimento tectônico de articulação através das juntas é ao mesmo tempo de desarticulação daquilo que, não fossem as limitações construtivas, poderia ser monolítico para o bem da construção (juntas são extremamente problemáticas para estanqueidade da edificação). Nas juntas, os signos e as águas se condensam<sup>44</sup>, para pesadelo dos construtores.

Tradicionalmente, a função da junta era cobrir as anomalias da construção e criar a ilusão de uma unidade estética. A "disjunção", por outro lado, integra material e

<sup>42</sup> Estes aspectos tornam indissociáveis a teoria Tectônica e os temas da ornamentação.

<sup>43</sup> Traço visual do processo de fabricação (impressões digitais, das mãos ou máquinas), conceito resgatado por Schumacher, mas presente já em Karl Otfried Müller (CANTALICE, 2015, p. 40).

<sup>44</sup> Frampton usa a expressão "condensar" nos Estudos Tectônicos em dois momentos: condensadores tectônicos e condensadores ontológicos: "[...] *the generic joint becomes a point of ontological condensation rather than a mere connection.*" (1995), mas o termo já aparece em Rappel à L'Ordre.

detalhes de tal maneira que a forma final [...] não esconde completamente o processo fragmentado de sua produção.<sup>45</sup> (HARTOONIAN, 1994, p. 27, tradução minha)

Antoine Picon (2014) explora a associação etimológica entre cosmos e cosmético para sugerir que os atos de ornamentar, adornar, maquiar, mascarar e, eu completaria, enfeitar, apresentam uma ambígua interação entre ocultamento e revelação. Segundo este viés de interpretação, o ornamento posposto, como um enfeite, revelaria de tal forma a ordem estrutural que, se retirado, negaria sentido a esta estrutura nua. Mas, ao trazer para seu argumento o exemplo da máscara, Picon está tentando também reforçar sua tese de que o ornamento moderno, em contraposição ao ornamento clássico, seria indissociável da construção, mais especificamente do envelope, no qual ele identifica um empobrecimento da expressão tectônica em favor da superfície, aspecto que ele chama de, traduzindo o neologismo, wallpaperização. Picon nega a esta superfície um caráter tectônico, e desqualifica também seus aspectos performativos: “A distribuição de tensões e deformações em seus componentes estruturais tende a importar menos hoje do que a troca de calor e luz entre exterior e interior”<sup>46</sup> (PICON, 2014, p. 26 tradução minha).

O ocultamento dos sistemas construtivos seria mais manifesto em sistemas estereotômicos, usualmente revestidos. Sistemas estereotômicos podem, eventualmente, manifestar sua natureza estrutural, como nos sistemas autoportantes à vista<sup>47</sup>, mas a articulação clara dos sistemas construtivos não seria sua prioridade, prevalecendo aspectos monolíticos, topológicos e subjetivos. O Panteão em Roma seria um caso singular de envelope monolítico (muro enrijecido pela geometria estriada) contendo peças estruturais, os arcos de descarga ou abóbadas (de berço) de cisalhamento, que trabalham como contrafortes em conjunto com a cúpula e fechamentos, como uma estrutura contida e oculta no envelope. A cúpula produz empuxos horizontais que, associados à descontinuidade estrutural/ornamental entre a cúpula e as paredes que a sustentam, obrigaram os construtores a utilizarem um engenhoso sistema de arcos de descarga que permaneceram ocultos até que fossem revelados pelo desgaste dos revestimentos externos. Estes arcos transferem e alinham os esforços horizontais da cúpula para as paredes, em sentido vertical, como sugere a Figura 2 a seguir.

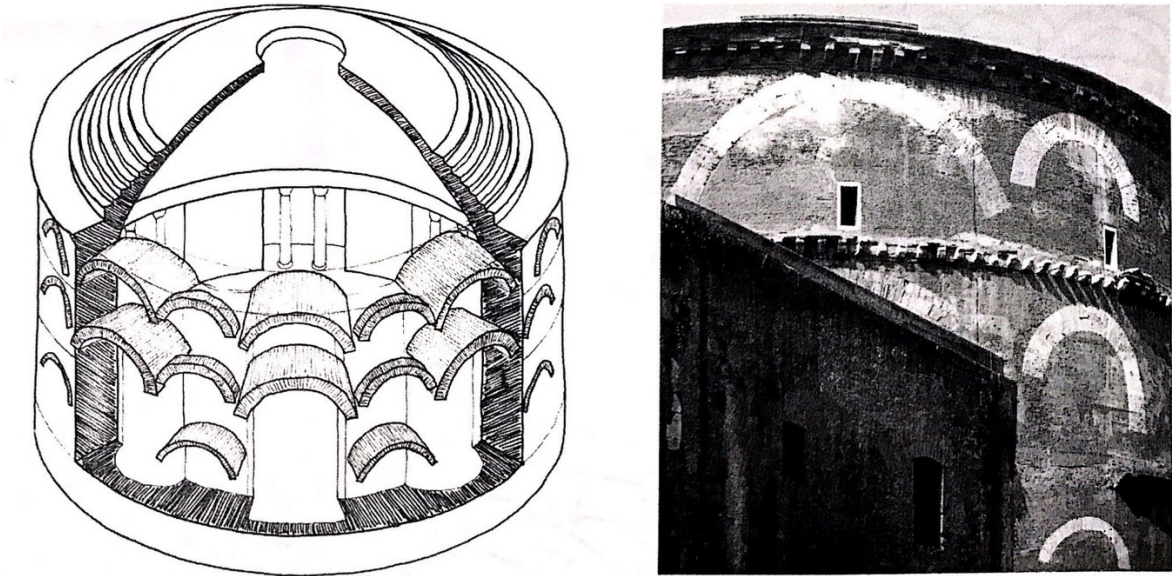
---

<sup>45</sup> “Traditionally, the function of the joint was to cover the anomalies of construction and to create the illusion of an aesthetic unity. The “dis-joint”, in contrast, integrates material and detailing in such a way that the final form [...] does not completely hide the fragmented process of its production. [...] Yet [...], the art-form should stress the fact that the perceived spatial envelope is, literally, a fabrication: it is a falsehood”

<sup>46</sup> “The distribution of stresses and strains inside its structural members tends to matter less today than the exchange of heat and light between exterior and interior”

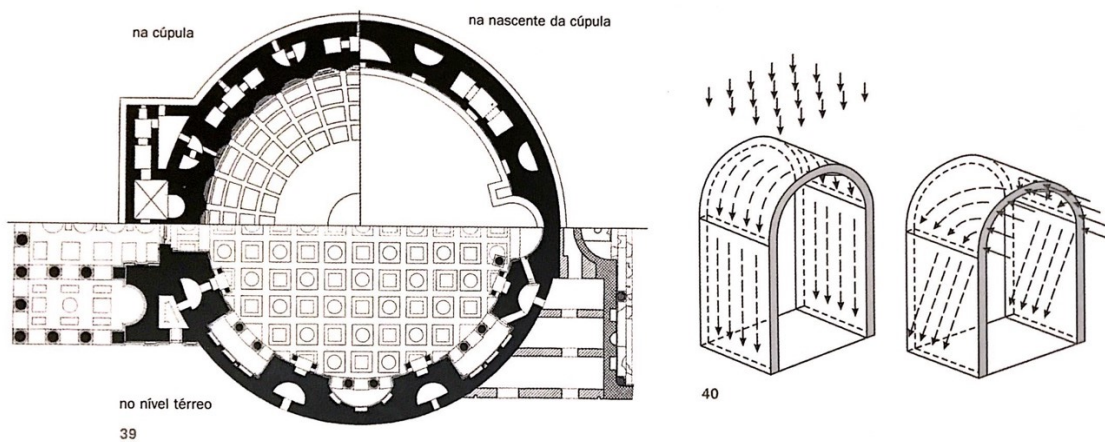
<sup>47</sup> Alvenarias de pedra e tijolo demandam, preferencialmente, o revestimento como forma de proteção, ocultamento nem sempre desejável quando se busca uma certa expressão cultural.

Figura 1. Panteão de Roma, Arcos de descarga



Fonte: (CERVILLA GARCÍA, 2017).

Figura 2. Panteão de Roma, planta e alinhamento esquemático de cargas



Fonte: (ADDIS, 2009).

Como diz Pesavento (2003, p. 22)<sup>48</sup>, “na correlação entre exposição e ocultamento, insinua-se um trabalho de substituição, mas onde se registra um deslizamento de sentido” no qual “as representações se inserem em regimes de verossimilhança e de credibilidade, e não de veracidade”. Revelar/ocultar não seria, portanto, necessariamente um procedimento de honestidade construtiva, mas um jogo no qual se realiza e expressa a construção. Essa ambiguidade é mais explícita no envelope, cuja materialidade e demandas de desempenho não

<sup>48</sup> (2003, História e História cultural)

lhes permitem o mesmo tratamento tectônico dado à estrutura portante. Esta tem por missão clara suportar as cargas<sup>49</sup> e transferi-las finalmente para o solo, ou desafiar a gravidade. Isso não quer dizer que a estrutura não esteja sujeita a contradições, apenas que seu escopo é mais claramente definível. E quanto ao envelope, qual seria sua missão? Podemos falar de uma teoria Tectônica do envelope? Os elementos e sistemas de envelopamento podem ser tratados tectonicamente? As camadas e fenômenos ocultos do envelope seriam um índice de sua poética?

### 3.3 Envelope na teoria Tectônica

Na conclusão de seus estudos sobre cultura tectônica, Frampton (1995, p. 377) faz um balanço histórico pessimista das grandes transformações tecnológicas em curso. Ele fala especificamente do deslocamento de prioridade construtiva que era dada à estrutura portante para um tipo predominante de envelope sem qualidades tectônicas, ou, nos termos do Regionalismo Crítico, para o fachadismo pós-moderno e uma arquitetura do espetáculo. As estruturas vão ficando mais leves (FRAMPTON, 1995, p. 381), resultado da evolução da engenharia de cálculo e de sistemas mais econômicos e, em muitos casos, o envelope passa a ocultar completamente a estrutura portante. Frampton interpreta a cultura construtiva do envelope como uma ameaça no contexto (anos 1990) de uma nova agenda construtiva. Frampton reproduz D. Andrew Vernooy (tradução minha):

As realizações seminais do modernismo heroico, que usaram o sistema estrutural como a base sintática da configuração, agora são difíceis de replicar no contexto da atual ordenança e desempenho. ... Na maioria das vezes, o envelope foi aliviado da carga de clareza estrutural. [...] A parede externa do edifício de paredes finas é composta por várias camadas que são internamente expressivas, mas ocultas de tal maneira que permanecem externamente mudas sobre a condição de sua configuração. [...] Não é mais necessário, por exemplo, confiar na construção de pedras pesadas para denotar permanência. A alusão formal é adequada.<sup>50</sup> (FRAMPTON, 1995, p. 381)

É possível supor que, se Frampton estivesse naquele momento testemunhando os desdobramentos tecnológicos recentes de um novo tipo de envelope, performativo e complexo, talvez explorasse essa oportunidade teórica, seguindo o mesmo caminho no qual reinterpreta a

<sup>49</sup> O uso do conceito de carga estrutural, tão importante para a expressão tectônica, pode incorporar também as cargas térmicas e acústicas, todas aplicáveis à estrutura e ao envelope.

<sup>50</sup> *“The seminal achievements of heroic Modernism, which used the structural system as the syntactic basis of configuration, are now difficult to duplicate in the context of current ordinance and performance. ... For the most part, the envelope has been relieved of the burden of structural clarity. [...] The exterior wall of the thin-walled building is composed of several layers that are internally expressive, but concealed in such a manner that they remain externally mute about the condition of their configuration. [...] It is no longer necessary, for example, to rely on heavy stone construction to denote permanence. The formal allusion is adequate.”*

teoria têxtil de Semper (RAMÍREZ-MONTAGUT, 1998)<sup>51</sup>. Este entende a envoltória de origem têxtil como a verdadeira criadora de espaço, argumentando que a trama dos tapetes, cestos e painéis trançados é ancestral no desenvolvimento da arquitetura<sup>52</sup>. Frampton (1995, p. 93) resgata esse pensamento têxtil e o aplica, por exemplo, na análise da urdidura dos tijolos de Frank Lloyd Wright em Oak Park, ou ainda nas *textile blocks houses* da Califórnia, o tijolo interpretado como elemento que recebeu, sob contaminação, a informação da trama têxtil. Mas Frampton concentra-se somente neste aspecto da urdidura, desconsiderando outras qualidades têxteis que seriam o drapeamento e folheamento de camadas, aspectos explorados por Ford (2003)<sup>53</sup>. Seguindo outra interpretação, Deplazes e Wieser (2005, p. 13,139) reforçam que o envelope performativo, “vestido” por camadas entrelaçadas, pertenceria ao sistema semperiano das estruturas leves e têxteis, tectônico em seu sentido original de *roofworks* (sistemas que suportam forças de tração e compressão, descontínuos), em oposição aos sistemas sólidos estereotômicos (*earthworks*, apenas forças de compressão, contínuos).

Para Frampton, como exposto mais acima, um dos problemas deste envelope moderno estaria na sua insistência em denotar uma arquitetura sólida, o que, de certa forma, nos leva ao conceito de contaminação elaborado por Semper, ou de permanência cultural segundo Deplazes. Em sua obra mais recente, *Genealogy of Modern Architecture: A Comparative Critical Analysis of Built Form* (2015), Frampton acaba por esvaziar a teoria Tectônica ao propor a simples diferenciação entre fechamentos e estrutura, caracterizando um maior ou menor grau de qualidades tectônicas conforme a estrutura é exposta ou envelopada. Nesta obra, Frampton trata a tectônica como pura revelação mecânica da construção.

Após a contribuição de Frampton no resgate de estudos tectônicos, autores como Neil Leach (2004) e Anne Beim (2004), respectivamente, vão tratar da Tectônica em suas formulações digitais e performativas, na convergência das quais o envelope assume papel predominante dentro de uma nova tradição construtiva altamente tecnológica.

Anne Beim (BECH-DANIELSEN, 2014) destaca que a emergência do envelope como disciplina técnica frente aos desafios ambientais impõe a necessidade de repensar a tectônica das novas edificações que, aos poucos, retomam as espessuras dos modelos históricos e

---

<sup>51</sup> (?Por qué Frampton retoma la teoría de Semper?, 1998)

<sup>52</sup> Ver também a abordagem têxtil de Ruskin em “Ruskin and Beyond: Vital Surfaces and Making of Architecture” (CHATTERJEE, 2017)

<sup>53</sup> As alvenarias oferecem muitas outras interpretações, como quando servem apenas como vedação de um esqueleto, mesmo que tratadas monoliticamente, ou pela conformação em camadas horizontais, como exposto no capítulo 4.2 Princípios construtivos.

vernáculos<sup>54</sup>. Este é um aspecto sensível quando, no contexto europeu, edificações históricas têm como desafio a adaptação de sua substância construtiva às normativas de conservação de energia, representando uma nova cultura construtiva que obscurece a estrutura portante e mesmo o envelope histórico, quando este não é reduzido a uma pura casca.

Vyzoviti (2013, p. 289), em obra dedicada às superfícies, argumenta que “a texturização das superfícies em direção ao comportamento cinético e à interatividade renovou a relação entre o antigo ofício têxtil e a arquitetura”<sup>55</sup>. A autora apresenta um importante argumento (em grande medida ruskiniano) que legitimaria tectonicamente as superfícies deste envelope, o de que estas possuem “profundidade”, no sentido de desempenho, performance e comportamento estrutural expressos em sua textura:

Quando uma folha é amassada, sua textura é aumentada; uma rede complexa de vincos mostra a distribuição do estresse ao longo de sua superfície. [...] A superfície estriada confirma sua construtibilidade através de componentes estruturais-ornamentais.<sup>56</sup> (VYZOVITI, 2013, p. 290)

A complementar Vyzoviti, Herzog et al. (2012, p. 29) lembram que uma fachada deve ser considerada como uma estrutura secundária sujeita a cargas verticais (próprias, especiais, dinâmicas, eventuais), horizontais (vento) e forças de retração/dilatação (calor, gelo, umidade), o que confere ao envelope sua própria poética e racionalidade estrutural.

### 3.4 Operadores tectônicos para uma teoria do envelope

Diferentemente da continuidade da moldagem, a tectônica é definida pela descontinuidade, cortando primeiro ... depois juntando ... Esse tipo de dupla atividade aparentemente antitética (divisão e reconstituição) é o que define o núcleo da tectônica.<sup>57</sup> (RIZZUTO, 2010, pag19, tradução minha)

Dentro do campo teórico da Tectônica, o nó terá destaque pela sua qualidade sintética e alegada capacidade de condensação de signos (FRASCARI, 1984). Para Semper (1989, pp. 215-234, 246), o nó têxtil seria o mais antigo símbolo técnico, expressão de ideias

<sup>54</sup> Deplazes e Geering (2005, p.139) chegam a incluir o isolante térmico, o qual chamam de o "material de construção invisível", dentre as principais categorias materiais de seu livro: *masonry, concrete, timber, steel, insulation e glass* (alvenaria, concreto, madeira, aço, isolantes térmicos e vidro).

<sup>55</sup> “*Surface texturing towards kinetic behavior and interactivity has revamped the relation between the ancient craft of textile and architecture*”

<sup>56</sup> “*When a sheet is crumpled, its texture is augmented; a complex network of ridges displays the distribution of stress along its surface. [...] The striated surface asserts constructability through structural-ornamental components*”

<sup>57</sup> “*Unlike the continuity of molding, tectonics is defined by discontinuity, by cutting first... then joining... This kind of seemingly antithetical dual activity (division and reconstitution) is what defines the core of tectonics*”



cosmogônicas ancestrais<sup>58</sup>. O princípio básico do nó como união de partes articuladas é o que o caracteriza como fundamento tectônico, o nó podendo ser expressão de si mesmo. “Detalhes são muito mais do que elementos subordinados; eles podem ser considerados as unidades mínimas de significação na produção arquitetônica de significados” (FRASCARI, 1984, p. 89, tradução minha). Mas o nó têxtil não deve ser interpretado somente em seu sentido literal de “unidade mínima”. Como lembra Lynn (1993, p. 9 tradução minha), o detalhe não precisa ser um momento discreto de redução ou concentração, mas pode ser apreendido também a partir de intrincadas texturas e urdiduras nas quais “não há nenhum detalhe *per se*. O detalhe está em toda parte”<sup>59</sup>.

O conceito de junta, nó e articulação deve ser entendido também como um princípio maior de (des)união e (de)formação de materiais. Elsener (2005, p. 12)<sup>60</sup> reelabora os quatro elementos de Semper e argumenta que para cada módulo construtivo (pedras cortadas; terra moldada, incluindo o concreto; e fibras orgânicas como madeira, varas e fibras vegetais) corresponderia uma tectônica própria e seus “inerentes princípios de união”<sup>61</sup>, que seriam: “camadas, intertravamento, tecelagem, formação plástica (“modelagem”), moldagem, etc.”<sup>62</sup> Peries (2016, p. 90) acrescentaria costura, atadura, rebite, prego, solda, grampo, aparelho (de alvenaria), reboco, e ainda procedimentos típicos das fibras têxteis<sup>63</sup> como dobrar, esticar, ondular, torcer, vincar (2016, p. 92). Vyzoviti (2003, pp. 9, 141) contribui para este repertório com os seguintes procedimentos relacionados às superfícies (destaque em negrito para aqueles que melhor definiriam o envelopamento da edificação): pressionar, plissar, punçar, puxar, girar, revolver, perfurar, atar, tecer, comprimir, desdobrar, **envolver** e **estratificar**. Temos, portanto, a partir do entendimento ampliado de nó como princípio de união, o entendimento de que a montagem estrutural seria apenas um dentre os vários sistemas e procedimentos tectônicos possíveis, incluindo o uso de camadas.

Schultz (2015, pp. 21–23) argumenta que as camadas construtivas que caracterizam o envelope devem ser entendidas como um sistema de união tão importante como o nó tectônico,

<sup>58</sup> Cabe investigar em que medida estes símbolos utilitários seriam também mágicos. A própria ideia de nó traz conotações de proteção mágica, para isto ver o próprio Frampton (1995) sobre o uso dos nós na cultura japonesa.

<sup>59</sup> “[...] *there are no details per se. Detail is everywhere*”

<sup>60</sup> (How to use this book, 2005) Em (A. Deplazes, *Constructing Architecture: Materials Processes Structures - A Handbook*, 2005)

<sup>61</sup> “*Inherent jointing principles*”

<sup>62</sup> layering, interlocking, weaving, plastic formation (“modelling”), moulding, etc.

<sup>63</sup> Peries não apresenta desta maneira, como procedimentos têxteis e, portanto, tectônicos. Contraditoriamente, associa-os ao seu conceito de topologia estereotômica que é aplicado na interpretação de cascas e super-superfícies arquitetônicas. No entanto, a própria configuração construtiva de algumas destas cascas, em forma de malhas metálicas (concretadas, recobertas), seriam têxteis, lógica presente nos sistemas de “*textile-reinforced concrete*” (HERZOG; KRIPPNER; LANG, 2012, p. 105).

camadas cuja complexidade funcional representam “condensações de informação” e uma estratégia de mediação de complexidades funcionais<sup>64</sup>. E exemplifica com o emblemático Carlo Scarpa, eleito por Frampton como o arquiteto que melhor ilustra a “adoração das juntas” (FRAMPTON, 1995, p. 299), esclarecendo o que Frampton entende por “revelação que pressupõe um certo mascaramento” (HARTOONIAN; FRAMPTON, 1994, p. XIV). Scarpa removía e sobrepunha camadas de intervenção, planos e revestimentos sobre as camadas anteriores, mas de tal forma que os recessos, juntas, linhas de sombra, deslocamentos, sobreposições parciais, transparências e outros artificios formais revelassem parcialmente a camada histórica.

Estes principais operadores estão ilustrados na Figura 3 a seguir que, em boa medida, atualiza para um exemplo brasileiro a teoria têxtil de Semper. Trata-se de um envelope de farinha do Norte do Brasil, organizado em camadas, nós, tramas e articulações de fibras vegetais. Seria representativo, portanto, dos seguintes operadores tectônicos que definiriam o envelope:

- **Modulação:** organização em juntas, painéis e/ou blocos.
- **Estratificação:** organização em camadas, (re)vestir.

*Figura 3. Paneiro de farinha d'água biscoito, Mestre Bené de Bragança-Pa*



*Fonte. Acervo pessoal*

<sup>64</sup> Para Schultz (2015, pp. 15, 21), a sobreposição de camadas na cultura oriental, arte medieval, na pintura purista de Le Corbusier e cenografia teatral, ilustra como as camadas podem simular profundidade, como um sistema alternativo de representação em relação à perspectiva de ponto de fuga, sem a concentração que o ponto ou nó representam.

O objetivo deste capítulo, até agora, foi revisar criticamente o conceito de tectônica para, primeiro, ampliar seu entendimento através de aspectos que reforçam suas ambiguidades e, portanto, complementares ao senso comum de tectônica como atributo exclusivamente estrutural e moral da arquitetura; segundo, para os objetivos deste trabalho, viabilizar o próprio conceito mais abstrato de envelope como categoria tectônica, admitindo desde já sua natureza ambígua e nem sempre racional. Como visto, o conceito irá variar conforme autor, contexto e ideologias em seus principais momentos históricos, não cabendo aqui pretender apresentar um conceito fechado ou único, mas indicar o entendimento que irá balizar esta pesquisa:

- Tectônica: categoria abstrata, disciplina geral acerca das propriedades expressivas (poética) dos materiais e métodos de construção e fabricação. Envolve a própria estereotomia.
- tectônica: qualificativo, descrição daquilo que é caracterizado por princípios construtivos de montagem, “leves” e **descontínuos** sob tração e compressão, bem como procedimentos formais de (des)união como: (des)montagem, (des)articulação, (des)travamento, (des)folhagem (**camadas independentes**), **estratificação**<sup>65</sup>, urdidura, não necessariamente expostos visualmente. Pode, eventualmente, conformar-se visualmente através de procedimentos construtivos estereotômicos.
- estereotomia: qualificativo, descrição daquilo que é caracterizado por princípios construtivos de empilhamento, “sólidos” e **contínuos** sob compressão, bem como procedimentos formais de decomposição e composição<sup>66</sup> como: escavação, corte, talha, moldagem, modelagem, estampagem, incrustagem, apiloamento, (des)folhagem (**camadas solidarizadas**), **estratificação**. Pode, eventualmente, conformar-se visualmente através de procedimentos construtivos tectônicos.

A distinção entre sistemas monolíticos e leves, ou ainda entre estereotômicos e tectônicos, pode ser ampliada para caracterizar os diversos "estilos construtivos" que utilizam os dois princípios de forma híbrida. "Estilos de construção" monolíticos são utilizados para denotar "estilos arquitetônicos" leves, e vice-versa. Seus métodos construtivos,

---

<sup>65</sup> Estratificação denota tanto o acúmulo como separação de camadas.

<sup>66</sup> Deve ser entendida como modelagem por adição, distintamente do processo tectônico de montagem por adição.

comportamentos e configurações podem ser estereotômicos (sólido e contínuo) e/ou tectônicos (leve e descontínuo), nem sempre coincidentes.

Os sistemas de envelopamento poderão ser interpretados como sistemas construtivos e formais estereotômicos e tectônicos, conforme desenvolvimento do próximo capítulo. Importa destacar, desde já, o procedimento construtivo e formal cuja interpretação oferece maiores desafios e será explorado no capítulo seguinte, o sistema de composição em **camadas** através de procedimentos estereotômicos de estratificação, adição, apiloamento, moldagem, mas também tectônicos de montagem, dobra, drapeamento, vestimenta e estratificação.

A título de sumarização desde capítulo, teríamos:

- A expressão tectônica não é caracterizada somente pela exposição "honest" e "verdadeira" de seus materiais, sistemas construtivos e, mais restritamente, de sua estrutura portante, mas também por sistemas híbridos e impuros. A estrutura articulada deve ser entendida como apenas um dentre os vários sistemas e procedimentos tectônicos possíveis.
- O envelope é um sistema de expressão tectônica, já antecipado pela teoria têxtil de Semper, e caracterizado por outros sistemas de união que não somente o nó e montagem como também pelas **camadas** ou **estratificações**.

## 4 POÉTICA DO ENVELOPE

### 4.1 Algumas teorias afins ao envelope

Neste capítulo, o envelope será explorado a partir de teorias afins, como os sistemas homeostáticos e o uso de camadas como estratégia formal e de mediação de complexidades, a partir das quais será apresentada uma hipótese principal a ser investigada através dos princípios construtivos, tipologias e taxonomias possíveis que sustentariam esta hipótese.

Entendido como uma disciplina emergente, o envelope performativo está profundamente atrelado às novas práticas e normativas de sustentabilidade (HERZOG; KRIPPNER; LANG, 2012, pp. 6–7), essencialmente voltadas para a eficiência energética, mas que podem ser inseridas no tripé eficiência econômica, diminuição das iniquidades sociais e cuidado ambiental para futuras gerações. Como lembra Deplazes (2005, pp. 46, 139 tradução minha), “os requisitos de desempenho da construção simplesmente acabaram com a fachada como a conhecíamos e dividiu a alvenaria monolítica em camadas”<sup>67</sup>, ou, na interpretação de Schultz (2015, p. 23 tradução minha), “demandas técnicas e de desempenho [...] dos componentes de [...] fachadas levaram à separação de funções individuais e sua expressão em uma fachada de várias camadas [...] fisicamente adaptável a condições climáticas divergentes”<sup>68</sup>. Estes comentários dirigem-se ao aqui nomeado envelope performativo, hermético, mas este modelo poderia ser aplicado em outros contextos climáticos e produtivos?

Alejandro Zaera-Polo (2008, p. 77, 2009) reclama por uma Teoria do Envelope, entendido como borda, fronteira, conexão, limite e mesmo junta (provavelmente no que esta representa uma articulação transformadora). Zaera-Polo (2008, pp. 78, 104) chega a introduzir o conceito de fluxo<sup>69</sup> espacial e simbólico, bem como o de matéria e energia que orienta a abordagem técnica do *Building Envelope Design Guide* (BEDG) (ARNOLD; FAIA; RIBA, [s.d.]). Para Zaera-Polo, o envelope seria como uma membrana homeostática, abrangendo os espectros psicológico, político, social e cultural<sup>70</sup>, regulando muito mais que temperatura e mediando “politicamente”<sup>71</sup> a edificação com o mundo.

---

<sup>67</sup> “*Building performance requirements simply put an end to the facade as we knew it and divided our monolithic masonry into layers.*”

<sup>68</sup> “*Technical and performance-related demands exact from building components in facades have led to the separation of individual functions and their expression in a multi-layered facade [...] physically adaptable to divergent climatic conditions.*”

<sup>69</sup> “*Space of flows*”, citando Manuel Castells e conceitos de tecnologia da informação.

<sup>70</sup> Como sugerido por Lyotard em “A Condição Pós-moderna”, de acordo com Zaera-Polo.

<sup>71</sup> Zaera-Polo se refere a aspectos como territorialidade e representação que para ele seriam “regimes de poder”. Apesar do apelo, ele não consegue oferecer plenamente uma teoria que faça a ponte entre tecnologia e política, permanecendo no campo das análises formais como indica sua taxonomia: *flat-horizontal, spherical, flat-vertical, vertical*.

Para Razeto-Barry (2012, pp. 551, 555–556, 558–559)<sup>72</sup>, sistemas homeostáticos seriam sistemas de regeneração que mantêm sua identidade quantitativa enquanto admitem alterações de propriedade e qualidade. Este raciocínio permite o autor especular e incorporar nos sistemas autopoieticos, além dos aspectos químicos, fenômenos físicos (sistemas circulatórios e dinâmicos de fluídos, dependentes de pressão e temperatura) e termodinâmicos. Razeto-Barry (2012, p. 551) argumenta que, a partir do conceito original de Varela de que sistemas autopoieticos dependeriam da existência de bordas para sua manutenção e estabilidade (como células em meio aquoso), existiriam, em contrapartida, sistemas autopoieticos com bordas menos definidas e mais fluidas (como um citoplasma mantém sua unidade por tensão superficial). O autor argumenta ainda que, possivelmente para alguns organismos na origem da vida, a membrana não representaria um limite, mas o próprio organismo<sup>73</sup>.

A Figura 4 a seguir ilustra uma estrutura homeostática encontrada na natureza, especificamente higroscópica (que se expande ou retrai com a umidade), mas que poderia, supondo outras propriedades biológicas, ser capaz de comportar-se como uma forma literalmente aberta ou fechada conforme incidência de luz e umidade (energia e matéria), temas que podem ser expandidos para aspectos espaciais (permitir polinização, abrigo de organismos em simbiose?), simbólicos (estou pronta para alimentar, ofereço perigo?) e temporais (envelhecimento, amadurecimento). A pinha oferece ainda analogias construtivas importantes para o envelope arquitetônico como sua organização em camadas, placas e juntas, formando escamas que contribuem para sua estanqueidade e permitem sua eventual drenagem.

*Figura 4. Pinha, exemplo de estrutura homeostática*



Fonte: <https://icd.uni-stuttgart.de/?p=5655>, acesso em 01/01/2020.

---

<sup>72</sup> (Autopoiesis 40 years later. A review and a reformulation, 2012)

<sup>73</sup> Na pesquisa bibliográfica, me deparei com um artigo sobre biologia celular sugestivamente intitulado “*The nuclear envelope and the architecture of the nuclear periphery*”. Acatei a sugestão e possível nomenclatura bélica para a tipologia intitulada Envelope Defensivo, ver capítulo 4.3.5.

Zaera-Polo recorre também a um conceito elaborado por Sennett (2019, pp. 252–255) que acrescenta uma distinção importante entre **paredes** e **membranas**. Sennett parte de um conceito emprestado da biologia celular para propor um entendimento mais amplo de “paredes” como sendo divisas excludentes e “membranas” como fronteiras que permitem trocas fluidas. Para o autor, um exemplo de fronteira ativa seriam as camadas de temperatura em um lago, zonas de intensas trocas biológicas. O argumento central de Sennett seria o de relativizar a importância das centralidades e de reforçar a capacidade de transformar divisas em fronteiras, em limiares ativos, como ocorria na apropriação suburbana das muralhas medievais, como ocorre nas margens das cidades, como poderia ocorrer na pele homeostática da arquitetura, segundo Zaera-Polo (2008, p. 78). As fronteiras seriam “as zonas mais biologicamente ativas e diversas: as áreas onde as interações entre grupos acontecem, onde as trocas se intensificam, onde ocorrem mutações”<sup>74</sup> (ZAERA-POLO, 2008, p. 81 tradução minha).

Lovell (2013, pp. 21, 23 tradução minha) contribui pra este entendimento afirmando que o envelope “é uma fronteira ativa, uma zona onde mudanças ocorrem”, e que deve agir como “um filtro entre o ambiente interno e externo, permitindo o controle do ambiente interno através de engajamento, mediação e adaptação”. Para Lovell (2013, p. 55), os problemas (perturbações) a serem mitigados podem ser entendidos como oportunidades de integração.

Estes primeiros argumentos sugerem, portanto, a possibilidade de incorporar nas disciplinas de envelopamento sistemas mais abertos ou fluidos, sem necessariamente configurarem um selo hermético, pressuposto para uma teoria do envelope nos trópicos. E estas paredes ou membranas, barreiras ou fronteiras, podem estar organizadas em camadas.

Schultz (2015), em obra dedicada ao tema das camadas, reais e metafóricas, define o *layering*<sup>75</sup> como um mediador de complexidades e estratégia formal que pode ser classificado em **temporal** (processos de sedimentação, acúmulo, separação e subtração no tempo), **espacial** (estratégias de organização espacial pela sucessão de vazios intermediados por planos horizontais ou verticais) e **material** (configuração aditiva de planos, no sentido construtivo aqui definido, o que incluiria camadas de ar). Como Schultz admite que o *layering* também pode ser metafórico e linguístico, existiria também em uma dimensão **simbólica** (cultura, memória e narrativas), embora, no texto em questão, a autora não acrescente esta categoria.

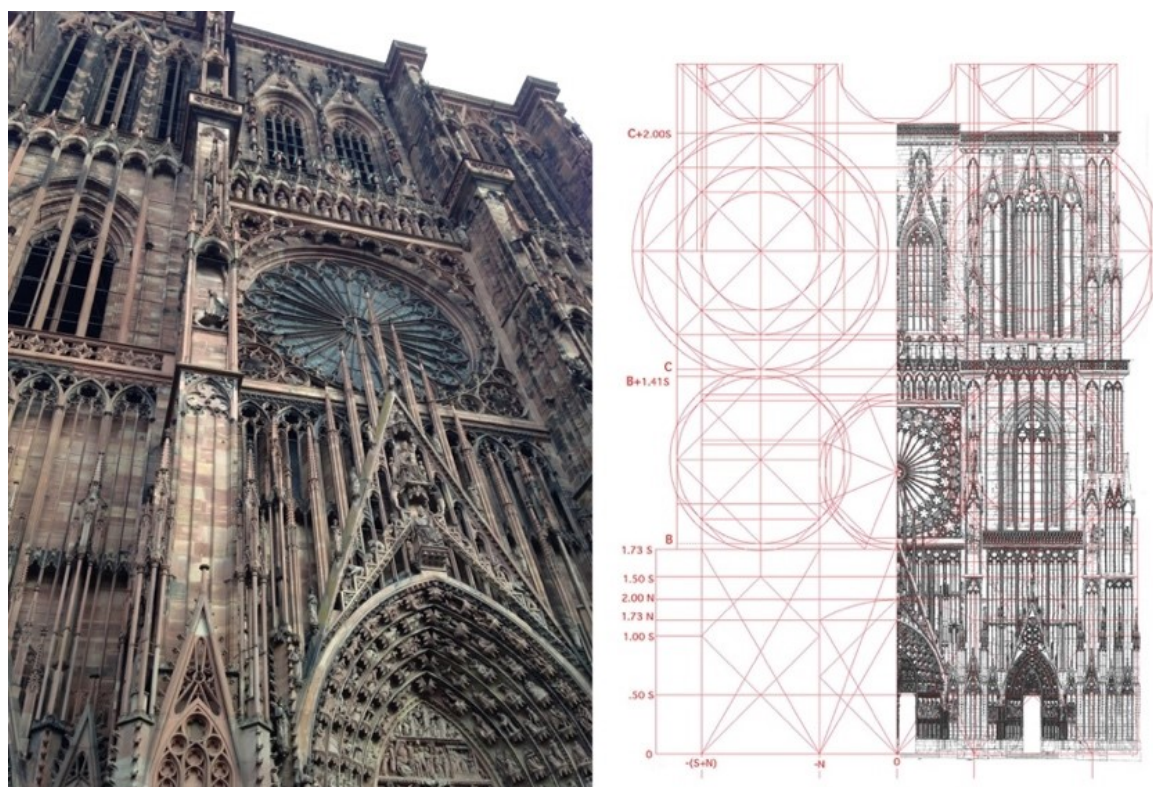
---

<sup>74</sup> “[...] *the most biologically active and diverse zones: the areas where interactions between groups happens, where exchange intensifies, where mutations occur.*”

<sup>75</sup> Não existe gerúndio ou qualquer outro modo ou forma nominal verbal para a palavra camadas, de forma que a tradução para o português de *layering* fica comprometida, sendo que os verbos que mais se aproximam seriam estratificar, laminar, lamelar, folhar. Usarei estratificação preferencialmente, considerando seu duplo sentido hartooniano de acumulação e separação.

Estas quatro dimensões podem coexistir em uma obra arquitetônica, como na fachada principal da catedral gótica de Estrasburgo (1105-1439), organizada em camadas rigorosamente planejadas, segundo Bork<sup>76</sup> (2005) (FIGURA 5 à esquerda, a imagem à direita representa os estudos geométricos das camadas). As camadas aqui podem ser interpretadas como uma estratégia de complexidade formal, complementar ao de drapeamento, urdiduras, rendilhados, tranças e incrustamentos do gótico que Spuybroek (2011) defende em sua obra *Textile Tectonics*. Representam também uma estratégia de aprofundamento do plano, não perspectivo, multifocal, estratégia que alguns envelopes contemporâneos usam ao sobrepor camadas translúcidas com padronagens gráficas que funcionam como um filtro cinético (conforme movimento do usuário) e constituem um regime de visibilidade mais fluido que as tradicionais aberturas.

Figura 5. Catedral Estrasburgo, estudo de camadas



Fonte: foto catedral, acervo pessoal / Ilustração (BORK, 2005).

Como no exemplo da catedral, camadas temporais seriam, por exemplo, as estratificações de uma cidade e monumentos históricos, ou a estratificação das superfícies com

<sup>76</sup> (Plan B and the geometry of façade design at Strasbourg cathedral, 1250-1350, 2005). Segundo o autor, seriam quatro camadas (materiais).



suas muitas camadas de ornamentos, tintas, papel-de-parede, cera e poluição, bem como os processos de decomposição, erosão e descascamento. Para Schultz (2015, p. 41 tradução minha), reforçando o aspecto temporal da organização em camadas, a estratificação é parte de um entendimento da arquitetura como um “processo e não como um único objeto de um momento específico”, no qual a “estratificação como princípio de composição pode ser aplicada para expandir os espaços existentes, organizar um programa, criar hierarquia ou fazer uma declaração formal<sup>77</sup>”. Schultz também não observa, mas as camadas construtivas podem conter uma dimensão temporal no seu processo de fabricação e montagem. Como detalhado por Ford (2003) sobre as obras de Frank Lloyd Wright em Oak Park, este usava madeira barata para a estrutura oculta e reservava para a fase final de obra a madeira nobre que revestia e ornamentava esta estrutura, já sem os riscos de danos decorrentes da logística da construção.

Em sua dimensão espacial, as camadas podem preservar seu sentido construtivo, material e utilitário. Um envelope pode conter outros e, funcionalmente, criar gradações que restringem a área de maior controle e gasto energético para um núcleo menor, modelo conhecido *thermal onion* (HERZOG; KRIPPNER; LANG, 2012, p. 25). Os espaços intermediários de amortecimento e armazenamento podem configurar espaços técnicos, como varandas de manutenção e *shafts*, a exemplo do Sainsbury Centre for Visual Arts (1978) de Norman Foster, ou habitáveis com critérios menores de conforto. Mathias Unger (UNGERS; BORSANO; FERLENGA, 1982)<sup>78</sup> compara as camadas com bonecas Matrioskas para elaborar o projeto da Solar House (1979), constituída por camadas funcionais que vão acrescentando níveis de controle climático à medida que uma caixa incorpora outra. Sou Fujimoto interpreta este conceito como “gradações de domínio”<sup>79</sup> entre exterior e interior em sua Casa N (FIGURA 6), na qual o regime de aberturas controla a gradação, visadas e níveis extras de privacidade, de modo que a área mais íntima está localizada na camada espacial intermediária, contrariando uma possível ordem sequencial entre camadas. Esta estratégia poderia servir também para concentrar o núcleo infraestrutural de cozinha, serviços e sanitários, que produzem maior quantidade de calor, umidade e vapores, como um envelope interno (ou anexo, com objetivas vantagens de separação) ao envelope geral.

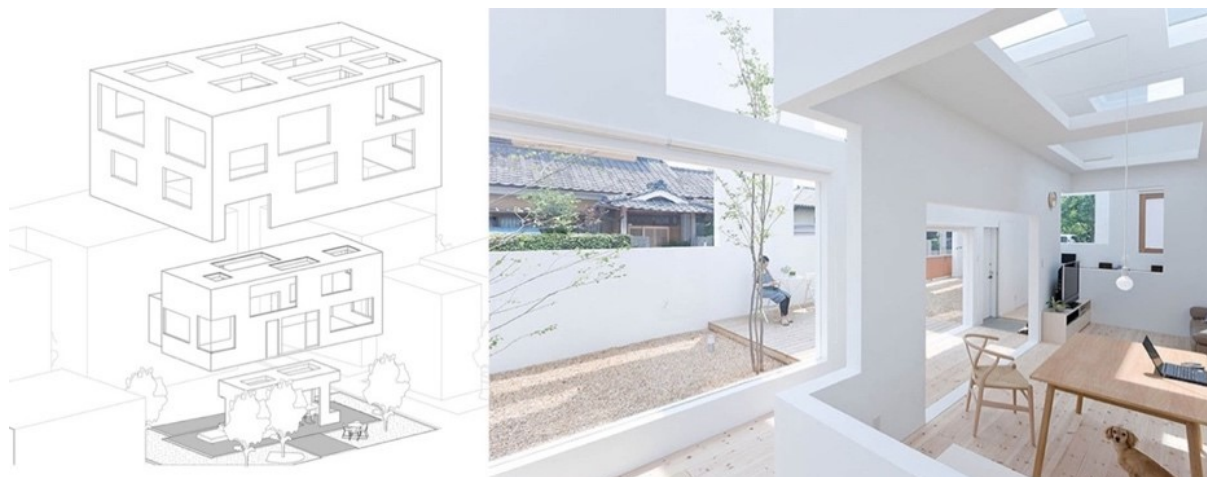
---

<sup>77</sup> [...] *process rather than as a single object of a specific moment. Layering as a compositional principle can be applied in order to expand existing spaces, organize a program, create hierarchy, or make a formal statement.*

<sup>78</sup> (1982, *Architettura come tema / Architecture as Theme*)

<sup>79</sup> Ver <https://www.archdaily.com/7484/house-n-sou-fujimoto>, acesso em 18/02/2020

Figura 6. Sou Fujimoto, House N



Fonte: <https://www.archdaily.com/7484/house-n-sou-fujimoto> acesso em 18/02/2020.

Fonte: <https://ai2acamondo.wordpress.com/2015/11/12/house-n-sou-fujimoto-oita-jp-2008-perovic-auget/ai-da-2012-16-s2-analyse-n-house-fujimoto-7/> acesso em 18/02/2020.

Este princípio infraestrutural (MACIEL, 2015)<sup>80</sup> de segregação espacial/funcional em camadas pode representar também a concentração do envelope inviolável (ou topológico, no sentido de restrição às transformações de sua materialidade que deve permanecer inalterada, sem cortes, furos, acréscimos, sob risco de rompimento do próprio envelope e suas muitas camadas), permitindo que outras camadas (ou blocos distintos) com graus variáveis de performance correspondam a graus variáveis de adaptação e transformação, minimizando quantitativamente a obsolescência do envelope. Como veremos no capítulo 4.2.3 reservado às pontes térmicas e outras fragilidades que se manifestam por continuidade estrutural e solidarização, o princípio infraestrutural de desconexão espacial e estrutural entre instalações prediais, serviços, espaços servidos e apoios externos como varandas, tem como benefício a quebra das ditas pontes.

Para os objetivos desta pesquisa, o sentido de camadas que será preferencialmente investigado é o material, aquele estrito dos sistemas construtivos e que sugere a separação espacial destas camadas em funções específicas. Esta pesquisa se dedica, portanto, àqueles aspectos de mediação física (matéria e energia) que caracterizam a dimensão utilitária da construção, mas que, admitida a natureza poética destes fenômenos ocultos, em alguma medida manifestam-se tectonicamente. Esse viés tectônico da utilidade acaba por incorporar,

<sup>80</sup> (2015, Arquitetura como Infraestrutura)

involuntariamente, aqueles aspectos de mediações espaciais, simbólicas e suas respectivas dimensões temporais.

Como esta pesquisa trabalha com uma definição de envelope diferente da definição de **envoltória**, é preciso esclarecer esta diferença. A norma brasileira RTQ-R (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, 2012) e as Normas de Desempenho NBR15575 (TÉCNICAS, 2013), essencialmente voltadas para a eficiência energética e conforto, referem-se ao sistema construtivo e objeto como “envoltória”. Neste modelo, as fundações não só estão excluídas como até mesmo as paredes em subsolo, excluindo possíveis mediações geotérmicas e reforçando o caráter de elemento construtivo exposto ao sol. Já o termo envelope se refere ao escopo (envelopamento) total da edificação, das fundações à cobertura, incluindo esquadrias, mas que pressupõe neste modelo o fechamento hermético da edificação, típico dos climas frios.

Da conjunção destas abordagens, tenho por hipótese que o envelope pode ter a seguinte definição: **sistema<sup>81</sup> de mediação de fluxos físicos (matéria e energia<sup>82</sup>), espaciais, simbólicos e temporais entre interior e exterior das edificações (nos dois sentidos), organizado em camadas funcionais, espaçadas ou não, solidárias ou não, em graus distintos de permeabilidade, não necessariamente herméticas, que vão desde a fundação à cobertura<sup>83</sup>.**

Esta definição é hipoteticamente suficiente para incorporar toda a complexidade funcional e admitir todo tipo de envelope, seja ele tropical (quente úmido), seco (quente árido), temperado, continental/subártico, polar/alpino<sup>84</sup>, e os “graus de permeabilidade que determinam seu caráter” (HERZOG; KRIPPNER; LANG, 2012, p. 27). Também é hipoteticamente suficiente para admitir o abrigo, engajamento e proteção não só de pessoas, mas também de animais, víveres, bens, e suas interações, o que por sua vez admite todo tipo de clima interno da edificação, considerados os parâmetros internos de temperatura, pressão de vapor e ar (KESIK, 2016, p. 8). Também é hipoteticamente suficiente para incorporar todo tipo de matéria e energia a ser mediada como: água, ar, fogo, terra, calor, luz, gelo, umidade, vapor, radiação, particulados, poeira, patógenos, ruídos, odores, gases, fumaça, sal, etc., provenientes do ambiente externo ou gerados no ambiente interno. A dimensão temporal atuaria nos três

---

<sup>81</sup> Para Herzog (2012, p. 45), o edifício seria um sistema e o envelope um subsistema, seguidos em escala descendente por componentes, elementos e materiais.

<sup>82</sup> E ainda, frequência e vibração, se seguirmos Tesla.

<sup>83</sup> O *Build Envelope Design Guide* (ARNOLD; FAIA; RIBA, [s.d.]) considera as fundações, fachadas, esquadrias, coberturas e átrios. Os átrios seriam os pátios cobertos de vários pavimentos com características peculiares que não serão abordadas aqui.

<sup>84</sup> Conforme classificação Köppen-Geiger.

primeiros fluxos através, por exemplo, da adaptação, regeneração, sedimentação, deterioração, manutenção e construção.

Doravante, o termo envelope será utilizado para referir-se à disciplina técnica (e suas subdisciplinas de envelopamento), ao sistema construtivo e a sua função ou tipo (tipologias como térmico, hídrico, acústico, sanitário e defensivo, ver capítulo 4.3). Embora admitido aqui que os diversos envelopes compartilhem os mesmos princípios, usarei a distinção mais simples entre envelope fechado (hermético, selado, definição mais ortodoxa) e envelope aberto (dentro da definição mais abrangente) quando necessário. Naturalmente que as aberturas, portas, janelas e seus mecanismos particulares de controle, representam importantes fronteiras de mediação e adaptação diretamente operadas pelo usuário, mas este engajamento não será tratado aqui, ou apenas quando representar a adaptação de todo o envelope.

A Figura 7 a seguir ilustra conceitualmente este modelo de envelope, independente de clima, seja selado ou aberto. Independente também do sistema construtivo, poderá ser considerado como um sistema em camadas (sendo que algumas camadas suportam outras, cumprindo função estrutural), representado pelas linhas externas e internas. A linha interna, mais grossa, representa o miolo estrutural envelopado, mas como veremos no capítulo 4.4, este modelo corresponde a apenas um dos possíveis modelos de envelope. Importa neste modelo gráfico ilustrar como os elementos mediados pelo envelope possuem naturezas e direções diversas, não sendo um gráfico exaustivo. Segundo Schultz (2015, p. 7 tradução minha), estes sistemas em camadas são “possivelmente identificáveis com a existência simultânea de matéria e conteúdo que, usualmente, não necessitam, mas geralmente refletem uma hierarquia [construtiva]”<sup>85</sup>.

Embora não seja objetivo aqui estudar as definições de espaço associadas à fenomenologia (interioridade/exterioridade, visibilidade, apropriação e as qualidades espaciais associadas) que poderiam estar relacionadas à demarcação do espaço pela envoltória, cabe ressaltar como os fenômenos aqui denominados fluxos físicos, espaciais e simbólicos, podem corresponder aos fenômenos de ambiência (físicos), territorialidade/privacidade (espaciais) e identidade (simbólicos), conforme categorias desenvolvidas por Malard (1992, p. 30)<sup>86</sup> e detalhadas por Souza (2008, pp. 46–46)<sup>87</sup>. Estes fluxos, independentemente das caracterizações entre interior e exterior e seus graus de permeabilidade, ocorreriam em todos os sentidos e,

---

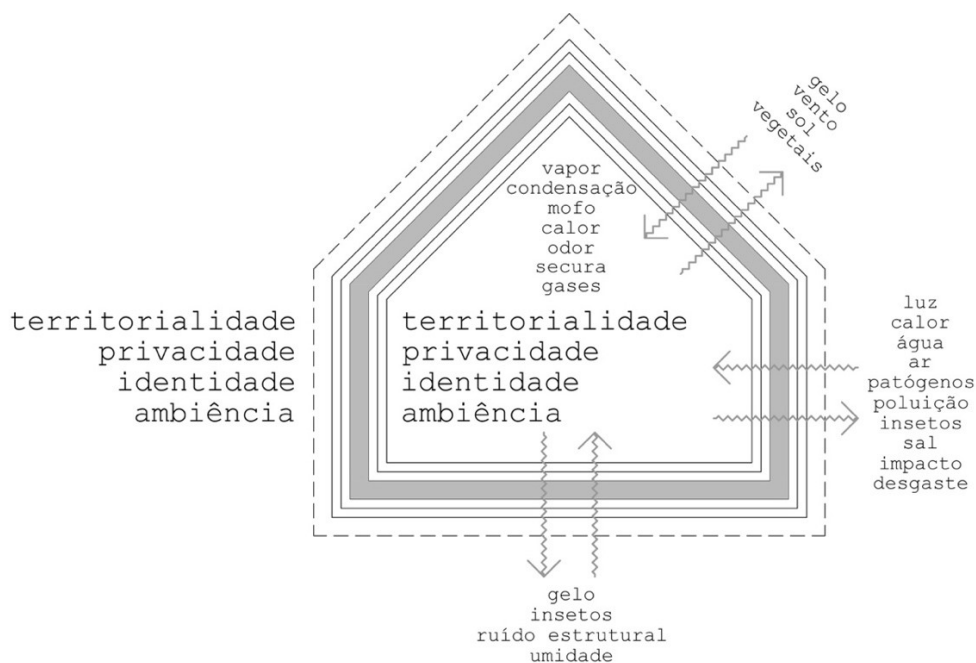
<sup>85</sup> Stewart Brand apresenta um gráfico similar em seu “How Buildings Learn” (1995), no capítulo dedicado aos *layers*, mas a abordagem é hierárquica, no sentido de indicar a permanência e obsolescência dos elementos e sistemas que constituem a arquitetura, incluindo os mobiliários e objetos de uso.

<sup>86</sup> (Brazilian low cost housing: interactions and conflicts between residents and dwellings, 1992)

<sup>87</sup> (A Place-Theoretical Framework for the Development of IT in Urban Spaces, 2008)

ainda, na dimensão temporal enquanto processo (duração). Aqueles relacionados à ambiência, seja subjetiva (cultural) ou objetiva (mensurável), entendida como a capacidade de prover suporte material à sobrevivência e seus engajamentos, seriam o objeto maior deste presente estudo, destacados na figura abaixo.

Figura 7. Modelo gráfico conceitual de envelope e mediações



Fonte: elaborado pelo autor.

Os elementos da construção podem corresponder a mais de um ou a todos estes aspectos de mediação como, por exemplo, cobogós, venezianas, muxarabis e telas mosquiteiros que controlam: animais e insetos; privacidade e segurança; sol, vento e chuva. Estes filtros de proteção e sombreamento estão representados pela linha tracejada mais externa do modelo gráfico acima (FIGURA 7).

Sobre os fluxos, podemos acrescentar ainda que, conforme Kesik (2016, p. 4), são caracterizados por frequência, duração e intensidade, aspectos que definem o desempenho do envelope no tempo. Haveria, suponhamos, uma faixa de equilíbrio entre estes três aspectos que definiria as expectativas de performance do envelope como um limite entre aquilo que seria ordinário (insolação, chuvas, maresia, ventos, poluição) e excepcional (incêndios, trovoadas, tempestades de areia, enchentes, furacões, terremotos). Assim, espera-se do envelope performances muito distintas em uma floresta úmida, no deserto, praias, áreas sísmicas, zonas de turbulência climática, áreas industriais, zonas de guerra e conflito. O mesmo deve ser

considerado para o clima interno da edificação, que pode variar de ameno (*skin-load*, uma residência, por exemplo) a severo (*internal-load*, fábrica ou boate, por exemplo) (KESIK, 2016, p. 9), eventualmente excepcional (incêndio, fumaça, vazamentos tóxicos).

O envelope será caracterizado, conforme desenvolvimento das hipóteses, pela sua função (tipologias) e por cada tipo de interação entre envelope e estrutura (taxonomia), porém, é preciso antes esclarecer alguns conceitos e princípios construtivos.

## 4.2 Princípios construtivos

Em *Interior Wor(l)ds*, no capítulo dedicado aos *Layers*, Lois Weinthal (2010) apresenta uma classificação (espacial) das camadas que iriam do micro para o macro, do corpo (pele) para o público, passando pelas vestimentas. Sobre estas, apresenta um sugestivo argumento<sup>88</sup> de que as vestimentas que enrolavam ou drapeavam o corpo em camadas seguiam um padrão bidimensional contínuo, ao contrário das modernas vestimentas que entendem o corpo tridimensionalmente, sob medida, e demandam a montagem de peças que, anteriormente, foram cortadas e desmontadas (argumento que conecta Hartoonian com as teorias têxteis mais literais). Estes dois sentidos de vestir, em profundidade através de camadas e em extensão através de partes conectadas, seriam os dois principais aspectos construtivos do envelope.

Mas tomemos como exemplo uma *wall-section*<sup>89</sup> de um “moderno chalé suíço”<sup>90</sup> (FIGURA 8). Para quem está acostumado a construir com tijolo, areia e cimento, é intrigante ver uma edificação cujas paredes e coberturas estão em continuidade, sem beiral, eventualmente no mesmo material. Este modelo pode ser encontrado em concreto (FIGURA 25 pág.84), madeira, tijolo maciço (FIGURA 27 pág.86), chapas de alumínio e muitas “falsificações” que desafiam a “moral” construtiva. A verdade é que se trata de um outro pensamento construtivo, no qual a desconexão entre parede e telhado é indesejada e os dois seguem o mesmo esquema de construção em camadas e mais camadas estruturais, impermeabilizantes e isolantes, idealmente monolítica (sem juntas), cuja aparência final de solidez é alcançada por meio de uma segunda pele engastada com o mínimo de pontes térmicas. Na prática, a função desta casca externa, além da proteção mecânica e sombreamento de todo este sistema, é permitir através de suas muitas juntas a drenagem e evaporação de toda água que penetra ou condensa, desonerando as camadas inferiores. Como veremos no capítulo 4.4.5, a figura a seguir representa um

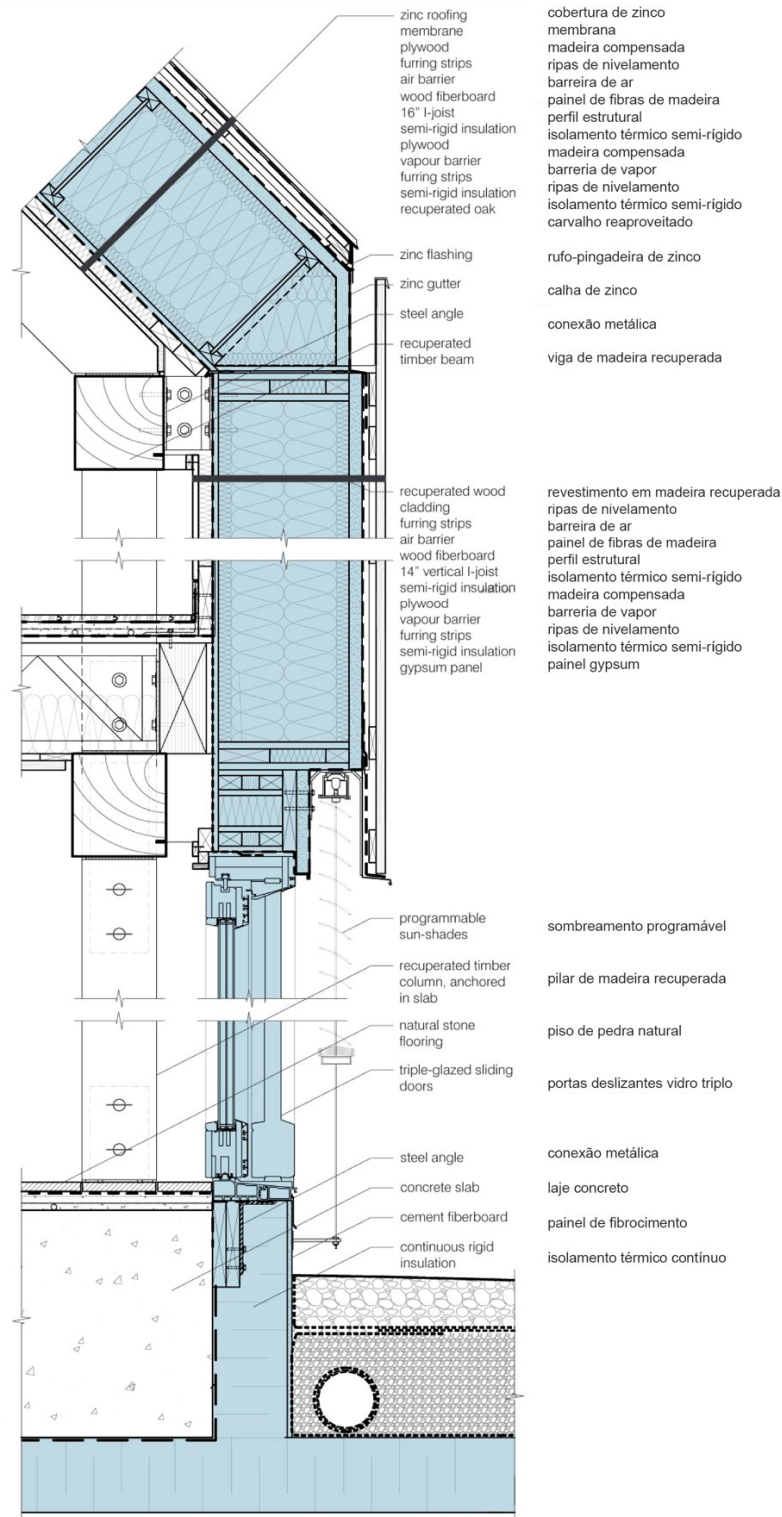
<sup>88</sup> O autor faz referência ao ensaio *Cutting Patterns*, de Kerstin Kraft, ao qual não tive acesso.

<sup>89</sup> Seção vertical da edificação, envolvendo todo o envelope, da fundação à cobertura. É um detalhamento típico, como um princípio construtivo que define o sistema a ser adotado.

<sup>90</sup> A expressão é minha para designar uma tendência de retorno a modelos arquetípicos de telhado inclinado, mas tendendo para a abstração, sem beiral e com revestimentos uniformes.

Envelope Externo no qual os elementos estruturais estão internos e eventualmente ocultos, e o envelope representa um elemento contínuo sem interrupção, da fundação à cobertura (destacado em azul).

Figura 8. Loeuf architects, wall-section de um envelope externo, incluindo fundação



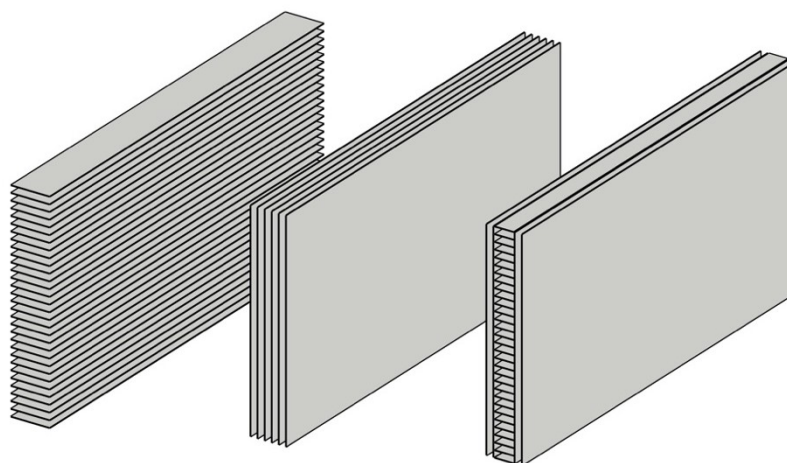
Fonte: loeuf.com, acesso em 10/10/2018. Reorganizado e traduzido pelo autor.



#### 4.2.1 O envelope em profundidade (camadas e membranas)

Dentre os sistemas de união que definem tanto os procedimentos tectônicos como estereotômicos está o de (des)montagem e modelagem por camadas ou, simplesmente, estratificação. Podemos indicar duas formas de construção em camadas que seriam **perpendiculares** ou **paralelas** ao plano de fechamento e distribuição de cargas verticais (FIGURA 9). A forma perpendicular corresponderia aos procedimentos construtivos de empilhamento que caracterizam mais precisamente a estereotomia enquanto forma de construção. A forma paralela corresponderia, complementarmente, aos procedimentos construtivos tectônicos de (re)vestir a edificação. Temos como exemplo para sistemas perpendiculares o apiloamento de barro, os aparelhos de alvenaria, os lançamentos de concretagem, os sistemas de impressão 3D por deposição de material e, em sentido geológico, mas não menos arquitetônico como lembra Vyzoviti (2006, p. 286), a sedimentação. A forma paralela, que mais interessa aqui, corresponde àquilo que Semper antecipa com sua teoria têxtil e que seria o sentido ancestral de vestir a edificação em camadas, tramas e escamas. Em que medida a combinação destes dois princípios agrega resistência estrutural às paredes, não cabe no escopo deste trabalho, mas suas características combinadas poderiam ser exploradas também nas outras cargas atuantes, térmicas, acústicas, higroscópicas e mecânicas.

*Figura 9. Camadas perpendiculares, paralelas e combinadas*



*Fonte. Elaborado pelo autor.*

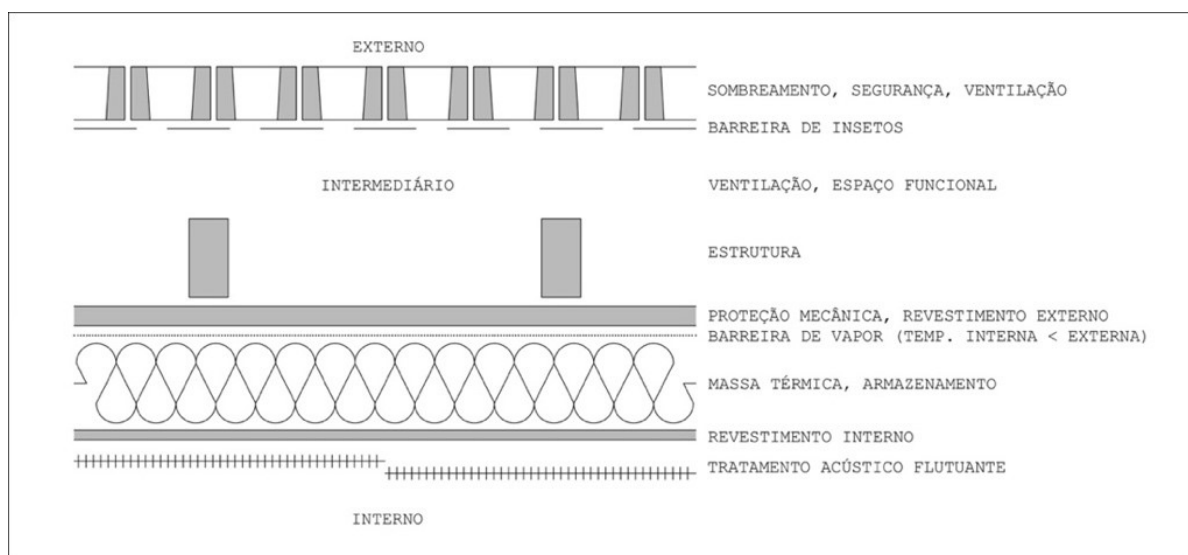
As camadas materiais (construtivas) tenderão, proponho, de uma configuração e comportamento **solidarizado** (monolítico) ao **desolidarizado** (folheado, descontínuo e leve), podendo caracterizar estados intermediários e mutações nos dois sentidos. Ao primeiro grupo



pertenceriam, por exemplo, os sistemas de impermeabilização de coberturas praticados no Brasil (camadas de regularização, manta soldada, isolamento, barreira de raiz, proteção mecânica, ar, sombreamento) e a alvenaria rebocada (tijolo, chapisco, emboço, reboco, revestimento, pintura) que, mesmo monolíticas (solidárias), em algum momento poderão descolar. Ao segundo grupo pertenceriam os sistemas em camadas independentes, porém adensadas, que caracterizam o moderno envelope (revestimento interno, estrutura, barreiras de vapor-água-ar, isolantes térmicos, fitas, selantes, ventilação, revestimento externo), que se conformam e se comportam entre os estados solidarizados e desolidarizados. Quanto mais adensadas e solidarizadas, maior o comportamento monolítico das camadas.

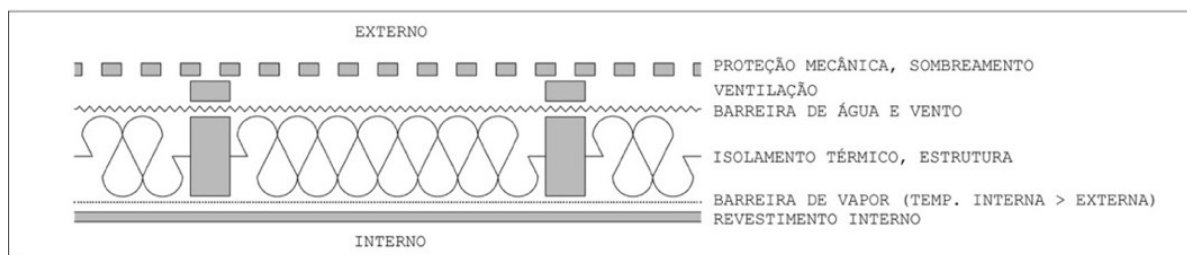
Darei preferência ao termo “(des)solidarizado”, em vez de “(des)contínuo”, por indicar um processo no qual camadas são organizadas de forma a se comportar, ao final, como um todo monolítico. O uso dos termos contínuo/descontínuo poderia gerar também um entendimento dúbio entre camadas construtivas e camadas espaciais. O termo solidarizar possui dois significados complementares, o de tornar sólido e o de ser solidário, que em termos construtivos significa um elemento ser solidário ao outro, trabalhando em conjunto e se comportando de forma monolítica. Para desembaraçar o entendimento ambíguo entre sistemas contínuos e descontínuos, o envelope pode também estar organizado em camadas **espaçadas** (FIGURA 10) ou **adensadas** (FIGURA 11) com distintas funções de bloqueio, amortecimento, retardamento e armazenamento.

*Figura 10. Camadas adensadas e espaçadas*



*Fonte: elaborado pelo autor.*

Figura 11. Camadas adensadas



Fonte: elaborado pelo autor.

A diferenciação do envelope em camadas funcionais, como afirma Herzog (2012), facilitaria sua manutenção e longevidade em relação aos sistemas que concentram em um só material todas as funções, considerando que bastaria a troca das camadas obsoletas. Para Roaf (ROAF; CRICHTON; NICOL, 2009, p. 244) e ainda Moe (2010), este argumento só favorece a indústria da construção em geral e lobby do ar-condicionado em particular. Para estes autores, os sistemas estratificados conteriam contradições e irracionalidades que só se justificariam pela lógica irracional do ar-condicionado. Para Knaack e Koenders (2018, pp. 122–123), construções estratificadas seriam mais complexas e, portanto, menos vantajosas em termos de manutenção e, eu completaria, para a autoconstrução.

#### 4.2.2 O envelope em extensão (juntas e painéis)

Se as camadas representam princípios de união em profundidade do envelope, no sentido planar das superfícies atuam os princípios de união da junta (HERZOG; KRIPPNER; LANG, 2012, p. 27). Zaera-Polo (2009, p. 22) argumenta que o moderno envelope tornou obsoleto todo tipo de cornija, transições, pingadeiras, recessos, com a introdução de novos sistemas de revestimento e coberturas como fachadas-cortina, juntas siliconadas e membranas, e que assim como a articulação entre cobertura e parede, todas as outras articulações do envelope se tornaram desnecessárias ou redundantes. Mas acredito que o que se observa é uma transferência de complexidade à medida que as novas tecnologias apenas simulam um comportamento monolítico e acrescentam novos problemas.

Em praticamente qualquer modelo de envelope, a estanqueidade é um de seus objetivos maiores, e os pontos críticos não são os revestimentos e camadas em si, mas os encontros destes, as juntas. A industrialização introduziu sistemas construtivos de montagem que, por razões de transporte e construtibilidade, precisam chegar desmontados na obra. Juntas, engastes, conexões, penetrações, inflexões, cantos e elementos de articulação em geral representam vulnerabilidades (HERZOG; KRIPPNER; LANG, 2012, p. 53) à água, mudanças de fase

(congelamento, condensação), ruídos, transferência de calor, odor, vento, insetos, propagação de fumaça e fogo, instâncias onde ocorrem mediações intensas de matéria e energia. Idealmente, portanto, uma construção deveria ser monolítica, sem juntas que representam fragilidades e, conseqüentemente, sem a expressão tectônica que a junta, entendida como articulação, confere ao encontro de materiais e sistemas construtivos. O envelope performativo, de certa forma, tenta reproduzir este modo monolítico, através de camadas seladas, drapeadas *in-loco*, obrigatoriamente revestidas por uma camada final composta por materiais e painéis que simulam uma aparência estrutural, mas que funcionam como um véu permeável (DEPLAZES, 2005).

Herzog et al. (2012, p. 32) complementam que as juntas podem ser desejavelmente abertas para cumprir as funções de alívio de pressão de vapor, ventilação da fachada, drenagem da água que penetra ou condensa, passagem de luz (se conjugada com uma membrana transparente) e movimentos estruturais. Allen (2016, p. 75) classifica os tipos de movimento que uma estrutura (e o envelope, em sua natureza estrutural) enfrenta como conseqüências de: temperatura, umidade, transição de fase<sup>91</sup>, alteração química, movimentos e deformações estruturais. Para cada tipo de movimento, diversos tipos de juntas atuam como efeito ou tratamento: estrutural, conexão, expansão (e retração), controle (junta serrada, paginação), seca ou de contato, deslizante (telescópica, mata-junta, macho-fêmea), de edificação (quando a edificação inteira é dividida) (ALLEN; RAND, 2016). Quando as juntas demandam algum grau de movimentação e ao mesmo tempo de estanqueidade, a sobreposição de componentes em escamas drapeadas é um artifício que construtores praticam nas camadas ocultas de um envelope.

Seguindo a proposição de que as juntas seriam indesejadas, o ponto de articulação entre fachada e cobertura é dos mais sensíveis e vulneráveis, sendo mesmo evitado no modelo de envelope aqui identificado como “moderno chalé suíço”. Mas se parede e cobertura enfrentam os mesmos elementos e problemas, o que permite que sejam tratados tectonicamente da mesma maneira, o mesmo não se dá com o contato entre parede e fundação, sistemas que enfrentam elementos bastante distintos. O contato entre edificação e solo é muito importante para o modelo completo de envelope, onde diversas pontes podem ocorrer: trocas de calor (linha de gelo), umidade ascendente (linha d’água), ruído estrutural (pelo solo até a edificação), invasão e contaminação (cupins, roedores e poluentes). Kesik (2016, p. 5) classifica este contato entre paredes/cobertura, paredes/fundação e paredes/esquadrias como um “problema de

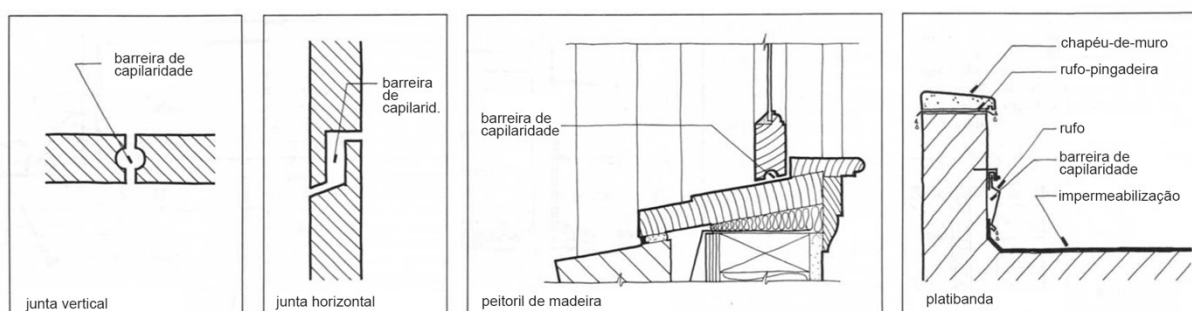
---

<sup>91</sup> Em temperaturas abaixo de zero, a água pode congelar dentro das juntas e expandir, danificando-as (KNAACK; KOENDERS, 2018, p. 43).

continuidade”, momentos em que as diversas camadas precisam de borda (bordar, no sentido têxtil) e transição, sem perda de continuidade funcional.

Fachadas ventiladas atuam como amortecedores do vento e, conseqüentemente, diminuem a possibilidade de penetração da água por pressão nas camadas mais internas (HERZOG; KRIPPNER; LANG, 2012, p. 34), mas a água tem comportamentos que desafiam a gravidade e pode ser considerada uma das maiores causas de patologias construtivas. Um dos princípios de comportamento da água que desafiam a lógica e intuição dos construtores é o da tensão superficial, efeito que permite, por exemplo, que a água suba e contorne obstáculos (KNAACK; KOENDERS, 2018, pp. 36–37). Barreiras e labirintos de capilaridade (FIGURA 12) (ALLEN; RAND, 2016) são princípios aplicáveis para tratamento de qualquer junta na qual a água pode percolar entre componentes, assim como um leito de material granulado é considerado uma barreira de capilaridade em fundações (ARNOLD; FAIA; RIBA, [s.d.]). Para evitar tal patologia, são necessários artifícios que separam os componentes e impedem a transferência da água.

Figura 12. Barreiras e labirintos de capilaridade em juntas, esquadria e rufo



Fonte:(ALLEN; RAND, 2016, p. 15, 22). Reorganizado e traduzido pelo autor.

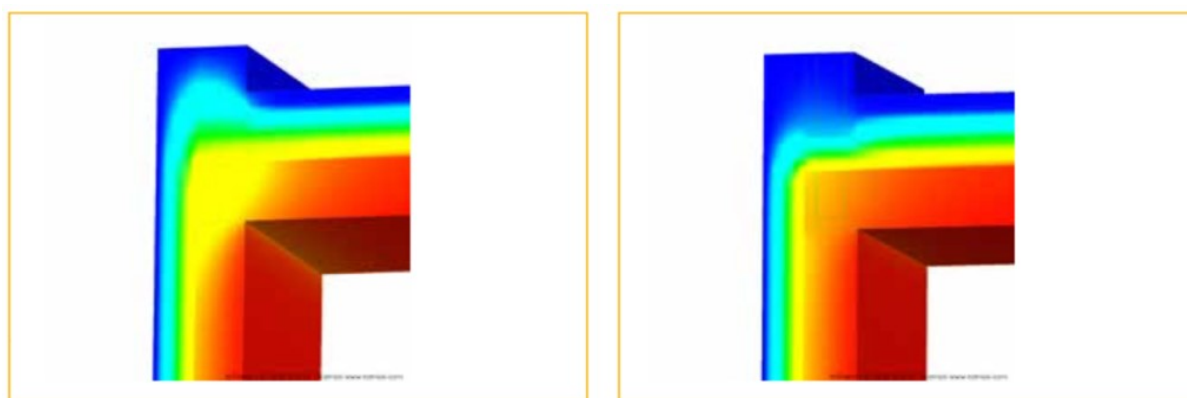
### 4.2.3 Pontes e Barreiras

As edificações estão sujeitas aos aqui denominados fluxos de matéria e energia. As pontes seriam aquelas instâncias indesejadas nas quais os ambientes externo e interno se comunicam, podendo representar fragilidades e riscos de patologias, em um sentido mais estrito de proteção. São entendidas como problemas e que sistemas construtivos assim concebidos não admitem falhas na construção.

**Ponte térmica** é o princípio construtivo mais amplamente aplicado, usualmente em climas frios nos quais se deseja conservar a energia interna (evitar que o calor escape), mas também aplicável em climas quentes se o que se deseja é evitar a absorção de calor pela

estrutura, ou transferência de calor externo para o ambiente interno. Em termos construtivos, representa um dos maiores desafios de detalhamento, sendo determinante no aspecto final das construções já que, idealmente, impede soluções construtivas nas quais a estrutura fica exposta (DEPLAZES, 2005, pp. 139–142). Este impedimento seria um dos principais aspectos a-tectônicos do envelope performativo. Neste sentido, temos no fenômeno das pontes térmicas um imperativo funcional que afeta diretamente a expressão construtiva e sua “honestidade” na medida em que impõe o ocultamento dos elementos estruturais. Na Figura 13 abaixo, o modelo térmico (temperatura externa < interna) ilustra a presença da ponte térmica com e sem tratamento, problema presente em toda saliência ou penetração estrutural, mas também em cantos e articulações onde a geometria condensa energia nas áreas internas com menor superfície (KNAACK; KOENDERS, 2018, p. 23) e também pela concentração de elementos estruturais que não permitem a adequada aplicação de materiais isolantes (problema típico dos sistemas *wood-frame*).

Figura 13. Ponte térmica em platibanda, sem (esq.) e com (dir.) quebra de ponte térmica



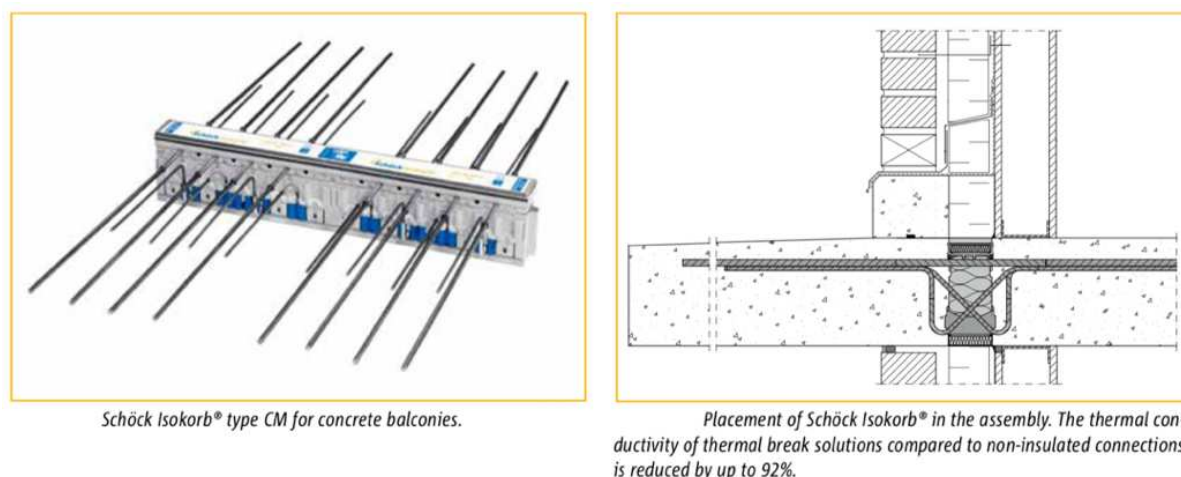
Left: Continuous parapet connection without thermal break, right: Parapet connection thermally broken with Schöck Isokorb®

Fonte: (LAWTON, 2014).

A Figura 14 a seguir representa um dentre alguns produtos que a indústria (LAWTON, 2014) oferece para viabilizar aspectos tectônicos de um passado construtivo não determinado por questões de eficiência energética. Trata-se de um sistema de engastamento de balcões na estrutura principal da edificação, mas que precisa atravessar o envelope sem rompimento ou interrupção deste, de forma que o balcão não esteja (totalmente) solidarizado à laje interna e, portanto, não transfira energia a esta ou vice-versa. Este princípio construtivo inviabilizaria toda concepção estrutural com balanços de lajes expostas, como se dá no ed. Niemeyer em Belo Horizonte (1954). Mesmo o topo de laje sem balanço é evitado neste modelo construtivo de

envelope externo (ver seção 4.4.5) no qual a exposição da estrutura representa uma fragilidade para a eficiência energética da edificação.

Figura 14. Conectores para projeções de laje com barreira térmica, redução de até 92%



Fonte: (LAWTON, 2014).

Da mesma maneira que as lajes em balanço ou engastadas do exemplo acima, os engastamentos de revestimentos, suportes, rufos e calhas que penetram a edificação podem representar pontes térmicas (KNAACK; KOENDERS, 2018, pp. 95–96). Na mesma Figura 14 acima, à direita, é possível identificar um rufo-pingadeira que é sobreposto por outro rufo-pingadeira, cada um pertencendo a uma camada distinta do envelope, e nesta sobreposição seria possível quebrar a ponte térmica (e capilaridades) representada pelo sistema de rufos-pingadeira.

Brisas e elementos de sombreamento podem induzir pontes térmicas. Quando expostos ao sol, acumulam energia que é transferida para a edificação através dos elementos de engastamento (por condução), pelas brisas (por convecção) ou ainda por radiação (HERZOG; KRIPPNER; LANG, 2012, p. 25). Brisas de concreto e cobogós, quando incorporados na estrutura principal da edificação (monumentalizados como em Le Corbusier), acabam funcionando como coletores de calor, transferindo energia diretamente para o corpo da edificação ou como radiadores. Uma maneira de aumentar a eficiência destes elementos seria, portanto, o tratamento das possíveis pontes térmicas, justificando a total separação funcional e mecânica destes elementos<sup>92</sup>.

<sup>92</sup> Esta é uma especulação sobre a aplicação do conceito de ponte térmica em elementos de sombreamento, não havendo espaço para aprofundamento do tema em perguntas como: quais materiais seriam os mais adequados para elementos de sombreamento, minimizando a absorção e transferência de calor? As pontes térmicas, nestes casos, são mesmo relevantes diante dos benefícios do sombreamento geral e ventilação constante?

Mesmo envelopando toda a estrutura e utilizando vidros duplos e isolantes, as esquadrias representam uma ponte entre exterior e interior. Os modelos com perfis preenchidos com material isolante não escapam da ponte que o perfil em si representa. A Figura 15 a seguir ilustra outro produto que a indústria oferece para edificações que pretendem atingir alto desempenho energético. Trata-se de um modelo de esquadria com quebra de ponte térmica, na qual os componentes estruturais internos e externos estão desconectados, mas interligados por outro elemento estrutural isolante. Um dos riscos deste tipo de esquadria com barreiras térmicas (e bem instaladas) é que passam a não representar mais os elementos frios da construção, e as condensações, que antes se davam nos vidros e perfis e eram devidamente drenadas, deslocam-se para componentes mais frágeis e ocultos (KNAACK; KOENDERS, 2018, p. 47).

*Figura 15. Esquadria com barreira térmica*



Fonte: <https://www.seccosistemi.com/en/products/os2-75-1-thermal-break-steel-windows>, acesso em 29/12/2019.

Juntas, engastes, conexões, articulações, e todos os possíveis elementos de união representam fragilidades e possíveis pontes, infiltrações, vazamentos e contaminações. Se alguns podem ser eliminados ou minimizados com planejamento, outros são inevitáveis, como as instalações prediais que atravessam o envelope. Redes hidrossanitárias (KNAACK; KOENDERS, 2018, pp. 30–31), instalações elétricas, dutos de ventilação, chaminés, todos representam fragilidades, das fundações à cobertura, às transferências de calor ou frio, água, vapor, ruídos, odores, fogo e fumaça, animais e insetos, até mesmo pessoas.

As pontes térmicas representam outro risco cuja patologia pode ser equivocadamente interpretada como infiltração de água. Nos pontos onde concentram-se o contato e troca de calor entre ambiente externo e interno, podem ocorrer condensações de água e consequentes deteriorações ocultas (HERZOG; KRIPPNER; LANG, 2012, p. 55). Esta patologia pode



ocorrer tanto em grandes elementos estruturais como em elementos mínimos de fixação que penetram o envelope (HERZOG; KRIPPNER; LANG, 2012, p. 36). Uma das consequências indesejadas seria a umidificação da camada de isolamento térmico e consequente diminuição da sua eficiência pela substituição de ar (isolante) por água (condutor). Neste sentido, o controle de umidade tem importante papel no desempenho térmico do envelope, pois quanto mais saturados de umidade, maior a condutividade térmica dos materiais (KNAACK; KOENDERS, 2018, p. 40).

Alguns princípios deste tipo de envelope hermético são utilizados também nos chamados “envelopes acústicos” que utilizam o modelo da “caixa dentro da caixa” que, por sua vez, beneficia-se do princípio de “*mass-spring-mass*” (massa-mola-massa), no qual cada camada ressoa em frequências desiguais e, conseqüentemente, amortecedoras (HERZOG; KRIPPNER; LANG, 2012, p. 24). Neste caso, o que se almeja é a desconexão completa entre estrutura interna e externa, de forma que esta não transmita ruídos estruturais para aquela. Pontes acústicas de ruído estrutural podem ocorrer durante a execução dos envelopes acústicos se, por exemplo, argamassa de assentamento e resíduos de obra caírem entre os envelopes, conectando-os acidentalmente, ou por capilaridade se houver falhas de argamassa no assentamento de blocos (KNAACK; KOENDERS, 2018, p. 63). Assim como o calor, o ruído estrutural é tratado com isolamento e amortecimento. Assim como a água, o ruído aéreo também pode ser tratado utilizando os sistemas de “labirinto” e “barreira de capilaridade” por meio de artifícios espaciais como antecâmaras e os atenuadores de ruído utilizados em centrais de ar-condicionado<sup>93</sup>. Um exemplo que guarda semelhança com esquadrias que quebram pontes térmicas são marcos de portas acústicas que devem ancorar em apenas uma das paredes (no caso de paredes duplas), sem transferir energia acústica para a outra parede. Este compartilhamento de princípios será explorado no capítulo 4.3 dedicado às tipologias de envelope.

#### 4.2.4 Fluxos e Fronteiras

Se adotamos a diferenciação de Sennett entre paredes e membranas, ou barreiras e fronteiras, podemos argumentar que o princípio de ponte térmica e seus tratamentos (quebras e barreiras) corresponderiam às paredes, como zonas excludentes, e que as fronteiras, por outro lado, poderiam ser entendidas como oportunidades e que sistemas construtivos assim concebidos admitem falhas na construção.

---

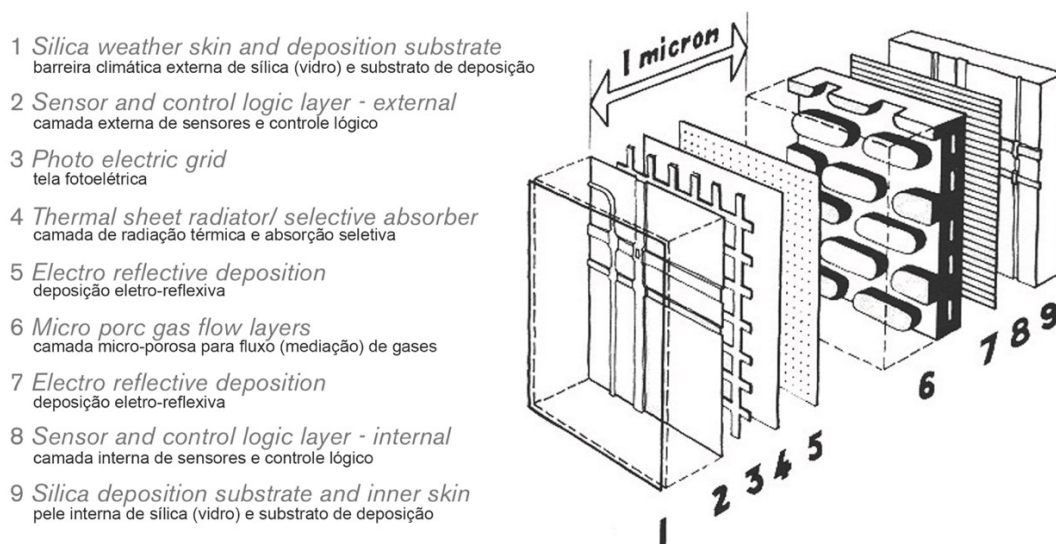
<sup>93</sup> A energia acústica é dissipada e absorvida ao passar pelo labirinto.



O conceito de mediação de fluxos proposto pressupõe também trocas fluidas e, seguindo Sennett e Zaera-Polo, comportamentos homeostáticos através de engajamento e adaptação. Cody (2017, p. 7) argumenta que, em vez de tentarmos minimizar os impactos da natureza, no sentido defensivo adotado pela indústria de materiais de construção, deveríamos maximizar os impactos positivos e usar as forças naturais, pressupondo algum nível de plasticidade (adaptabilidade) do envelope. Este entendimento estaria, segundo Cody (2017, p. 8), fundamentado nas próprias leis da termodinâmica e mecânica de fluidos.

Esta seria uma visão de natureza mais próxima da *natura naturans* do que da *belle nature*, de uma natureza entendida como um sistema regulador de processos mais em nível molecular do que em nível mecânico, como gostaria Mike Davies ao formular seu “muro para todas as estações” (HERNÁNDEZ; UNIVERSIDAD CAMILO JOSÉ CELA, 2017, p. 75)<sup>94</sup>. O muro de Davies (FIGURA 16), publicado em 1981, é uma analogia orgânica e um metamaterial de vidro composto por nove camadas funcionais que deveria se comportar homeostaticamente, sem “próteses” mecânicas de sombreamento e regulação. Lembra, em alguma medida, o desejo de Le Corbusier ao elaborar seu *Mur Neutralisant*, antes de inventar as famosas “próteses” de sombreamento, o *brise-soleil* (BANHAM, 1984, pp. 157–160)<sup>95</sup>.

Figura 16. Mike Davies, *Wall for all Seasons*



Fonte: (HERNÁNDEZ; UNIVERSIDAD CAMILO JOSÉ CELA, 2017). Traduzido pelo autor.

<sup>94</sup> (“A Wall for all Seasons”, un modelo sostenible de “piel” tersa de vidrio, 2017)

<sup>95</sup> (Architecture of the Well-Tempered Environment, 1984) original de 1969. O “Muro Neutralizante” de Corbusier, que ele idealiza como um sistema completo cobrindo também fundações e coberturas, consistia em um dupla parede ou pele de vidro encapsulando um sistema de tubos aquecidos ou resfriados que, supostamente, neutralizariam o clima externo, como uma barreira.

Kesik (2016, pp. 3–4, 11), tratando especificamente do envelope performativo, argumenta (empiricamente) que as abordagens abertas de moderação e respeito aos fenômenos físicos seriam superiores às abordagens fechadas de barreiras, exceto em climas muito áridos. Kesik enumera algumas razões como, redundância funcional (incluindo a solidariedade/ajuda entre materiais e camadas), tolerância aos erros e descontinuidades da construção, menor dependência de selantes com vida curta, eventual drenagem do que penetra, flexibilidade e menor custo de manutenção. Este é um importante argumento para desmistificar o senso comum de envelope como algo necessariamente selado, tecnicamente dependente de superespecializações e, portanto, exótico para o Brasil.

Assim como para as pontes e barreiras, teríamos para cada tipologia de envelope (capítulo 4.3) a existência de fronteiras, cujos conceitos e princípios seriam intercambiáveis entre os diversos tipos de envelope como, por exemplo, **antecâmaras** que funcionam como zonas de transição; **armadilhas** de umidade, acústicas e de calor (neste caso associadas ao princípio de **inércia**) (HERZOG; KRIPPNER; LANG, 2012, p. 25); **labirintos** de capilaridade, acústicos e térmicos que, assim como no exemplo da água, servem para dissipar energia, a exemplo dos sistemas de *Thermal Labyrinth Ventilation* (TLVS), ou ventilação por labirintos térmicos (RIM; SUNG; KIM, 2018)<sup>96</sup>.

Embora não seja objetivo desta pesquisa investigar sistemas passivos ou de baixo consumo para controle térmico<sup>97</sup>, cabe ressaltar como a mediação das fundações com a terra representa não somente uma barreira, mas uma importante fronteira do envelope. Se a cobertura pode ser considerada a quinta fachada, a fundação seria a sexta fachada naquilo que representa para o envelope um importante mediador, a exemplo de sistemas de regulação de temperatura como os hipocaustos, depósitos de gelo (ROAF; CRICHTON; NICOL, 2009, p. 60)<sup>98</sup>, sistemas geotérmicos, dissipadores e labirintos de calor (FIGURA 17), e sistemas hidrônicos (FIGURA 18 pág.62, FIGURA 28 pág.87) que utilizam a radiação, condução e mesmo convecção para mediação de temperaturas entre o solo, termicamente estável<sup>99</sup>, e a edificação. Se o sol é um aliado em estratégias de coleta de calor, os equivalentes em estratégias de resfriamento (dissipação de calor) seriam a terra, a água e o céu noturno claro (KOCH-NIELSEN, 2013, p. 70)<sup>100</sup>.

---

<sup>96</sup> (Application of Thermal Labyrinth System to Reduce Heating and Cooling Energy Consumption, 2018)

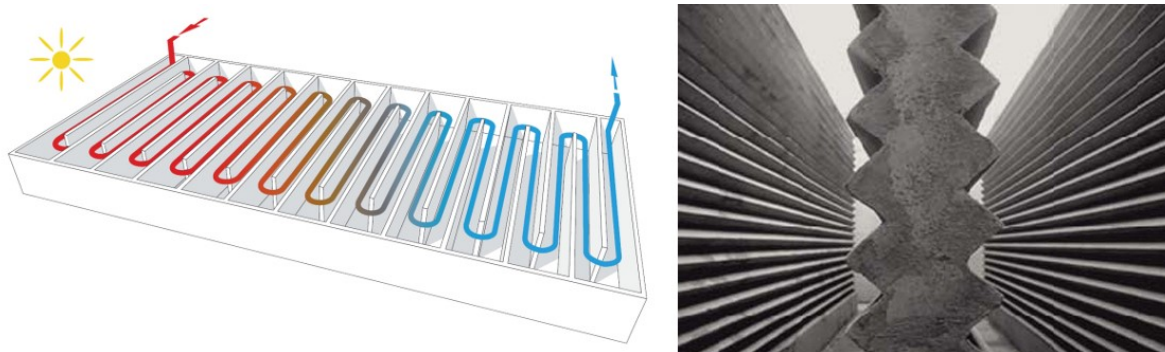
<sup>97</sup> Ver “Form Follows Energy: Using natural forces to maximize performance” (CODY, 2017).

<sup>98</sup> (2009, A Adaptação de Edificações e Cidades às Mudanças Climáticas: Um Guia de Sobrevivência para o Século XXI)

<sup>99</sup> Roaf aproveita este argumento para atacar o pilotis por expor a “sexta face ao clima instável da atmosfera” (ROAF; CRICHTON; NICOL, 2009, p. 242), desconsiderando neste argumento outras complexidades.

<sup>100</sup> (Stay Cool: A Design Guide for the Built Environment in Hot Climates, 2013)

Figura 17. Labirinto térmico em fundações, Melbourne's Federation Square



Fonte: <https://ecoandsustainable.com/2014/09/19/thermal/>, acesso em 10/04/2020.

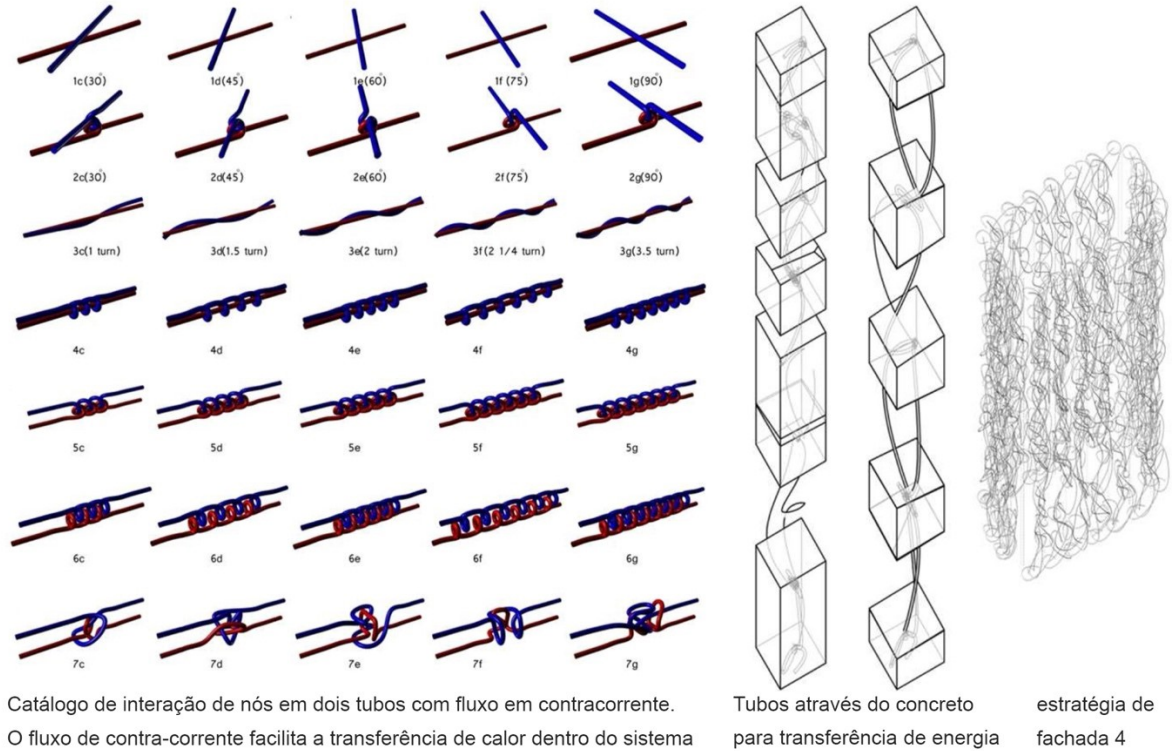
Segundo Moe (2010), sistemas de radiação como o das superfícies termicamente ativas seriam mais eficientes que os sistemas que aquecem ou resfriam somente o ar (comparado com a água; o ar é um isolante, um meio pobre de distribuição de energia, não um condutor), e o uso da radiação para aquecer ou resfriar pode ser encontrado tanto em sistemas subterrâneos, como em massas e superfícies. Moe (2010) argumenta que a radiação seria o principal mecanismo de equilíbrio da pele humana (entendida como um sistema hidrônico) e percepção de conforto, e que a convecção teria papel secundário nesta regulação térmica. Este entendimento representa uma importante estratégia de conciliação entre todos os aspectos de proteção do envelope e a necessidade de renovação de ar, reduzida ao mínimo em sistemas de conforto térmico por radiação. Nem sempre a ventilação natural em climas quentes é desejável, cujos efeitos colaterais seriam o ingresso de ar externo aquecido, odores nefastos e poeira em excesso, dentre outros efeitos mais contornáveis como velocidade do ar, ruídos e insetos, e sistemas de resfriamento por radiação seriam uma alternativa para minimizar esta ventilação indesejada.

Sistemas hidrônicos (um tipo especial de sistema de radiação ou superfícies termicamente ativas que distribuem água quente ou fria pelas massas e superfícies de pisos e/ou paredes) podem se beneficiar das qualidades do nó e das tramas têxteis. Em um trabalho equivalente às pesquisas em tectônica têxtil de Lars Spuybroek (2011), mas que avança em relação a este indo além da pura analogia entre urdiduras e sistemas construtivos, o escritório *DDomain Architects* (GOKULRAJ KAILASH, [s.d.])<sup>101</sup> apresenta o nó como um ponto de convergência de forças e energia para, em seguida, desenvolver o conceito de nó entrelaçado como potencializador de trocas térmicas (transferência de energia entre dois tubos que se desenvolvem em paralelo, cuja área de contato é multiplicada através de nós complexos). Estas

<sup>101</sup> (Knots Architectural Thermoregulation) <http://futurearchitectureplatform.org/projects/fefd384c-4ae4-453a-9968-a3d038e3608e/>

tranças poderiam estar imersas em concreto, como superfícies termicamente ativas, ou constituir sistemas de fachadas termorreguladoras, cuja expressão tectônica ultrapassa a pura visualidade têxtil ou mecânica (FIGURA 18).

Figura 18. *Knots Architectural Thermoregulation, DDomain Architects*



Fonte: (GOKULRAJ KAILASH, [s.d.]), acesso em 02/07/2019. Reorganizado e traduzido pelo autor.

O resfriamento radiante (*radiative cooling*) é uma técnica na qual objetos expostos ao céu noturno (sem nuvens) irradiam calor, mas “a escuridão fria do universo pode ser usada como um recurso termodinâmico renovável, mesmo nas horas mais quentes do dia”<sup>102</sup>. Pesquisas materiais conseguem reproduzir este efeito e, teoricamente e experimentalmente, produzir materiais que emitem calor mesmo sob luz diurna. Algumas destas pesquisas exploram metamateriais organizados em camadas nano milimétricas com propriedades distintas de absorção, reflexão solar e emissão térmica nos respectivos espectros de radiação e luz (ZHU et al., 2019), em boa medida concretizando o sonho de Mike Davies e seu muro para todas as estações.

<sup>102</sup> “[...] *cold darkness of the Universe can be used as a renewable thermodynamic resource, even during the hottest hours of the day*”, (Raman et al. 2014. *Passive Radiative Cooling Below Ambient Air Temperature Under Direct Sunlight*), <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25428501/> acesso em 10/04/2020. Deste artigo tive acesso somente ao resumo.

Os exemplos acima representam para os fluxos de matéria e energia a associação cósmica entre céu e terra sugerida pelos sistemas tectônicos e estereotômicos, “a afinidade do *frame* pela imaterialidade do céu e a propensão da massa não apenas para gravitar em direção à terra, mas também para dissolver-se em sua substância”<sup>103</sup> (FRAMPTON, 1995, p. 7 tradução minha). Dentre os quatro elementos de Semper, o *hearth* (lareira e/ou altar sagrado) seria o núcleo espiritual da casa e estaria relacionado aos ofícios do fogo. Seria também este núcleo de energia que, juntamente com o espaço definido pela envoltória, caracteriza a ambiência da habitação, arquitetura como reserva de energia para a sobrevivência. Este é um princípio adequado para climas frios, mas o uso deste núcleo de inércia térmica (paredes sólidas) seria adequado mesmo para edificações leves ventiladas em climas úmidos tropicais (KOCH-NIELSEN, 2013, p. 112).

### 4.3 Tipologias de envelope

Considerando que a literatura técnica também se refere ao envelope hermético como “envelope térmico” (RAMSEY; SLEEPER; BASSLER, 2008, pp. 74, 109, 144)<sup>104</sup>, teríamos também, proponho, as demais variações tipológicas ou funcionais<sup>105</sup> a seguir. Estas tipologias, embora não caracterizem tipos construtivos, e sim funcionais, compartilham princípios construtivos e permitem, em termos gerais, sustentar a universalidade do envelope.

Estes envelopes, em maior ou menor medida, compartilham princípios físicos que tornam redundante a distinção de um envelope ou selo aéreo, considerando que o ar (incluindo suas características de fluxo, pressão e qualidade) atua nos principais fenômenos listados a seguir (transporte de calor, umidade, sons e particulados, que por sua vez são também conduzidos através de elementos sólidos). A ventilação, qualidade do ar e iluminação estariam consideradas no modelo maior de Envelope Sanitário. A ventilação (e iluminação natural, em menor medida) poderá representar um conflito maior com as demandas funcionais de conservação de energia, sombreamento, estanqueidade, silenciamento, salubridade e segurança. A estanqueidade é um princípio geral que faz da maioria dos envelopes uma combinação dos principais tipos.

<sup>103</sup> “[...] *the affinity of the frame for the immateriality of sky and the propensity of mass form not only to gravitate toward the earth but also to dissolve in its substance.*”

<sup>104</sup> (Architectural Graphic Standards: Student Edition, 2008)

<sup>105</sup> O conhecimento técnico sobre envelopes “hídricos”, acústicos e sanitários, extraído da minha experiência profissional em projetos para impermeabilizações, fachadas, biotérios, restaurantes, programas acústicos e o contato privilegiado com profissionais dos departamentos de projetos, manutenção e obras da UFMG (impermeabilizações), Paulo Celso Duarte (esquadrias), B&M Consultoria (esquadrias), Luciano Foianesi (salas limpas e biotérios), Marco Antônio Vecci (acústica) e José Augusto Nepomuceno (acústica).

Embora o fogo e a fumaça representem um dos principais problemas de proteção das edificações, e mesmo pelo fato de compartilhar com as demais tipologias diversos princípios de pontes e fluxos, não foi possível localizar edificações que se caracterizassem exclusivamente pela proteção externa ao fogo e fumaça (pelo menos de uso ordinário e civil), sendo um evento predominantemente interno (eventualmente externo) e circunstancial. Também não seria possível aplicar o conceito de fronteira fluida, trata-se de salvar vidas retardando os danos, embora o conflito entre conter o fogo e dispersar a fumaça represente uma contradição e desafio das disciplinas e normas correlatas. De toda forma, são importantes os princípios construtivos de camadas de retardamento, como o envelopamento de estruturas (tema fundamental em Mies van der Rohe, que envelopava suas estruturas como um sistema de representação da própria estrutura (CERVILLA GARCÍA, 2017)<sup>106</sup>), e as fragilidades representadas pelas juntas, penetrações e instalações para o alastramento de fogo e fumaça.

A combinação de demandas de desempenho e abordagens abertas ou fechadas acabam por caracterizar um envelope específico para cada situação, conforme clima e demandas funcionais. Estas demandas funcionais e os materiais empregados podem entrar em conflito, de modo que um envelope sempre desempenhará melhor algumas funções em detrimento de outras (KNAACK; KOENDERS, 2018, p. 121). Segundo Haun et al. (2002, p. 192), estes princípios seriam selar (água e ar, impedindo vazamentos e penetrações por frestas e capilaridade), isolar (termicamente e acusticamente, garantir inércia e quebrar pontes térmicas e acústicas) e ventilar (renovar e garantir qualidade do ar, bem como expurgar vapores, princípio em conflito com os outros dois e que torna virtualmente impossível uma edificação dita passiva que seja ao mesmo tempo selada e ventilada).

Cada tipo será caracterizado pela função ou tipologia na qual o envelope é entendido como totalmente fechado (selado hermeticamente), mas também pela possibilidade de ser aberto ou incompleto, admitindo, portanto, a possibilidade de aplicação das tipologias em diversos contextos climáticos. São indicados alguns princípios gerais e destacados aqueles aspectos que incorporam as fundações no envelope. As pontes e fronteiras são ilustradas, sem necessariamente corresponderem aos tipos fechados e abertos.

---

<sup>106</sup> (Estructuras vistas, ocultas e ilusorias: Lecciones de la Historia em la obra de Mies van der Rohe, 2017)

### 4.3.1 Envelope Térmico

Fechado: função de isolamento total da edificação com o objetivo de conservar energia interna e proteger da temperatura externa, independente de clima. É aplicado em projetos que desejam edificações totalmente passivas energeticamente (*Passivhaus*).

Aberto: Pode ser entendido como um filtro que permite as trocas e regulação de calor através do amortecimento, armazenamento e dissipação.

Princípios gerais: deve permitir as trocas de calor. As transferências de calor podem se dar por meio de mudança de fase (ARNOLD; FAIA; RIBA, [s.d.]), condução, convecção e radiação (ondas longas/infravermelho e curtas/luz visível) (KNAACK; KOENDERS, 2018, pp. 13–16).

Fundações: Os problemas associados às fundações afetam especialmente regiões com congelamento do solo, mas podem ser entendidas como fronteiras quando associadas a sistemas geotérmicos. O contato direto com o piso é usado em culturas do deserto como forma de regulação da temperatura corporal (KOCH-NIELSEN, 2013).

Pontes térmicas e tratamentos (o fluxo pode ser isolado por descontinuidade): perdas e ganhos de energia causadas pela continuidade entre elementos estruturais externos e internos, e penetrações como engastamentos e instalações. Também causada pela descontinuidade dos elementos de isolamento<sup>107</sup>.

Fronteiras térmicas (o fluxo pode ser direcionado, amortizado, armazenado e dissipado): fachadas duplas que trabalham como antecâmaras de amortecimento e armazenamento (*buffer*) podem ser controladas para amortecer ou armazenar energia conforme estações do ano. Armadilhas de calor utilizam a inércia térmica para mediar no tempo a retenção e liberação de energia<sup>108</sup>. Antecâmaras são comumente usadas como fronteira (porta) entre interior e exterior, permitindo o trânsito de pessoas sem invasão do ar externo. Labirintos de calor, associados a massa térmica das fundações em concreto e estabilidade térmica do solo, podem ser utilizados para dissipar energia e resfriar ou aquecer o ar em sistemas passivos de ventilação e condicionamento de ar. Temos ainda o efeito estufa (*greenhouse*), no qual radiações de ondas longas permanecem presas na armadilha de vidro (HERZOG; KRIPPNER; LANG, 2012, p. 24); o efeito chaminé (venturi ou *stack*) no qual camadas de calor, umidade e pressão promovem

<sup>107</sup> Como o ar atua como principal isolante em materiais como lãs, um erro comum é comprimir estas lãs em pequenas áreas de difícil acesso, quando então a lã perde sua principal propriedade, o ar.

<sup>108</sup> De acordo com estes princípios e seus efeitos combinados, o uso de peles de vidro não ventiladas diretamente sobre panos de alvenaria, muito comum no Brasil, funcionaria como um indesejado coletor, armadilha e reserva de calor, efeito agravado pela pintura desta alvenaria na cor preto. Este artifício é desejado em climas frios, ver (HERZOG; KRIPPNER; LANG, 2012, pp. 288–289).



o fluxo do ar, podendo ser reforçado por manipuladores de pressão como na cobertura em forma de asa de avião (efeito sucção) do GSW Office Tower, Berlin (CODY, 2017, p. 45); superfícies termicamente ativas, a exemplo do precursor *Mur Neutralisant* de Le Corbusier; o resfriamento radiante (*radiative cooling*, perda de calor por radiação térmica), técnica praticada por indianos e iranianos para fabricar gelo expondo água ao céu noturno<sup>109</sup>. O uso de dispositivos de sombreamento, sejam mecânicos ou materiais (termo-sensíveis e fotossensíveis; alterações de fase, de estado, químicas e cristalinas (ELGHAZI, 2009; HERZOG; KRIPPNER; LANG, 2012, p. 28)) mediam também luminosidade e ventilação.

#### 4.3.2 Envelope Hídrico<sup>110</sup>

Fechado: função de selo e proteção da edificação contra penetração de água e vapores. É um princípio de aplicação geral.

Aberto: pode ser entendido como um filtro permeável, incluindo de vapores e condensações internas que afetam a qualidade do ar. Neste caso, a permeabilidade permite um balanço entre umidade no inverno e evaporação no verão. O uso de revestimentos impermeáveis é um conhecido problema em obras de recuperação de estruturas históricas e monolíticas, nas quais se deseja que o vapor e umidade internos não fiquem presos (KNAACK; KOENDERS, 2018, p. 43).

Princípios gerais: deve defletir, drenar e secar (KESIK, 2016, p. 12) a água e vapores que penetram ou são gerados internamente. As transferências de água, nos seus estados sólido, líquido e gasoso (incluindo mudanças de fase como congelamento, descongelamento, evaporação, condensação e sublimação) podem ocorrer por meio de gravidade, velocidade (incluindo chuva lateral e rebatimento da água), pressão (incluindo mudança de volume nas mudanças de fase), tensão superficial e capilaridade (LOVELL, 2013, p. 73) (KNAACK; KOENDERS, 2018, pp. 28–39).

Fundações: demandam atenção onde há muita umidade ou lençol freático elevado, incluindo instalações semi-submersas. Instalações hidrossanitárias em fundações demandam cuidado nas conexões e perfurações.

Pontes hídricas e tratamentos (o fluxo pode ser cortado com quebra de continuidade e impermeabilizações): infiltrações e saturações causadas por condensação, pressão, tensão superficial e capilaridade, também onde há falhas ou rompimento de estanqueidade causadas

<sup>109</sup> “The Persian ice house, or how to make ice in the desert” <https://www.fieldstudyoftheworld.com/persian-ice-house-how-make-ice-desert/> acesso em 10/04/2020.

<sup>110</sup> O termo aparece nas disciplinas de Hidrologia, com conotação diversa da que aqui proponho.



por instalações prediais e engastamentos. Barreiras de insetos e raízes podem ser necessárias para evitar perfuração das mantas<sup>111</sup>. Como a água pode carrear outros materiais, cuidado deve ser tomado com, por exemplo, chuvas ácidas, matéria orgânica e organismos vivos. Como regra geral, barreiras de vapor são necessárias na parte mais quente do envelope, evitando o contato do vapor com a parte mais fria, portanto, internamente ao material isolante térmico em climas frios e externamente em climas quentes, neste último caso geralmente desnecessárias devido ao fato de que a dissipação da condensação para o ambiente externo está potencialmente garantida (HERZOG; KRIPPNER; LANG, 2012, p. 55).

Fronteiras úmidas (o fluxo pode ser direcionado ou drenado): toda esquadria, bem como todo revestimento/fechamento, deve prever a drenagem da água que inevitavelmente penetra. Zonas de umidificação podem se beneficiar tanto de espelhos d'água horizontais como de espelhos d'água verticais, camadas vegetais e aspersores. Armadilhas de condensação representam um risco quando as barreiras de vapor estão mal executadas ou mal planejadas, mas podem também representar a simulação de ambiências tropicais em estufas. Fechamentos têxteis podem trabalhar como coletores de água através de condensação<sup>112</sup>. Labirintos de capilaridade, como antecipado, dissipam a penetração de água pelas juntas. Leitos drenantes de material particulado trabalham como barreiras de capilaridade em fundações.

### 4.3.3 Envelope Acústico<sup>113</sup>

Fechado: função de isolamento total da edificação contra ruídos externos, bem como vazamento de sons para o ambiente externo. O modelo se aplica tanto a programas acústicos (salas de escuta sensível) como outros programas que demandam isolamento de vibrações, como laboratórios<sup>114</sup>.

Aberto: pode ser entendido como um filtro de privacidade e ambiência, considerando a produção interna de ruídos. A estabilidade das construções (especialmente históricas) em relação às vibrações, mas também sujeitas a terremotos, pode ser considerada um aspecto deste envelope aberto.

---

<sup>111</sup> No prédio da Escola de Direito da UFMG (cerca de 2001), cupins que se alojaram no caixão perdido das lajes (para alimentarem-se das formas de madeira abandonadas) abriram caminho pelo concreto e camadas de impermeabilização para ventilar o ninho.

<sup>112</sup> Ver <http://www.warkawater.org>

<sup>113</sup> O termo é consolidado na literatura específica.

<sup>114</sup> Diversos laboratórios da UFMG que abrigam equipamentos sensíveis de medição enfrentam o problema de vibrações causadas pelas torcidas de futebol do estádio Mineirão, mas este problema é resolvido geralmente com o uso de bases inertes.

Princípios gerais: ruídos podem ser de origem aérea (aprox. 350m/s, favorece ondas curtas, demanda isolamento de frestas, capilar), líquida (aprox. 1500m/s) ou estrutural (variável, no aço 5000m/s, favorece ondas longas, demanda isolamento estrutural) (KNAACK; KOENDERS, 2018, pp. 57–58). Sons aéreos podem entrar em ressonância com objetos sólidos e transformarem-se em ruídos estruturais. Por lidar com formas de energia, o envelope acústico guarda grandes semelhanças com o envelope térmico, como o conceito de inércia (que amortece a energia térmica e acústica), condutividade e pontes estruturais.

Fundações: demandam cuidado com ruídos estruturais transmitidos pelo solo, especialmente nas proximidades de linhas de transporte pesado e outras fontes de ruído intenso (energia acústica), que afetam tanto a escuta sensível como a estabilidade de equipamentos e das construções.

Pontes acústicas e tratamentos (a propagação pode ser isolada, em suas fontes aéreas ou estruturais): falhas de isolamento causadas por “capilaridade”<sup>115</sup> aérea ou continuidade de elementos estruturais (ruído estrutural ou de impacto), penetrações e instalações prediais<sup>116</sup> externas e internas. Dutos de ventilação mal dimensionados (distâncias, volume e geometria) podem gerar turbulência e representam uma das principais fontes de ruído em salas acústicas. Equipamentos eletromecânicos como elevadores devem estar estruturalmente desconectados dos envelopes acústicos. Fontes de ruído com muita energia acústica, como aviões e helicópteros, transmitem pelo ar ruído que é convertido por ressonância em vibrações estruturais, demandando massas inertes, camadas e antecâmaras em toda a edificação e principalmente coberturas.

Fronteiras acústicas (a propagação pode ser amortizada ou manipulada): antecâmaras são utilizadas como regra em projetos acústicos para mediar o fluxo espacial de pessoas, muitas vezes com coeficiente de absorção elevado e comportando-se como armadilhas de ruído, como uma zona morta que é percebida pela sensação de pressão causada no ouvido. Camadas múltiplas podem, através do efeito *mass-spring-mass*, quebrar a ressonância entre camadas e consequente propagação de ruído estrutural. Membranas flexíveis dentro de camadas presas de ar ou mesmo panos de vidro podem trabalhar como amortecedores e quebra de ressonância. Armadilhas de grave são dispositivos (caixas ocas) que capturam ondas longas que de outra forma não seriam absorvidas pelas superfícies e membranas. Labirintos acústicos (atenuadores

---

<sup>115</sup> Uso o termo mais microscópico utilizado para o fenômeno da água já que, no caso do ar, toda forma de contaminação (ruído, poeira, patógenos) ocorre em escala não visível e de difícil tratamento.

<sup>116</sup> Redes hidrossanitárias devem ser evitadas dentro do envelope acústico, bem como fontes de ruídos tonais causados por instalações eletroeletrônicas de baixa qualidade.

de ruído) dissipam a energia acústica, especialmente em sistemas de ventilação que precisam penetrar neste envelope.

#### 4.3.4 Envelope Sanitário

Fechado: função de isolamento total da edificação para garantia de pureza do ar interno e salubridade das superfícies. É aplicado nos projetos de salas limpas como blocos cirúrgicos, laboratórios diversos, biotérios, indústria de eletrônicos e ainda em situações de contaminação por agentes radioativos, químicos e biológicos.

Aberto: Pode ser entendido como um filtro espacial e dentro de um modelo mais fluido de mediação de fluxos, incorporar a ventilação, controle de qualidade do ar (incluindo poeira, poluição, odores, gases, voláteis e insetos) e luminosidade.

Princípios gerais: Deve permitir a renovação do ar. O conceito de salubridade pode ser cultural ou objetivo, como nos casos em que a pureza do ar e superfícies é condição para certificação de produtos ou garantia de vida. A produção interna de vapores, odores e patógenos deve ser considerada, bem como mofo e fungos decorrentes de umidade.

Fundações: demandam cuidado contra invasões de insetos e roedores, a exemplo dos *hórreos* espanhóis ou espigueiros portugueses, e ainda contra contaminação do solo.

Pontes sanitárias e tratamentos (o fluxo pode ser cortado): contaminações causadas por “capilaridade” aérea e física ou continuidade entre instalações externas e internas. O aumento da pressão interna do ar funciona como um selo invisível, impedindo a entrada de ar contaminado (KNAACK; KOENDERS, 2018, p. 49). Mesmo passando por processos de higienização, pessoas e objetos seriam as principais pontes de contaminação. Barreiras de insetos podem ser necessárias para evitar passagens pelas instalações e aberturas. O isolamento é reforçado através da ausência de instalações que permitam passagem de insetos, roedores, patógenos e particulados. Transmissores de doenças como mosquitos demandam cuidado não só em grandes aberturas, mas também em frestas quando o fluxo e pressão de ar favorecem a invasão.

Fronteiras sanitárias (o fluxo pode ser manipulado): antecâmaras são comumente usadas como fronteiras que redirecionam o fluxo de ar do limpo para o sujo, mas também condicionam os fluxos espaciais de usuários e rejeitos, preferencialmente em sentido unidirecional. Banhos obrigatórios e lava-pés (pisos desinfetantes) atuam nestas fronteiras lavando pessoas e calçados que seriam umas das principais fontes de contaminação. Autoclaves de fronteira atuam desinfetando objetos. Espaços com exigências menos rigorosas de salubridade, como restaurantes, podem se beneficiar dos mesmos princípios, como fluxo unidirecional de pessoas,

comidas e lixo, pressão positiva de ar do limpo para o sujo, barreiras de insetos e animais, *pass-through*, caracterizando um envelope sanitário aberto. Para este envelope aberto, fronteiras verdes são dispositivos que purificam o ar e filtram luz.

#### 4.3.5 Envelope Defensivo

Fechado: função de proteção total da edificação (resistência mecânica) para prevenção de fuga, invasão, ataques, explosões, quedas (de objetos, pessoas e animais), bem como isolamento e proteção de sistemas de telecomunicações. É aplicado em projetos de presídios, cofres, instalações militares, bunkers, etc. Em menor quantidade, mas representativo em áreas sísmicas, as coberturas, fundações e fachadas devem garantir a estabilidade da edificação e segurança dos usuários.

Aberto: pode incorporar questões relativas à visibilidade e privacidade. Pode incorporar o conceito maior de proteção contra desastres naturais como incêndios, enchentes e furacões, porém não determinantes na performance diária e conforto. Pode ser entendido também como sistemas físicos e simbólicos de proteção em edificações gradeadas e reforçadas. Pode ser caracterizado por sistemas invisíveis ou imateriais de vigilância. Bancos caracterizam-se por camadas espaciais, temporais e imateriais de controles variados que vão do acesso vigiado e fluido em horário comercial nas camadas mais externas até o cofre<sup>117</sup> com acesso restrito, mesmo para funcionários. Sistemas de proteção às descargas atmosféricas utilizam o modelo de gaiola como envolvimento completo da edificação.

Princípios gerais: Deve permitir o contra-ataque. Conflitos internos devem ser considerados. Pode ser concebido em camadas isoladas com níveis distintos de segurança. Pode ser necessário em um envelope sanitário em casos de risco de contaminação. Camadas adensadas, como por exemplo na combinação de massas inertes de concreto (que retardam a fuga ou invasão) e membranas de aço não solidarizadas (que em conjunto absorvem os impactos), guardam semelhança com os princípios das camadas térmicas e acústicas.

Fundações: assim como no caso dos túneis de fuga ou invasão, as pontes de segurança guardam semelhança com as características ocultas das demais pontes.

Pontes de segurança e tratamentos (o fluxo pode ser vigiado, controlado, desestimulado, cortado): além das penetrações e excluídas as características estritamente espaciais deste tipo, poderíamos considerar o rompimento dos bloqueios de telecomunicações em prisões como uma forma de contaminação, acenando para um futuro distópico de envelopes invisíveis e conflitos

---

<sup>117</sup> No famoso seriado “*La Casa de Papel*”, o cofre de ouro é também um envelope hídrico, invertido, inundável.

entre privacidade e vigilância. O cinema é pródigo em exemplos de fugas e invasões por instalações prediais de ventilação e esgoto.

Fronteiras defensivas (o fluxo pode ser manipulado): antecâmaras com portas intertravadas são um expediente obrigatório em zonas de segurança, podendo atuar como armadilhas em casos de tentativa de invasão ou fuga. Membranas de segurança como vidros blindados possibilitam a mediação visual através da transparência. “*Buffers de liberdade*”<sup>118</sup> em camadas espaçadas atuam como gradações de domínio e controle em presídios e hospitais segregados. Propriedades materiais e geométricas das superfícies, como no caso dos têxteis metálicos, podem ser usadas como *radiation-absorbent materials* (RAM)<sup>119</sup> para camuflagem anti-radar. Labirintos podem ser usados para dissipar a energia do inimigo, confundir ou oferecer atalhos controlados.

#### 4.4 Taxonomia construtiva do envelope

Ford (2003), ao tratar da exposição ou ocultamento dos sistemas construtivos, nomeia estes dois momentos como “monolíticos” ou “*layered*”, este último sendo melhor traduzido por revestimento já que o autor por vezes usa o termo “*clad systems*”. A nomenclatura parece equivocada para os propósitos de Ford, considerando que sistemas monolíticos ou não-monolíticos podem estar revestidos ou não. Apesar de insuficiente, a distinção é oportuna aqui, não pelas características expostas ou ocultas da construção (talvez o aspecto maior da obra de Ford), mas pela maneira como os modelos construtivos da Figura 19 a seguir vão de um sistema puramente monolítico ao organizado em camadas funcionais. Herrmann (2015), por sua vez, organiza o envelope em sistemas autoportantes e não autoportantes, que também parece insuficiente para incorporar todas as relações entre envelope e estrutura.

A taxonomia proposta a seguir não se organiza pela qualidade solidarizada ou desolidarizada das camadas, podendo ocorrer mesmo de forma combinada em cada modelo, ou de outra forma seria apenas uma variação da clássica dicotomia entre sistemas monolíticos e leves. É na relação de exposição e/ou ocultamento da estrutura que estes dois grandes sistemas se dividem em variações não coincidentes que, de certa forma, confirmam o postulado de impureza e contaminação dos sistemas construtivos e que desafiam classificações. Esta relação com a estrutura indica também distintos níveis de mediação de fluxos e a presença de pontes (e

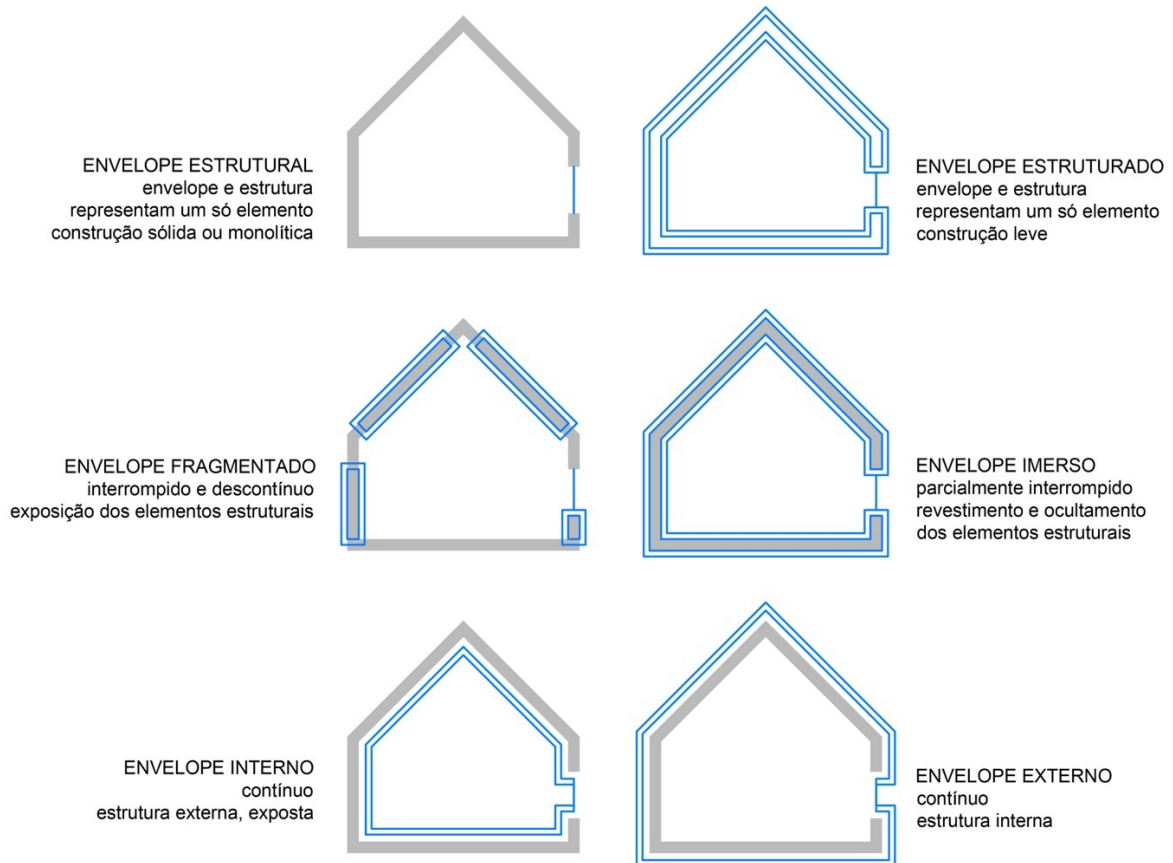
---

<sup>118</sup> Faço uso livre dos termos e expressões até aqui utilizados, procurando demonstrar como os termos são intercambiáveis dentre os tipos funcionais de envelope.

<sup>119</sup> Ver (Redlich, G. et al. 2014. New textiles designed for anti-radar camouflage)

patologias associadas) que caracterizam os tipos. Os modelos propostos terão como principal parâmetro, portanto, a relação de ocultamento entre envelope e estrutura.

Figura 19. Modelos gráficos conceituais de envelope em sua relação com a estrutura



Fonte: elaborado pelo autor.

A Figura 19 acima representa, hipoteticamente, os principais modelos construtivos de envelope em sua relação com o sistema estrutural, especificamente quando este está oculto ou exposto. Acreditando que nenhuma taxonomia será exaustiva, estes modelos pretendem ilustrar conformações generalistas que expandem a simples diferenciação entre sistemas monolíticos e leves. Os modelos extremos, **Estrutural** e **Estruturado**, pressupõem a indistinção entre estrutura e fechamento quando representam um só elemento, sendo o primeiro monolítico e o último leve, sem variações. O modelo **Fragmentado** pode conter combinações de estruturas monolíticas, esqueletos estruturais e sistemas leves, não afetando a relação entre envelope interrompido e estrutura. O modelo **Imerso** pressupõe a existência de um esqueleto estrutural, de qualquer tipo e material, que é envolvido ou absorvido pelo envelope (ou absorve o envelope, questão semântica) e pressupõe uma solidarização entre fechamentos, revestimentos e estrutura em direção ao comportamento monolítico. O modelo **Externo** pode estar constituído por

estruturas monolíticas, esqueletos estruturais e sistemas leves, sem diferenças significativas de performance, com vantagem crescente para os sistemas monolíticos que representam uma massa térmica estável internamente, protegida. O modelo **Interno** é o único em que a diferenciação entre sistemas monolíticos e leves é representativa. Para exoesqueletos, o envelope em si pode ter qualquer configuração construtiva, sólida ou leve, não afetando a relação com a estrutura principal. Para as edificações monolíticas, geralmente históricas ou nostálgicas (vernáculos ou modernas), teríamos na verdade um Envelope Estrutural convertido no modelo de Envelope Interno, preservando algumas funções portantes e de proteção às intempéries, mas sem representar a principal parte performativa, motivo pelo qual fica mantido na categoria proposta e não como uma variação do modelo de Envelope Estrutural.

Nos modelos gráficos, as linhas grossas em cinza claro representam o sistema estrutural, sem distinção de monolítico (pedra, barro, concreto) ou articulado tipo *frame* (madeira, aço, concreto). As linhas finas em azul representam o envelope, também sem distinção de solidarizado ou desolidarizado. Embora esteja insinuada uma sequência evolutiva na organização deste capítulo, que vai da estereotomia sólida pura à estereotomia leve, passando por modelos que em certa medida seriam pré-industriais para tipos mais recentes e performativos, esta sequência não indica uma evolução no sentido de eficiência, tampouco um desenrolar histórico. Considerando que os sistemas são híbridos e que a “permanência cultural” eventualmente contraria a “imanência tecnológica”, estes modelos representam momentos congelados que, para melhor representar seus “entres”, suas mutações, estariam melhor organizados não-linearmente. Para todos os casos, a variação é a regra e os modelos contaminam-se perpetuando tradições que corresponderiam a outras lógicas construtivas.

Para preservar o caráter de princípio, estes modelos gráficos não são morfológicos, ou seja, não pretendem ilustrar todas as possibilidades de configuração dos sistemas construtivos como, por exemplo, telhado com forro ou sem forro; laje plana com ou sem beiral e platibanda; fundações sobre pódio sólido, porão ou ainda pilotis/palafitas; janelas pequenas ou panos de vidro. Da mesma maneira, as combinações de sistemas sólidos e leves que podem ocorrer entre fundação e paredes e entre paredes e coberturas estão desconsideradas, caso contrário a multiplicação de combinações inviabilizaria a classificação. Entendidos, portanto, como modelos gráficos conceituais, elementos vulneráveis de articulação como platibandas e beirais estarão representados pela inflexão do telhado, entendida como um nó, nestes modelos arquetípicos. Estas variações morfológicas serão eventualmente apresentadas para cada modelo, quando pertinentes. Se admitida a hipótese geral de complexidade e impureza dos sistemas construtivos, qualquer tentativa de classificação e possíveis metodologias de projeto

irão esbarrar nas limitações da própria taxonomia. A taxonomia deve ser entendida, portanto, como uma chave de leitura dentre tantas outras possíveis.

Cada modelo a seguir será apresentado indicando:

- Tipo de relação entre envelope e estrutura (oculta ou exposta), enfatizando a existência ou não de pontes e outras consequências construtivas representadas pelas camadas e juntas.
- Procedimentos construtivos e configuração formal (nem sempre coincidentes), sendo tectônicas e/ou estereotômicas, e possíveis variantes.

#### 4.4.1 Envelope Estrutural

É o envelope monolítico, contínuo e autoportante. Envelope e estrutura representam um só elemento trabalhando idealmente sob compressão<sup>120</sup>, normalmente caracterizado por grandes massas e inércia térmica. A presença ou não de revestimento caracterizará o ocultamento ou não do sistema construtivo, mas deve ser entendido como parte deste, o revestimento sendo das ordens utilitária e expressiva. Muros monolíticos podem ser compostos por camadas monolíticas paralelas ao plano de fechamento, como nos muros romanos que eram construídos com um recheio mais disforme de pedras ou “concreto romano”, camadas estruturais externas paginadas e solidarizadas ao recheio, eventualmente revestidas com uma camada de ornamento (SCHULTZ, 2015, p. 27).

A cobertura pode ser uma continuidade deste sistema, como nos sistemas de cascas e abóbadas, ou ainda independente, em madeira ou outro sistema tectônico leve. Este sistema pode também estar perfurado por estruturas internas ou externas, como lajes e pisos de barrotes de madeira apoiados na construção sólida. Estas perfurações e articulações representam pontos de vulnerabilidade (que por sua vez podem estar associados ao desenvolvimento de motivos ornamentais utilitários) e pontes térmicas (conceito inexistente em modelos vernáculos e históricos, mas sistemas monolíticos modernos procuram apoiar lajes no envelope mais interno, preservando inviolável o envelope monolítico externo).

Construções monolíticas tendem a trabalhar com grossas espessuras de parede e os benefícios de inércia térmica deste tipo de construção têm sido reavaliados e adotados pela indústria da construção com viés sustentável. Neste último caso, preserva-se a espessura e

---

<sup>120</sup> Outros esforços podem atuar, mas questões específicas de comportamento estrutural não serão abordadas aqui.



descarta-se a solidez, esta substituída por ar, camadas desolidarizadas e enchimentos leves (fibras naturais).

As paredes (e cobertura) podem estar revestidas com material desejavelmente impermeabilizante, como nos sistemas originais de adobe. Revestida ou não, sua qualidade monolítica é ao mesmo tempo toda vulnerável, sujeita à aparição de juntas em escala estrutural (movimentação, dilatação e retração) ou microscópica, como fissuras e a própria capilaridade dos materiais porosos.

A configuração formal coincide com a construção, predominantemente estereotômica, caracterizada por grandes massas e aberturas escavadas.

#### **4.4.2 Envelope Fragmentado**

Representa todo tipo de construção caracterizada por uma estrutura independente e preenchida por elementos sólidos (vedações sem função estrutural) como alvenaria, ou leves como esquadrias e vidro, preservando a estrutura aparente e caracterizando um envelope interrompido. Pode-se dizer que, neste caso, a estrutura “obscurece” o envelope, dada sua predominância. A fragmentação do envelope se dá pela interrupção do revestimento e preenchimento de vãos estruturais, bem como da própria forma e estrutura, visualmente descontínua. Correspondendo ao tipo modernista que preconiza a separação visual e construtiva entre estrutura e fechamentos, é o que mais está sujeito à ocorrência de pontes térmicas e deterioração dos elementos estruturais. Elementos de cobertura, bem como marquises e varandas, são uma continuidade do sistema estrutural, configurando elementos estruturais superexpostos.

Em alguns casos, as caixas, tanto estereotômicas (caixão) como tectônicas (gaiolas), podem estar desmontadas, desarticuladas formalmente e construtivamente em planos e volumes que ocultam e/ou representam outros elementos estruturais monolíticos ou não. É o que Bruno Zevi<sup>121</sup> procura ilustrar na Figura 20 a seguir, demonstrando como alguns procedimentos de composição plástica e espacial do modernismo podem ser comparados com uma caixa desmontada, caracterizando um envelope fragmentado.

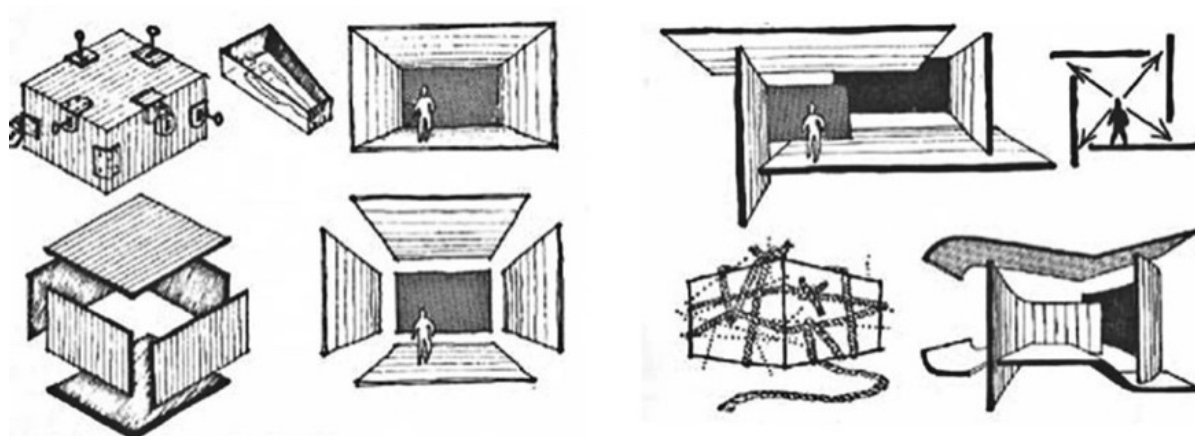
Neste sistema, toda articulação, ponto de encontro entre estrutura e fechamentos representa uma junta a ser tratada. Sistemas de grampeamento entre fechamentos sólidos e estrutura impedem aberturas de grandes fissuras, mas não dispensam o tratamento destas juntas com selantes ou barreiras/labirintos de capilaridade como mata-juntas. Idealmente, os

---

<sup>121</sup> (2009, Saber ver a Arquitetura), tomo este exemplo de Peries (2016)

componentes deveriam ser sobrepostos com uso de rufos e pingadeiras em cascata (drapeados), tornando os sistemas (estrutura e fechamentos) nem tão independentes assim, mas “costurados” para garantir a estanqueidade. Sistemas telescópicos similares aos de esquadrias podem também ser aplicados no encontro entre estrutura e fechamentos, permitindo a movimentação destes.

Figura 20. Caixa explodido representando sistema de composição neoplástica



Fonte: (ZEVI, 2009).

Predominam procedimentos tectônicos de montagem através da independência visual entre estrutura e fechamentos, bem como eventuais elementos estereotômicos como bases, blocos e muros. A aparência geral é tectônica, mesmo para elementos estereotômicos que participam da analogia geral de montagem. No esforço de denotar uma grande montagem, pode ocultar uma outra lógica construtiva, muitas vezes ainda dependente de tradições construtivas artesanais.

#### 4.4.3 Envelope Imerso

Representa todo tipo de construção caracterizada por uma estrutura tipo *frame* preenchida por elementos sólidos ou leves e revestida em sua totalidade, ocultando a estrutura. O envelope está imerso na estrutura e recobre esta. Estrutura e envelope se confundem, tendendo para um comportamento solidarizado e monolítico. A estrutura pode ser tanto madeira (*wood-frame*), aço (*steel-frame*) ou concreto. A cobertura pode ser tratada como um sistema integrado ou independente, incorporada ou não ao envelope principal. Venturi (1977, p. 38)<sup>122</sup>, tratando especificamente do *balloon-frame* (um modelo arcaico de esqueleto estrutural em

<sup>122</sup> (Complexity and Contradiction in Architecture, 1977)

madeira), reforça a ambiguidade destes sistemas, que evoluem no canteiro de obras como estrutura e terminam como fechamento, comportando-se das duas maneiras.

Nos sistemas com fechamentos sólidos, o revestimento é do tipo monolítico, o mais comum sendo o reboco, solidarizado à alvenaria e estrutura, denotando solidez<sup>123</sup>. Devido à pouca espessura dos revestimentos e descontinuidade dos fechamentos, a estrutura representa uma ponte térmica. Em alvenarias, a argamassa de assentamento representa uma ponte devido a sua alta condutividade térmica, se comportando como uma peneira de calor (KNAACK; KOENDERS, 2018, p. 95). O revestimento pode acusar trincas nos encontros entre fechamentos e estrutura, motivo pelo qual, em algumas práticas construtivas, a alvenaria acaba sendo grampeada (costurada) à estrutura com telas entre fiadas, em uma tentativa de tornar o sistema mais monolítico. Telas também podem ser usadas para estruturar o próprio revestimento, antes ou depois do aparecimento de trincas. Quando planejadas, as juntas do revestimento representam pontos de vulnerabilidade, e devem ser tratadas com selantes e/ou mata-juntas.

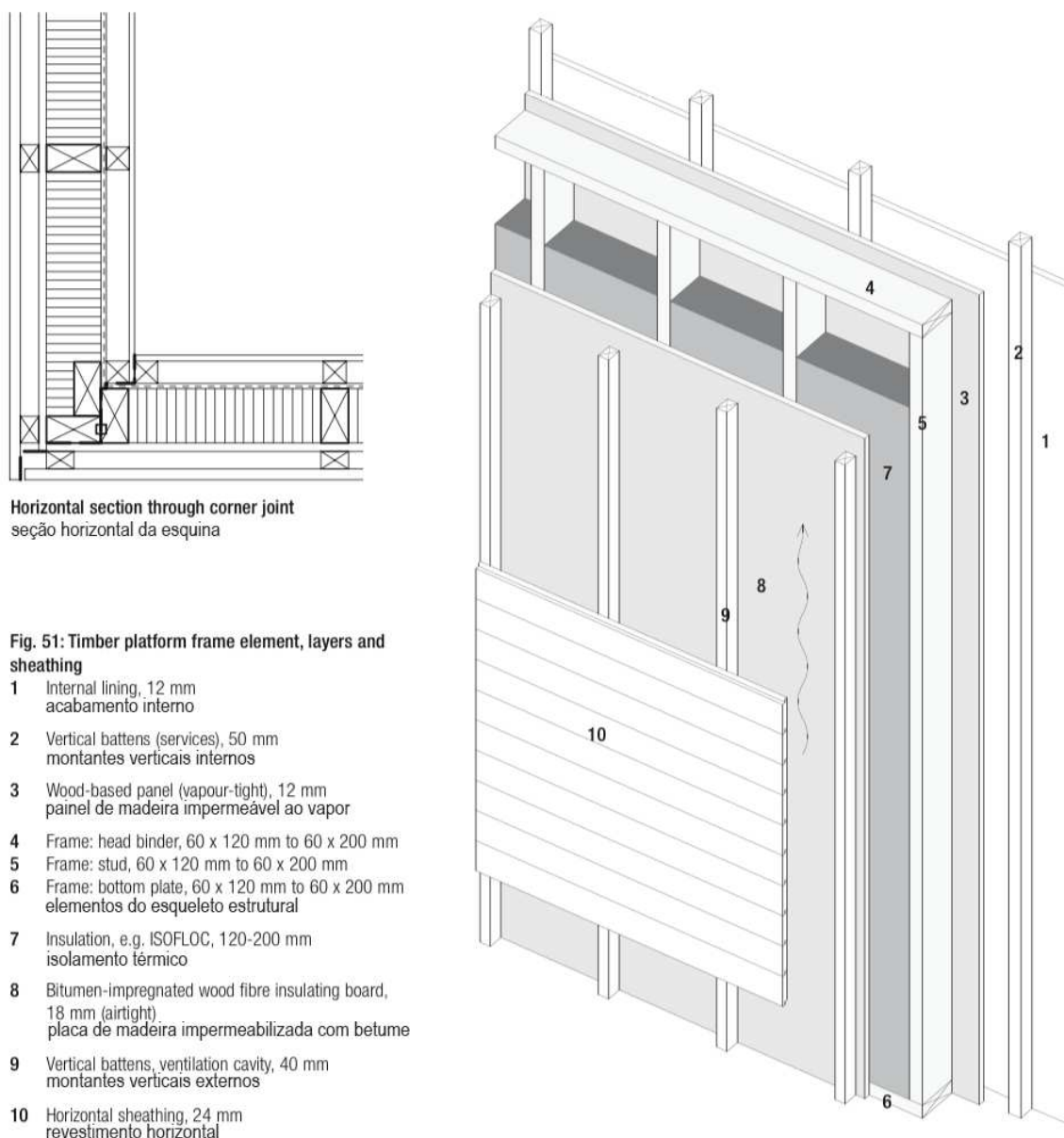
Nos sistemas com fechamentos leves, devido à concentração de elementos estruturais em articulações e esquinas, cantos e vergas se tornam pontos problemáticos pelo fato de impedirem o preenchimento e continuidade dos materiais isolantes (FIGURA 21). Nestes locais, concentram-se as pontes térmicas e consequentes condensações ocultas que deterioram as camadas internas (LOVELL, 2013, p. 55). A presença de um revestimento externo ventilado (item 10 na figura 21) sombreia e protege as membranas internas, mas não impede a transferência de energia pelos elementos estruturais, incluindo os elementos de fixação do próprio revestimento, alinhados com o frame principal. Este conflito entre estrutura e insulamento descontínuo dará origem aos dois modelos seguintes, nos quais o envelope inteiro é deslocado para dentro ou fora da estrutura, independente desta.

Predominam procedimentos tectônicos de montagem. A aparência será tectônica ou estereotômica conforme tratamento ornamental. Assim como nas primeiras casas de Frank Lloyd Wright em Oak Park (FORD, 2003), o revestimento final e arremates podem representar a tectônica oculta. Em sentido contrário, a abstração formal e ausência mesmo de elementos tradicionais da gramática arquitetônica (beirais, pingadeiras, peitoris, mata-juntas, transições) podem simular uma solidez de sistemas estereotômicos ou aparência tectônica de montagem quando planos e volumes simulam grandes encaixes, contrariando os procedimentos construtivos.

---

<sup>123</sup> Uma alvenaria rebocada ganha rigidez estrutural, comportando-se de forma monolítica.

Figura 21. Detalhes de um tradicional wood-frame



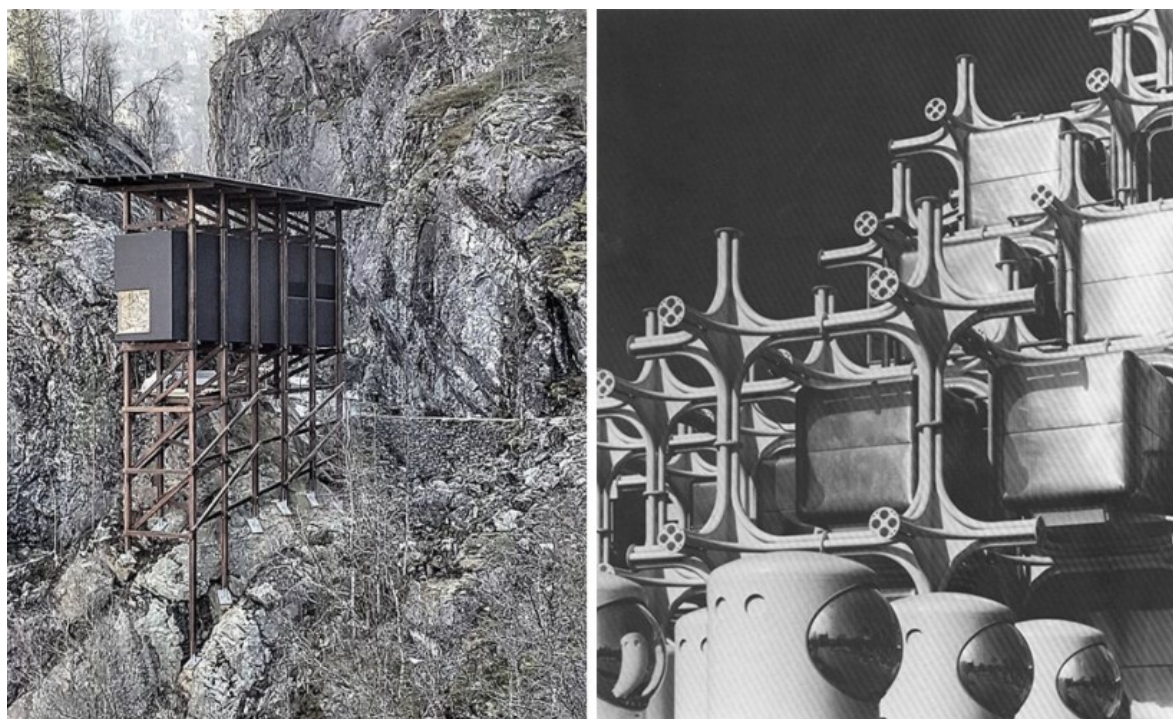
Fonte: (DEPLAZES, 2005, p. 102). Reorganizado e traduzido pelo autor.

#### 4.4.4 Envelope Interno

Representa o envelope sustentado por um exoesqueleto ou interno a uma estrutura monolítica. Trata-se de uma alternativa ao envelope imerso, proporcionando um envelope contínuo e distribuição homogênea dos materiais de isolamento, sem pontes térmicas. Este sistema pressupõe que a estrutura não penetre o envelope, mas pode conter internamente estruturas de compartimentação, sem conexão com a estrutura externa. Embora destinado a pequenas estruturas, sua lógica pode ser expandida para megaestruturas contendo cápsulas independentes, como um organismo metabólico.

Para exoesqueletos (FIGURA 22), como este envelope precisa estar ancorado na estrutura, os engastamentos representam perfurações a serem tratadas. Estes elementos de fixação precisam prever componentes telescópicos que permitam a movimentação estrutural do envelope, considerando que a estrutura está exposta e sujeita a maiores acomodações. Para estruturas em palafita, significa que os elementos estruturais de fundação não penetram a edificação, permitindo facilmente o isolamento de umidade ascendente e insetos. Sua desvantagem está na exposição dos elementos estruturais que exigem maior manutenção, representam pontos de condensação de sujeira e água e demandam acabamento rigoroso (sem improvisações). Predominam procedimentos e aparência tectônica de montagem.

*Figura 22. Zumthor, Zinc Mine Museum / Kurokawa Kisho, Takara Beautilion, Expo70*



*Fonte: <https://zumthor.tumblr.com> / <https://dreamingofy2k.tumblr.com/post/166187588501/nakagincapsuletower-kurokawakisho-takara>.*

Para estruturas monolíticas<sup>124</sup>, segundo Knaack e Koenders (2018, pp. 22-41-54-93), este envelope apresenta desvantagens como condensações internas (armadilhas de vapor, considerando que a estrutura inteira se comporta com uma barreira externa e, estando sujeita a temperaturas externas mais frias, pode condensar internamente) e ausência de massa térmica interna (causando variações rápidas e intensas de temperatura interna), motivos pelos quais este

<sup>124</sup> Ver Figura 25. Eduardo Souto de Moura e Adriano Pimenta, Vila das Sete Cidades, pág.84.

modelo é reservado para edificações históricas ou outras limitações de reforma (ou quando o projetista deseja uma honestidade monolítica externa).

#### 4.4.5 Envelope Externo<sup>125</sup>

Representa o tipo ideal de envelope performativo, ou um tipo específico que acabou por dominar a literatura e caracterizar uma cultura construtiva de pretendida alta performance. Um de seus princípios maiores está no envelopamento externo da estrutura e, conseqüentemente, na eliminação de pontes térmicas (e demais pontes). Estas podem ainda existir nos pontos de engastamento/ancoramento do envelope com as estruturas. Coberturas, marquises, varandas e qualquer outro elemento estrutural externo devem, idealmente, não perfurar este envelope, sendo incorporados neste ou sobrepostos sem conexão estrutural. Este envelope não é autoportante, depende da estrutura interna para sua sustentação.

Cobertura e esquadrias são todos componentes indissociáveis deste envelope, como um organismo único. Aqui também se encaixa o pano de vidro, cujo modelo de estanqueidade é o mesmo para fachadas opacas montadas sobre sistemas de esquadrias. Nestes casos, o sistema é detalhado para ser auto-drenante, conduzindo para o exterior a água que inevitavelmente penetra. Já os sistemas de fachadas ventiladas funcionam como uma primeira barreira de proteção contra a água, vento e calor, restando à camada interna garantir a estanqueidade e isolamento final. Este modelo de fachada ventilada é também aplicável nas próprias peles de vidro, incorporando uma segunda pele, mais externa, que pode se comportar de forma ventilada ou não conforme estação do ano, mediando o ar entre as duas peles de vidro para amortecer, armazenar ou dissipar energia.

O isolamento térmico externo preserva internamente a massa térmica da estrutura, o que significa variações menores de temperatura interna, e também previne a formação de condensações na proximidade com as superfícies externas. Por outro lado, os revestimentos externos podem estar sujeitos a grande stress, demandando cuidado com o planejamento de juntas (KNAACK; KOENDERS, 2018, p. 21).

Predominam procedimentos tectônicos de montagem. A aparência pode ser tectônica ou estereotômica conforme tratamento volumétrico e ornamental.

---

<sup>125</sup> Para este envelope, ver Figura 8 pág.49; Figura 27 pág.86; Figura 28 pág.87; e ainda as obras analisadas nas seções 6.2 e 6.6.

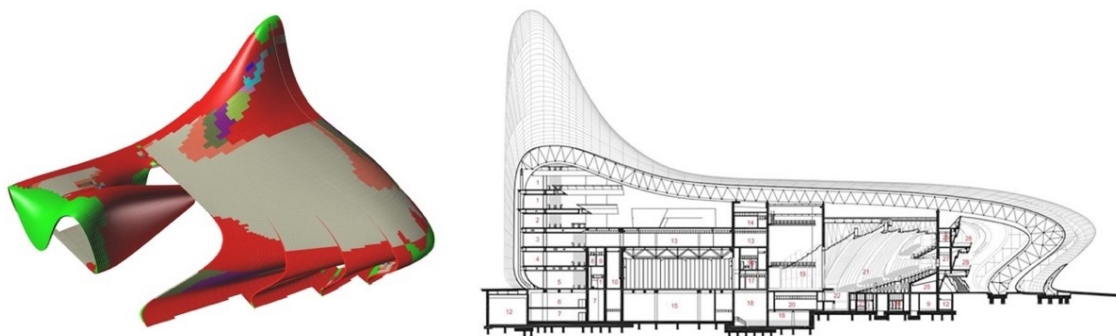


#### 4.4.6 Envelope Estruturado

Representa o envelope leve autoportante, concebido como um sistema estrutural. Não se trata, portanto, de uma estrutura envelopada, mas de uma casca autoportante trabalhando sob diversos esforços estruturais (não se confundem com as cascas estruturais, monolíticas). Pode não haver distinção estrutural entre fachadas e coberturas, todas pertencendo ao mesmo sistema de detalhamento e formalmente contínuas. A estruturação da casca pode adquirir escala monumental, como uma malha espacial de nós topológicos correspondendo a cada vértice dos painéis de fechamento. Neste caso, a estrutura não existe para ser vista, pertencendo à substância do envelope<sup>126</sup>. Estruturas infláveis e pneumáticas pertenceriam a esta categoria, nas quais camadas de ar assumem função estrutural e o material têxtil representaria o ornamento desta estrutura. Contêineres<sup>127</sup> (se entendidos como sistemas monolíticos) e todo tipo de cápsula monobloco completariam o modelo.

A existência de um envelope autônomo não implica na ausência de uma estrutura interna, que pode existir para outras funções e compartimentações (FIGURA 23). Os elementos de arremate e proteção não diferem do modelo ideal de envelope performativo sem afloramento de elementos estruturais, exceto pelo fato de que não há uma estrutura a ser protegida, o envelope é a própria edificação. Sua aparência monolítica demanda sistemas de absorção dos movimentos estruturais, sendo comum a sobreposição das camadas e painéis de fechamento em forma de escamas, como um organismo inteiro que se movimenta, nada monolítico.

*Figura 23. Zaha Hadid Architects , Heydar Aliyev Center, Azerbaijan*



*Fonte: <http://buildipedia.com/aec-pros/from-the-job-site/zaha-hadids-heydar-aliyev-cultural-centre-turning-a-vision-into-reality>.*

<sup>126</sup> Frank Gehry não aparenta nenhum constrangimento ao expor as vísceras deste envelope em explosões esculturalmente calculadas. Gehry, na verdade, parece estar bastante consciente da natureza ambígua de sua obra, e faz questão de revelar a armadura de suas cascas, como faz na torre do museu de Bilbao.

<sup>127</sup> Para tornarem-se habitáveis, contêineres acabam incorporando um envelope interno de isolamento, restringindo ainda mais seu espaço útil. Neste caso, o contêiner comporta-se como uma barreira impermeável de vapor, demandando cuidado. Opcionalmente, podem ser revestidos externamente com camadas de isolamento e sombreamento, ocultando definitivamente sua estética original.

Predominam procedimentos tectônicos de montagem. A aparência pode ser tectônica em pequena escala e estereotômica em grande escala conforme tratamento volumétrico e ornamental.

#### 4.5 Cultura construtiva do envelope

O Envelope Estruturado, que finaliza a seção anterior deste capítulo, conecta-se conceitualmente com aquele Envelope Estrutural, mais arcaico, pela indistinção entre estrutura e fechamentos. Os modelos gráficos conceituais de envelope da taxonomia proposta sugerem uma organização na qual estes dois modelos de envelope se conectam e todas as outras combinações, saltos e os muitos “entres” são possíveis, considerando que coexistem todos estes modelos no atual estágio da construção, dos arcaicos aos ultramodernos.

O percurso histórico que leva de Schinkel a Perret e a Corbusier consolida, dentro da produção erudita, o uso das estruturas aparentes e a independência dos fechamentos, desonerados tecnicamente e simbolicamente da carga estrutural. A arquitetura colonial brasileira utilizava este raciocínio estrutural para manipular os elementos de proteção e sombreamento, antecipando a independência funcional que caracteriza o moderno brise-soleil. No caso dos muxarabis, permanece a presença estrutural, como uma segunda fachada, modelo utilizado por Lucio Costa no conjunto do Parque Guinle (1948, Rio de Janeiro RJ), e ainda por Adolf Franz Heep para o Edifício Guaporé (1956, São Paulo SP), Rino Levi para o Edifício Plavinil-Elclor (1961, São Paulo SP) e Acácio Gil Borsoi para o edifício Santo Antônio (1963, Recife PE), dentre outros. Em todos os casos, a lógica de independência estrutural é também funcional, o que permite interpretar estes exemplos como um duplo envelope ou como um envelope em camadas espaciais.

*Figura 24. Elementos de proteção incorporados na estrutura, Diamantina e Parque Guinle*



*Fonte: Diamantina, acervo próprio. Parque Guinle, Nelson kon.*



A independência entre suportes e planos do sistema Dom-ino de Corbusier consolida o racionalismo estrutural do séc. XIX, mas é no princípio da planta livre que os fechamentos ganham autonomia e expressão própria dentro de uma nova gramática compositiva que aqui corresponderia ao Envelope Fragmentado. O potencial de expressão tectônica deste modelo é um índice da sua popularidade, mesmo passado quase um século desde a realização de obras como a Schröder House (1924) de Gerrit Rietveld (construída em sistemas leves tipo frame, mas revestidos de tal forma a denotar elementos estruturais sólidos) e a Brick Country House (1923-24) de Mies van der Rohe, com sua planta neoplástica. Um pouco mais tarde, temos a Casa de Canoas (1950-54) de Oscar Niemeyer<sup>128</sup> que avança na expressão de liberdade dos fechamentos. Este é um pensamento construtivo proibitivo atualmente em países que praticam o envelope hermético, mas não impossível. Aqueles estilos de arquitetura primavam por uma leveza da composição e componentes “difíceis de replicar no contexto da atual ordenança e desempenho” (FRAMPTON, 1995, p. 381). Uma maneira de explicar este fenômeno seria recorrer ao conceito de “estilos de construção” de Ford, rastreando, em obras contemporâneas que tentam replicar aquela estética, a ausência de uma leveza que só era atingida pela ausência de envelopamento dos elementos estruturais.

Nos modelos de Envelope Imerso, a solidarização entre estrutura e fechamentos indica um comportamento monolítico, próximo do Envelope Estrutural, mas que não se beneficiaria das propriedades de inércia térmica deste, tampouco da independência estrutural do Envelope Fragmentado. A independência entre estrutura e fechamentos será uma necessidade para o envelope performativo, que se desenvolve do modelo Imerso para modelos Internos ou Externos.

Um modelo de Envelope Interno seria o das estruturas monolíticas que, por razões de preservação histórica ou nostalgia, deslocam o envelope para o interior, mantendo intacta a fachada, como um hospedeiro. Como indica Beim (2004), construções históricas ainda em uso enfrentam o desafio de atualização deste envelope às normativas de conservação de energia e padrões modernos de estanqueidade (desafio que, por exemplo, desatualiza a abordagem fragmentada de Scarpa em edificações históricas). O desafio estaria na preservação de suas qualidades construtivas, e a escolha recai sobre a conservação da máscara urbana, sacrificando sua estrutura interna que será ocultada ou até eliminada, dando lugar a uma nova estrutura, nova

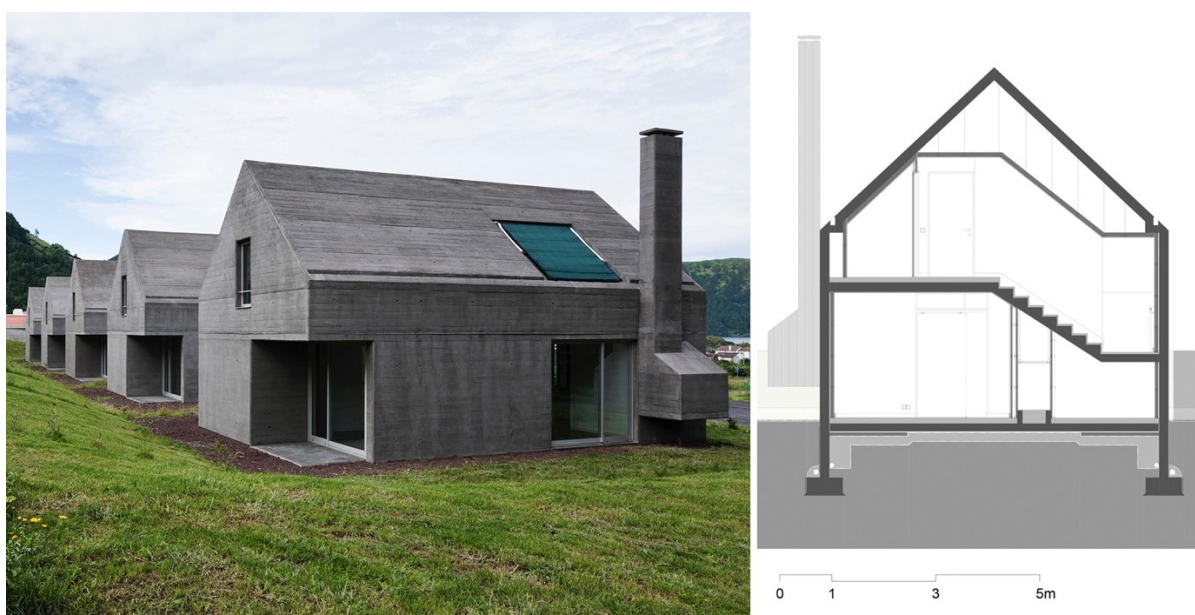
---

<sup>128</sup> Que habilidosamente pousava suas formas livres sobre pódios estereotômicos funcionais, parcialmente ocultos na topografia.

camada histórica. O mesmo acontece com modernos *log-cabins*<sup>129</sup>, externamente nostálgicos, internamente selados e privados da ambiência genuína de uma cabana.

A exposição “honesta” dos materiais e sistema estrutural caracteriza o projeto de Eduardo Souto de Moura e Adriano Pimenta para as 27 casas na Vila das Sete Cidades (FIGURA 25). O modelo arquetípico e abstrato de casa com telhado é traduzido em concreto, reservando para seu interior o envelope térmico. No corte, é possível observar a continuidade entre estrutura externa e lajes internas (cinza escuro) que penetram o envelope interno (cinza claro), implicando na possível descontinuidade do envelope interno e indicando certa inadequação deste sistema quando utilizado em estruturas compartimentadas. Um tratamento possível seria a independência estrutural das lajes entre pavimentos e compartimentações internas<sup>130</sup>.

Figura 25. Eduardo Souto de Moura e Adriano Pimenta, Vila das Sete Cidades



Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/765406>, acesso em 10/02/2020.

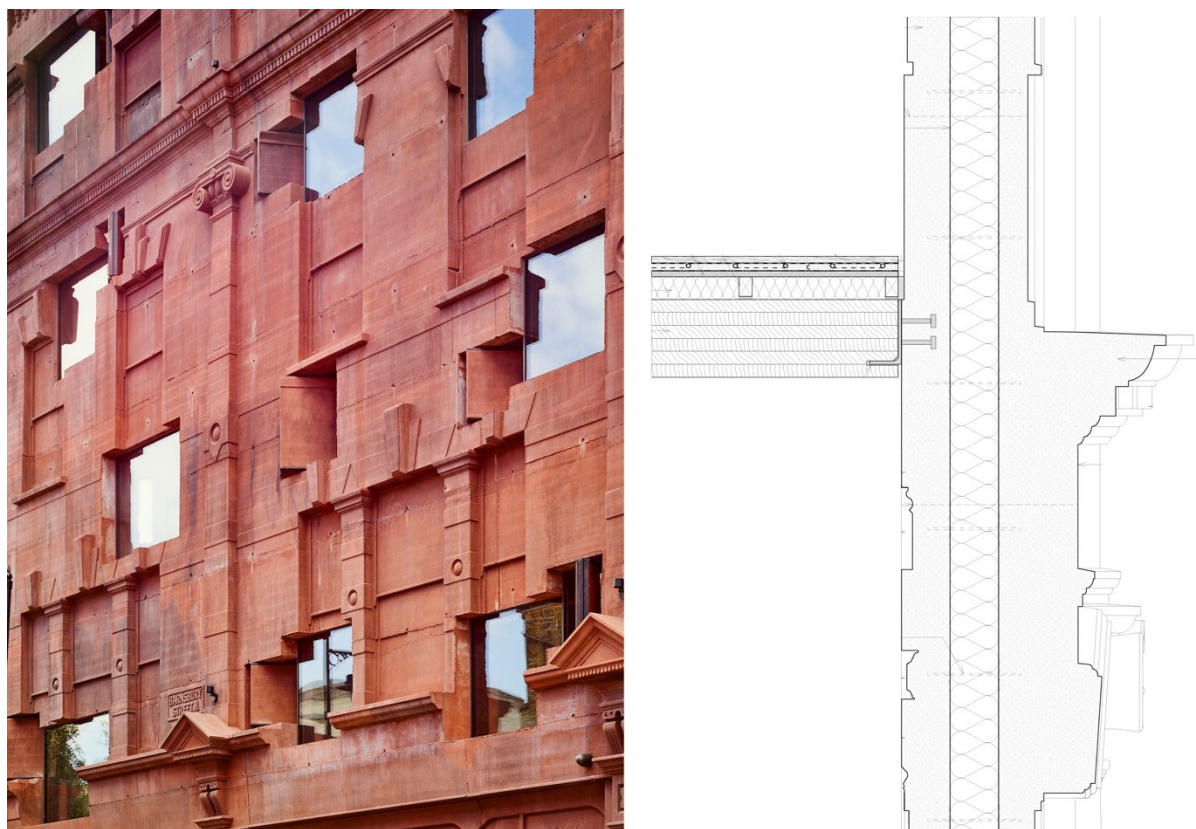
Na Figura 26 a seguir, o escritório Groupwork opera com as ambiguidades da fachada histórica ao reconstruir este edifício em Londres, bombardeado na Segunda Guerra Mundial. Como um quebra-cabeça desmembrado, os elementos históricos não correspondem em sua totalidade à tectônica para sempre perdida, processo que eles nomeiam como “*skeuomorphism*”. A nova fachada, totalmente monolítica e estrutural, foi concebida em concreto terracota e

<sup>129</sup> Cabanas construídas inteiramente com peças roliças de madeira, empilhadas horizontalmente e travadas nas esquinas.

<sup>130</sup> São especulações baseadas somente nas imagens e desenhos de apresentação.

moldada in-locu como um sanduíche que contém no seu miolo a camada de isolamento. O monolito interno de concreto inverte os ornamentos externos, como negativos, reforçando a desconexão entre motivos tectônicos externos e internos. Mesmo texturas como papel de parede foram modeladas digitalmente, manipulando as possibilidades da tectônica digital e das fôrmas de poliestireno expandido moldadas em CNC. Juntas de concretagem e erros de transferência de informação do CAD para as fôrmas e fabricação foram incorporados na textura. Aberturas seguem o programa estritamente funcional, desconsiderando a modenatura e sem acréscimos de elementos ornamentais. Observar como as lajes internas engastam somente no envelope interno, sem romper a camada de isolamento.

*Figura 26. 168 Upper Street, Groupwork*



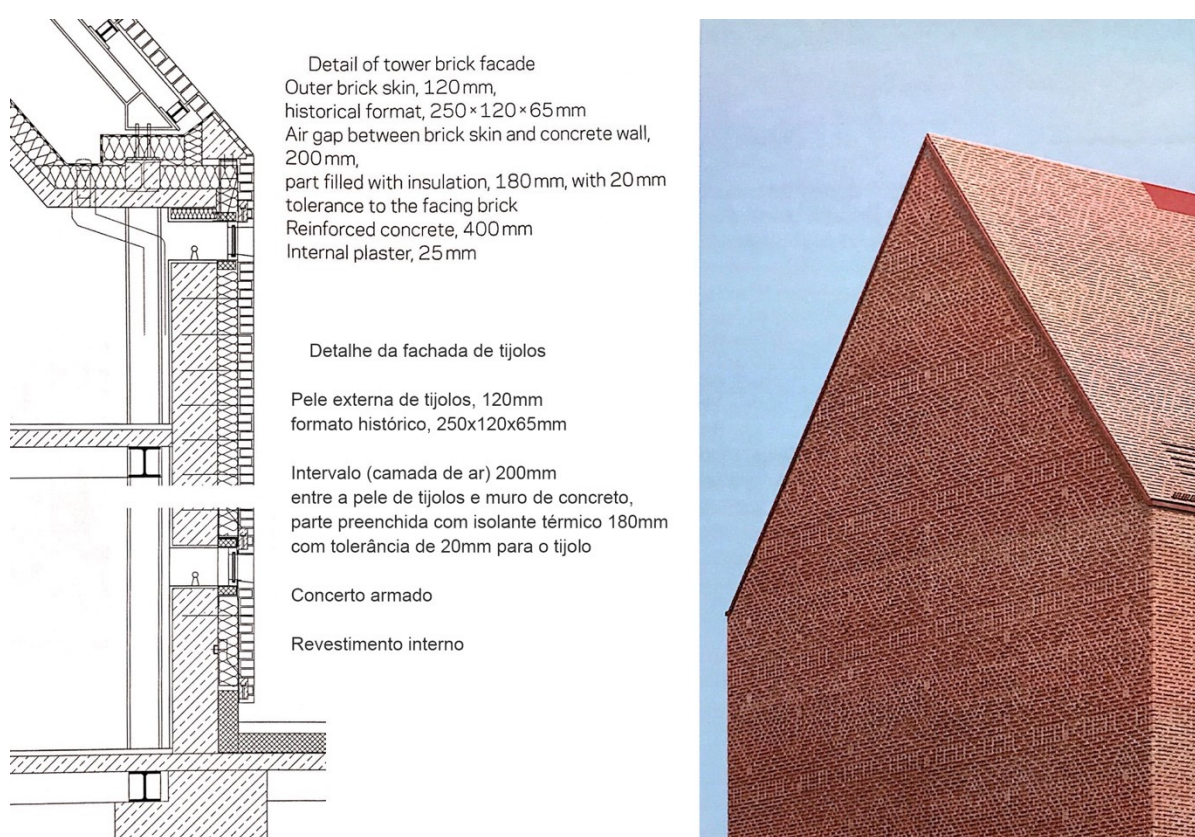
Fonte: <http://groupwork.uk.com/#>, acesso em 09/02/2020.

O Envelope Externo seria, em razão do envelopamento completo da estrutura, o modelo ideal com o mínimo de pontes térmicas e adaptável a qualquer escala de edificação, o que o torna mais versátil que o Envelope Interno. Embora possa denotar solidez, na prática este envelope não é monolítico, depende da montagem de elementos pré-fabricados, e sua camada mais externa acaba incorporando elementos tectônicos de montagem e encaixe. Não é incomum



o desejo de denotar a tradição e uma linguagem nostalgicamente tectônica acrescentando, para isso, uma camada final de “solidez” em tijolos ou pedra, cuja função é sombrear, proteger mecanicamente as camadas internas e minimizar a penetração da água e vento (tijolo e pedra não são impermeáveis, mesmo tratados). Os tradicionais aparelhos de alvenaria ganham liberdade formal como se vê nas experiências digitais e robóticas dos laboratórios da ETH Zurich e Gramazio Kohler Architects. Na Figura 27 a seguir, que ilustra mais um modelo arquetípico abstrato, observar como a estrutura metálica sustenta a laje interna e como este conjunto não avança sobre o envelope externo. Observar ainda como o ponto de apoio da estrutura metálica que suporta os tijolos da cobertura recebe tratamento isolante no engastamento. Todos estes artifícios construtivos e formais se dão em função da planejada desconexão entre envelope externo e elementos internos. A ausência de beiral é a expressão funcional deste véu de tijolos.

Figura 27. North Rhine-Westphalia State Archive, Ortner & Ortner Baukunst

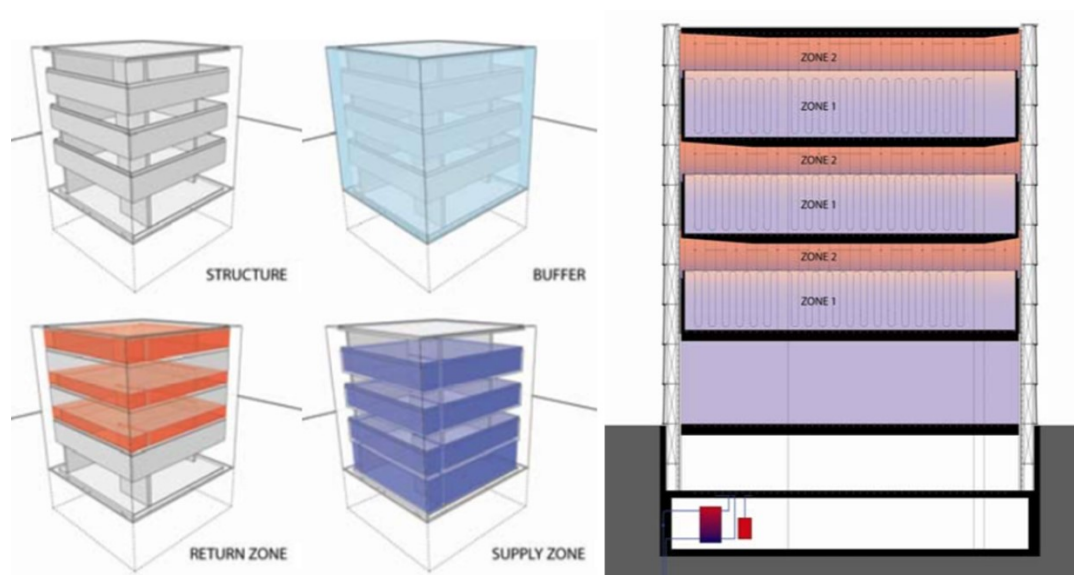


Fonte: (HERRMANN et al., 2015). Reorganizada e traduzida pelo autor.

A interação entre envelope, sistemas estruturais e instalações prediais como estratégia de mediação de complexidades é realizada por Peter Zumthor (e engenheiro Peter Meierhans) no museu Kunsthau Bregenz de 1997 (FIGURA 28). O envelope é uma dupla camada de vidro

(90cm entre peles) que serve como barreira de água, amortecedor térmico e difusor de luz (FIGURA 29). A luz é rebatida dentro da dupla camada e distribuída uniformemente entre os plenums de forro, como antecâmaras, da mesma maneira que a luz interna é diluída externamente transformando o museu em uma grande caixa de luz, sem necessariamente ocultar a sombra dos elementos estruturais. A pele externa, ventilada, funciona como capa e filtro, e sua execução em escamas oblíquas cumpre também função de difusão da luz. Esta escama externa é tratada como uma trama, ornamentada pelos nós (suportes metálicos salientes) que sustentam as placas de vidro. A pele interna de vidro faz parte do envelope térmico, estruturalmente isolado da estrutura interna de concreto que define os espaços opacos do museu, e é composta pelo vidro que encerra verticalmente o plenum e isolantes rígidos reflexivos (rebatedores de luz) em torno das paredes de concreto. O plenum de luz transforma cada pavimento em um envelope particular e parte integrante de um envelope maior, de modo que a distribuição de camadas funcionais e espaciais se dá tanto na vertical como horizontal dos planos. Persianas móveis podem controlar ou mesmo escurecer completamente os plenums, se desejado.

*Figura 28. Kunsthaus Bregenz, camadas, corte, detalhe e maquete*

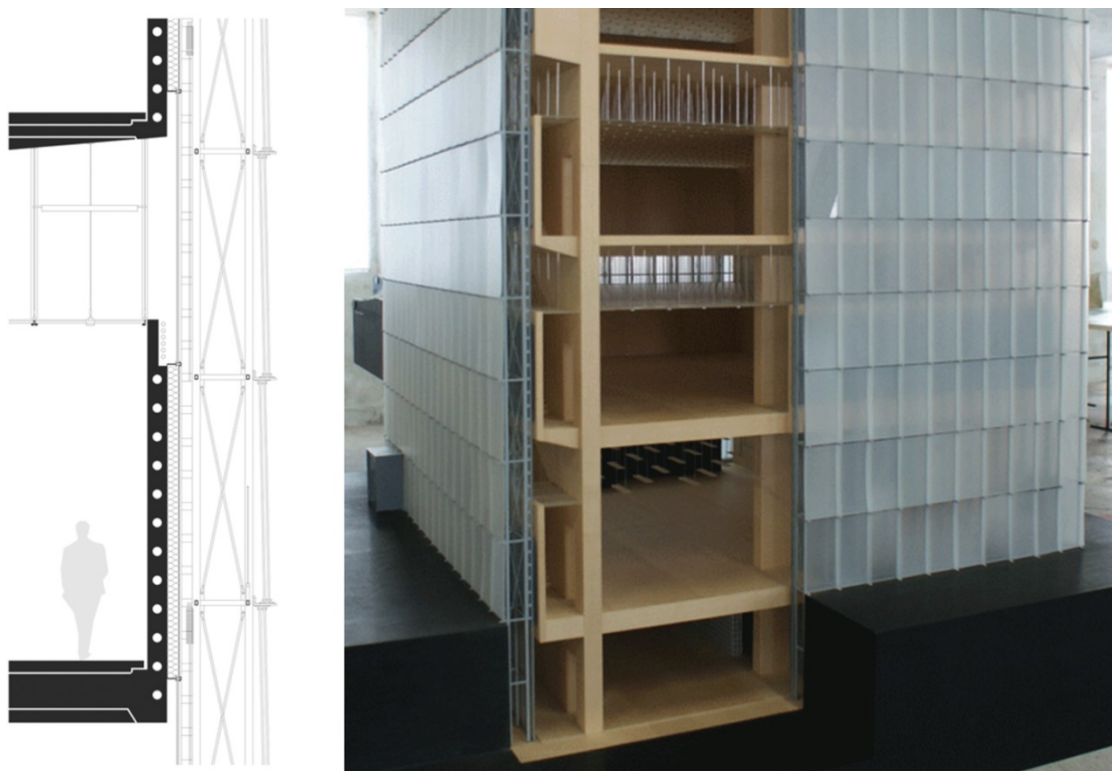


*Fonte: (MOE, 2010).*

As paredes de concreto são dotadas de um sistema hidrônico (representando na Figura 28 à direita) para aquecimento ou resfriamento por radiação que, segundo Moe (2010), reduz para apenas 750m<sup>3</sup> o ar utilizado em relação aos possíveis 24.000m<sup>3</sup> de um sistema HVAC (80% menos energia), minimizando o maior conflito entre renovação e condicionamento de ar,

e viabilizando também o ocultamento das instalações de ventilação, reduzidas ao mínimo. A dupla camada do envelope penetra o subsolo habitável, acima das fundações que abrigam o pavimento técnico e sistemas de troca de calor, estes diretamente ligados ao lago adjacente. A fundação funciona como envelope hídrico, isolando a edificação da água que aflora do lago, mas usando esta mesma presença da água como dissipador de calor conectado ao sistema hidrônico.

*Figura 29. Kunsthaus Bregenz, detalhe e maquete*



Fonte: <https://www.kunsthau-bregenz.at/about-us/architecture/?L=1>, acesso em 02/03/2020.

Camadas verticais (fachada ventilada); camadas horizontais (plenuns, fundações); nós, juntas e painéis (escamas de vidro); barreiras (fundação; independência estrutural entre fachada e núcleo de concreto) e fronteiras (fachada ventilada, plenuns como antecâmaras, trocadores de calor e sistema hidrônico de radiação), são características que resumem no Kunsthaus Bregenz os temas até aqui expostos.

Este capítulo pretendeu construir um conceito de envelope que pudesse abranger outras culturas construtivas não identificadas com o envelope dito performativo. Por conceito, estarei me referindo à um modelo abstrato de envelope e seus hipotéticos comportamentos, e não ao objeto construído. Neste sentido, ampliar os conceitos não significa exaurir, como bem demonstra a taxonomia hipotética proposta, indicando apenas que a complexidade construtiva

e formal do envelope pode ser investigada para além da pura dicotomia tradicional entre construções sólidas e leves.

Teríamos, a título de resumo, os seguintes temas que definiriam hipoteticamente o envelope:

- **Mediação:** o envelope pode ser definido como um sistema de mediação de fluxos físicos (matéria e energia), espaciais, simbólicos e temporais, entre interior e exterior das edificações, da fundação à cobertura.
- **Camadas:** o envelope pode ser definido como um sistema em camadas materiais (solidarizadas ou não, espaçadas ou não), espaciais, simbólicas e temporais.
- **Permeabilidade:** o envelope não é necessariamente hermético. Como apresentado, a diferenciação entre aberto e fechado não seria definidora de um envelope performativo e outro dito “tropical”, mas uma característica técnica do próprio envelope performativo e que, conforme literatura indicada, sugere que o envelope permeável seja mais versátil ao admitir graus de permeabilidade e regulação.
- **Pontes e fronteiras:** o envelope pode ser tratado no sentido estrito de proteção de vulnerabilidades e controle artificial do ambiente interno, ou de forma mais fluida em conjunção com os próprios elementos da natureza. Estas duas formas de tratamento podem estar combinadas em graus distintos de permeabilidade.
- **Função/tipologias:** o envelope não é somente térmico, podendo ser também hídrico, acústico, sanitário e defensivo, combinados ou não em camadas, em conflito funcional ou não. Estes tipos funcionais compartilham princípios que nos permitiriam falar de estratégias universais de envelopamento.
- **Construção/Configuração:** o envelope pode ser caracterizado conforme sua relação com a estrutura e ocultamento desta, indo do envelope como pura estrutura (estereotomia sólida) ao desaparecimento da estrutura (estereotomia leve), passando por sistemas híbridos, independentes ou completamente associados. Procedimentos construtivos e configuração formal nem sempre são coincidentes. A relação entre envelope e estrutura define as possíveis fragilidades, patologias, pontes e o nível de mediação de fluxos a que está sujeito o envelope (elementos de proteção e tratamento).

A apropriação e expansão dos temas acima permitiriam, hipoteticamente, falarmos de um envelope aberto, ventilado, “tropical”, organizado em camadas funcionais, adaptáveis,



espaçadas, mecanicamente desconectadas, conciliando funções conflitantes como ventilar e proteger, iluminar e sombrear, umidificar e não-mofar, para ficar em alguns exemplos. Este raciocínio, portanto, iria além do modelo mais geral de arquitetura “tropical” como um sistema apenas sombreado e ventilado, como proposto por Armando de Holanda em seu “Roteiro para Construir no Nordeste” (1976). O tema das pontes térmicas, na origem das perguntas que motivam esta pesquisa, ilustra aquela abordagem fechada que trata os fluxos como problemas e isola (idealmente) a edificação do mundo externo. O tema da inércia térmica, complementarmente, representaria as abordagens abertas nas quais os fluxos (calor, bem como umidade, vapores, ruídos, impurezas) são tratados como oportunidades, mediando a edificação com o mundo. Este entendimento seria mais que suficiente para admitirmos toda a extensão e variedade dos “trópicos” e, ainda, o caráter urbano e vertical de muitas edificações que deveriam certamente atender critérios mais rígidos de envelopamento, posturas, conservação de energia e redução do uso de sistemas de ar-condicionado que contribuem para o aquecimento urbano.

Por outro viés, esta qualidade tropical pode assumir também uma dimensão cultural, como no casebre Pataxó da Figura 30 a seguir, no qual elementos técnicos participam da expressão construtiva. Neste casebre, a ordem intrínseca da unidade mínima de significação, o mata-junta, ordena o todo, como deseja Frascari (1984). O mata-junta (branco aqui, mas muito diverso em outros casebres) representa uma camada utilitária e ornamental, bem como uma camada temporal de manutenção e acidentes cromáticos, amplificando a presença humana na paisagem.

*Figura 30. Casebre Pataxó em Barra Velha BA*



*Fonte: acervo pessoal*



Quais sejam suas qualidades tropicais, as obras analisadas a seguir representam abordagens (e leituras) distintas do envelope na obra de uma arquiteta brasileira. É uma obra de caráter erudito, urbana, interiorana, praieira, rural, vegetada (inserida na mata), representando as muitas tropicalidades do nosso território e produção.

## 5 METODOLOGIA

A decisão de testar as hipóteses em obras de uma só arquiteta brasileira teve como motivação: primeiro, verificar como uma arquiteta lida diversamente com o envelope e sistemas construtivos no conjunto de sua obra, o que Ford acusa como sendo uma indeterminação positiva entre configuração formal e soluções construtivas. No caso específico de Jô Vasconcellos, pesou a riqueza de soluções construtivas e formais, considerada sua inserção significativa (obras de exceção) na produção arquitetônica brasileira. Foi decisivo também o acesso às fontes primárias, algumas pela participação direta no detalhamento dos projetos e outras pela cumplicidade privilegiada. Segundo, verificar nos “trópicos” a possibilidade de um envelope com qualidades tropicais (estas qualidades seriam, dentro dos propósitos da pesquisa, aquelas relacionadas às abordagens abertas e uso das camadas como estratégia de mediação de complexidades e fluxos).

Como não se trata de uma monografia da obra de Jô Vasconcellos, mas do uso das obras selecionadas como testes para uma investigação maior sobre o envelope, esta seleção representa apenas algumas obras recentes de Jô. Para minimizar o risco de que este recorte descontextualize criticamente as análises, será apresentada uma revisão seletiva da obra da arquiteta, indicando suas permanências e transformações.

A seleção de obras teve como critérios: primeiro, obras sem coautoria que representassem o exercício individual da arquiteta. Segundo, obras consideradas recentes após 2002<sup>131</sup> e ainda não publicadas em monografias, de forma a contribuir modestamente no registro iniciado com os livros “3 Arquitetos” (publicado em 1981), “3 Arquitetos, 1980-1985” (MAIA; DE VASCONCELLOS; DE PODESTÁ, 1985), “Éolo Maia & Jô Vasconcellos: Arquitetos” (MAIA; VASCONCELLOS, 1995) e o trabalho de Santa Cecília (2006), “Éolo Maia: complexidade e contradição na arquitetura brasileira”, que acaba por fazer o registro parcial da obra de Jô até 2002. Terceiro, e principalmente, a participação direta ou testemunho próximo destes projetos e processos criativos a partir de 2005, quando inicio a colaboração com o escritório de Jô.

As obras selecionadas estão divididas em três grupos: o primeiro, de obras projetadas e executadas na primeira década pós 2002. São as obras do Espaço do Conhecimento UFMG (2005) na praça da Liberdade em Belo Horizonte, e o Museu da Cachaça (2005) em Salinas MG. O relativo afastamento no tempo e ao mesmo tempo a minha participação direta nos projetos executivos permitiriam uma abordagem desejavelmente mais objetiva e exploratória.

---

<sup>131</sup> Ano de falecimento de Éolo Maia.

Por outro lado, são projetos que não tiveram o privilégio de testemunhar o processo criativo, característica do terceiro grupo.

O segundo grupo, na verdade constituído por uma única obra realizada no intervalo entre as primeiras e últimas obras analisadas, trata de uma residência concebida e detalhada em concreto e alvenaria, mas executada em *steel-frame* e fechamento leves. Esta análise, embora aborde aspectos construtivos não aprovados pela arquiteta na ocasião, oferece interpretações acerca da indeterminação e contaminação dos sistemas construtivos e sua configuração formal que caracterizariam uma cultura construtiva do envelope. A análise oferece ainda um exemplo de aplicação nos trópicos de sistemas importados que, se corretamente interpretados e aplicados, corroborariam a hipótese de que haveria uma relativa indeterminação climática dos sistemas construtivos, não plenamente atingida neste exemplo.

O terceiro grupo é formado por dois projetos recentes não detalhados e, portanto, não executados. Pela escassez de informações, as únicas fontes primárias foram os estudos preliminares, memoriais descritivos e modelos tridimensionais utilizados no desenvolvimento dos anteprojetos. A utilização de projetos sem o suporte da concretude (realidade) representada pela construção, ausência que limitaria o alcance das análises, é validada aqui pelo entendimento de que o processo de concepção ou ato de projetar e imaginar também estaria carregado de qualidades tectônicas (poéticas e subjetivas, bem como o saber-fazer e heranças construtivas), conforme Cantalice (2018, p. 253).

Cada obra será analisada seguindo o roteiro aproximado que permita apresentar o máximo de descrições, seja objetiva, comparativa, formal, técnica, qualitativa e especulativa. Cada descrição ou tópico irá variar em extensão e aprofundamento conforme projeto ou obra, não representando necessariamente uma obrigação de análise. Não se trata de uma proposta de metodologia que possa ser expandida para outros processos de projeto, mas uma possibilidade de abordagem analítica de cada caso que, numa hipótese feliz, poderia ser reproduzida para a compreensão dos casos. Considerações sobre o *typos* e o *topos*, conforme Frampton, serão incorporadas ocasionalmente, concentrando a análise na dimensão tectônica.

Não foi possível realizar visitas às obras construídas, mas seria desejável acrescentar um diagnóstico da situação atual, indicando patologias e sucessos. Esta inviabilidade, bem como o uso de projetos não construídos, limitaram o potencial de realização de estudos de caso que aferissem quantidades e qualidades destes envelopes, mas ficaram preservados os aspectos exploratórios que o próprio tema do envelope no contexto brasileiro indica, acrescidos da minha relação direta com os projetos e/ou processos das obras analisadas.

As obras e projetos serão objeto de especulação formal e construtiva sobre alternativas que utilizassem os modelos e princípios de envelope aqui apresentados como hipóteses e suas potencialidades. Estas breves passagens condensariam um dos objetivos colaterais desta pesquisa, associar estratégias construtivas a aspectos de representação e expressão. Como antecipado, as diretivas de análise compõem-se de:

**Classificação:** conforme modelos gráficos da taxonomia, combinados ou não. Indicação do tipo de envelope (térmico, hídrico, acústico, sanitário e segurança), se aberto ou fechado. Tipos de camadas. Tipos de fechamentos e juntas.

**Descrição objetiva:** contexto e descrição geral do programa e motivações formais e construtivas, enfatizando como premissas funcionais teriam afetado as decisões construtivas.

**Descrição comparativa:** antecedentes, obras similares e matrizes esculturais com rastreamento de antecedentes funcionais e formais na obra de Jô, contextualizando a obra específica dentro da produção da arquiteta. Rastreamento de obras similares que indiquem uma cultura tectônica comum. Uso de alegorias.

**Descrição formal:** configuração formal, sendo tectônica e/ou estereotômica, incluindo o uso formal de camadas, utilizando os principais temas apresentados nos capítulos 3.4 e 4.1.

**Descrição técnica:** tipos e procedimentos construtivos, relação do envelope com estrutura, descrição dos sistemas construtivos, incluindo o uso construtivo de camadas, tipos de fechamentos, juntas e classificação possível conforme taxonomia proposta, indicando ocultamento ou não dos sistemas construtivos e materiais. Utiliza os principais temas apresentados no capítulo 4.4.

**Descrição qualitativa:** tipos, pontes e vulnerabilidades, classificação conforme função/tipologia e consequências construtivas/funcionais do tipo de envelope e fenômenos físicos envolvidos, utilizando os principais temas apresentados nos capítulos 4.2 e 4.3.

**Descrição especulativa:** explora potências e possibilidades das soluções empregadas caso fossem aplicados os modelos e temas acerca do envelope desenvolvidos nesta pesquisa.

**Descrição gráfica:** para os dois projetos não construídos, desenhos axonométricos gerais que permitam a leitura visual esquemática e simultânea de diferentes seções (estereotômicas) e montagens (tectônicas).

**Situação atual:** Não foi possível acessar as obras construídas durante o desenvolvimento deste capítulo, mas sempre que possível foram recolhidos dados que contribuíssem para o registro.

## 6 O ENVELOPE NA OBRA RECENTE DE JÔ VASCONCELLOS

Embora este capítulo não pretenda cumprir a função de monografia da obra recente de Jô Vasconcellos, faz-se necessária uma contextualização mínima das obras analisadas. O trabalho de Santa Cecília (2006) apresenta em sua conclusão aspectos definidores do pós-modernismo mineiro que retomo, considerando sua pertinência para a análise da obra específica de Jô, entendida como parte e continuidade deste movimento até 2002. A partir desta data iniciaria a quarta fase de sua carreira, marcada por novas e esporádicas parcerias, mas, principalmente, de afirmação individual. Seriam o procedimento antropofágico (que aqui interpreto pelo uso constante de alegorias<sup>132</sup>), as matrizes escultóricas (repertório acrescido da *Land-Art* e trato radical da paisagem), a herança colonial barroca mineira (nas palavras da própria arquiteta, as “influências inegáveis do lugar e da cultura local”<sup>133</sup>, para além do colonial) e o mito da originalidade. Como diz Jô, fugindo sempre dos rótulos, “somos feira de tudo! E não só da modernidade!”<sup>134</sup>.

### 6.1 Da tectônica pós-moderna à estereotomia possível

O que é ser tropical, em sentido figurado? Os arquitetos de “pinduricalhos” (MAIA; DE VASCONCELLOS; DE PODESTÁ, 1985, pp. 159, 161) do pós-modernismo mineiro se auto intitulavam “patropis”, em referência à música “País Tropical” de Jorge Ben. Ser “tropical”, portanto, seria também um fato cultural.

A lida direta com a herança colonial e barroca em obras de restauro e intervenção, por vezes respeitosa, em outras mais radicais, nutriram o repertório de alegorias tectônicas que seriam a marca regionalista deste movimento (SANTA CECÍLIA, 2006, p. 184). Os ornamentos do forro da Capela de Santana do Pé do Morro (1979-80), nas próprias palavras dos arquitetos Jô e Éolo (1995), seriam estilizações das bandeiras de festas de São João, como que petrificando a festa no espaço sagrado. Neste forro, caberia interpretar, Jô e Éolo atualizam *Semper* e sua genealogia que vai das festas, vestimentas primitivas, máscaras e artes têxteis até o surgimento da arquitetura, cujos adornos na arquitetura monumental seriam reflexo e perpetuação da ornamentação festiva (SEMPER; HERRMANN, 1989, pp. 254–257). Este procedimento que transforma bandeiras em cunhas de travamento do forro, eu chamaria de “tectonismo<sup>135</sup> patropi”, presente não só na estrutura metálica da Capela de Santana, mas

<sup>132</sup> Ver Favaretto (1996), “Tropicália: alegoria, alegria”, e as relações entre movimento antropofágico, tropicalismo e o uso de alegorias como ferramenta crítica.

<sup>133</sup> Em depoimento particular.

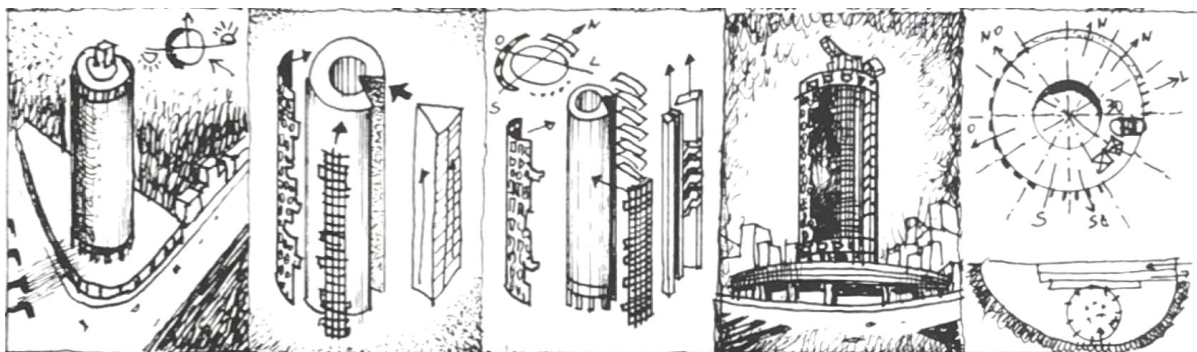
<sup>134</sup> *Idem*.

<sup>135</sup> Expressão utilizada por Schumacher (HADID, 2019).

também como característica geral de todo o pós-modernismo mineiro que procurava articular com clareza mecânica suas alegorias tectônicas (não necessariamente “honestas”), amplificando não só a presença estrutural, mas também a das vedações, instalações e espaços de serviço. As matrizes escultóricas desta fase seriam, neste sentido, tectônicas e “patropis” em seus procedimentos alegóricos de montagem, colagem e manipulação de escalas de um repertório nativo antes reprimido.

No projeto para o edifício Offcenter (1989) em Belo Horizonte, Jô e Éolo utilizam uma estratégia que se aproxima da hipotética configuração de um modelo de envelope tropical em camadas funcionais e permeáveis, cuja motivação e resultado seriam uma alegoria solar. Esta obra emblemática do pós-modernismo mineiro indica como este movimento seria rico em análises e abordagens tectônicas<sup>136</sup>. Como se vê nos croquis de criação (FIGURA 31), um volume prismático é submetido ao processo de fatiamento e posterior adição de camadas, como uma “transição de superfícies (brises e tramas) dissecadas até as últimas camadas”, “se esgarçando e se diluindo de acordo com a trajetória do sol” (MAIA; VASCONCELLOS, 1995, p. 124).

*Figura 31. Edifício Offcenter, Jô Vasconcellos e Éolo Maia*



*Fonte: (MAIA; VASCONCELLOS, 1995).*

Vários destes elementos são, na verdade, em concreto e aço diretamente engastados no corpo da edificação, alguns sem função real de sombreamento e indicando possíveis pontes térmicas. A desconexão estrutural destas camadas permitiria, em um exercício de especulação, uma maior profundidade desta epiderme, como na catedral de Estrasburgo (FIGURA 5), e ainda a sobreposição visualmente cinética destas camadas em círculo, com combinação de camadas e funções a multiplicar sua performance com poucos elementos. Este projeto apresenta ainda um átrio, considerado pelo BEDG como sendo uma das subdisciplinas do envelope. Conforme

<sup>136</sup> Qualquer debate sobre o ornamento, por si só, seria fundamentalmente tectônico.

relato da Jô, o efeito chaminé deste átrio, combinado com ventilação cruzada, diferenças de pressão e outros fatores, causava uma oportuna hiperventilação dos ambientes, a ponto de travar as portas (pressão negativa do átrio, por sucção), efeito que poderia ter sido combinado com venezianas reguladoras de pressão nas fachadas e portas<sup>137</sup>. Pode-se ainda atribuir à geometria redonda uma boa distribuição das pressões ao longo da fachada, contribuindo para esta boa performance geral de ventilação.

Como admite Éolo em entrevista (MAIA; DE VASCONCELLOS; DE PODESTÁ, 1985, pp. 159–163), construir com tijolo e “massa pintada” era muito mais barato que qualquer estrutura aparente, findado o milagre do concreto e os desajustes da industrialização. Esta confissão parece indicar o que Santa Cecília reconhece como um movimento em direção à estereotomia, em seu texto entendido não só como o uso de procedimentos escultóricos na escala total da edificação (configuração), mas também como abandono da articulação clara dos sistemas construtivos (construção). Esta transformação, eu proponho, seria em direção a uma “estereotomia possível”, genérica, no sentido de equalizar as expectativas expressivas com a realidade da construção brasileira. Teríamos aqui uma convergência entre cultura construtiva e cultura de projeto, indicando uma simplificação dos processos em direção a outras complexidades, menos construtivas e mais esculturais.

No caso específico da obra de Jô a partir de 2002, os materiais ordinários ganham ainda mais importância como meio expressivo e ético, conforme relato da própria Jô. Este é um movimento também de limpeza dos “pinduricalhos”, mas mantendo o uso de alegorias e a constante busca pela originalidade. Esta originalidade é manifesta no modo como a arquiteta lida com projetos de restauro ou consolidação de ruínas, bem como na epiderme por vezes gráfica e nas massas de configuração estereotômica que vão assumindo protagonismo em seus projetos. As matrizes escultóricas permanecem em sua estereotomia, cada vez mais acidental nos seus procedimentos, mas este pendor não é somente formal, apoiando-se também na pura materialidade, cores e texturas como temas ornamentais dominantes. É o que se constata em um dos projetos que antecipam este rumo, sua casa para o alegórico Projeto Sensações (FIGURA 32), um prisma puro que recebe aplicações gráficas, cuja moldura anuncia a chegada de tempos alienígenas<sup>138</sup>.

---

<sup>137</sup> Jô e Éolo mantiveram escritório neste prédio por alguns anos. Jô relata uma ocasião em que, ao abrir ao mesmo tempo porta e janela, perdeu um desenho pronto no papel manteiga, dragado pelo vento.

<sup>138</sup> Segundo Jô, esta seria a função principal do vazio no meio da casa.

Figura 32. Projeto Sensações, Jô Vasconcellos



Fonte: (MAIA; VASCONCELLOS, 1995).

Jô manterá o pensamento alegórico em sua obra (na vida e no jeito de enfeitar-se), menos carnavalesco, menos arraigado, mais prosaico, como o “coador” de crianças no parque de brinquedos pedagógicos<sup>139</sup>, ou puramente material, como o cafona sombrite<sup>140</sup> que é atualizado em cortinas domésticas no escritório de Jô, como alegorias da sombra (Jô reforça que motivado puramente por restrições orçamentárias). O sombrite ondulado ganha efeitos metálicos sob a luz<sup>141</sup>, como uma “reliquia cafona que fosse submetida ao ultramoderno” (FAVARETTO, 1996, p. 113). Em seu processo de projeto, Jô constantemente testa a consistência de suas ideias através de metáforas nas quais os desenhos são submetidos ao juízo crítico, sobrevivendo apenas aqueles que rendem boas alegorias. O uso retórico da alegoria aprofunda o entendimento que Rizzuto (2010) apresenta em seu capítulo conclusivo, no qual defende o papel das metáforas como principal veículo para a construção de uma lógica poética, como forma de construção de significados para além do sentido literal.

Em que medida a lida direta com o passado colonial e barroco afeta esta produção, para além da simples apropriação de repertório formal, é uma questão aberta. De todo modo, aspectos como o uso de alegorias, a retórica propagandística, o triunfalismo urbano e o uso da imaginação e fantasia<sup>142</sup> reforçam a hipotética influência desta herança.

A seguir, as três primeiras obras analisadas representam uma continuidade das pesquisas prismáticas que culminaram no projeto vencedor para o concurso do Centro de Arte Corpo em 2002<sup>143</sup>. São formas estereotômicas vigorosas e rigorosas, sempre em direção à simplificação

<sup>139</sup> Com Éolo Maia, 1981-85

<sup>140</sup> Tela de sombreamento em material sintético cor preto, usualmente aplicada em hortas e estacionamentos.

<sup>141</sup> Este recurso, que Jô aplica internamente, em alguma medida remete às cortinas metálicas utilizadas pelo arquiteto Carico (Carlos Alexandre Dumont), similarmente à Dutch House (1995) de Rem Koolhaas.

<sup>142</sup> Ver Baeta (2012), “Teoria do Barroco”.

<sup>143</sup> Com Éolo Maia, Alexandre Brasil e Carlos Alberto Maciel.



construtiva e dos processos de projeto. Os dois projetos mais recentes, não construídos, indicam uma retomada da complexidade tendo como suporte configuracional o uso de tecnologias de representação (modelagem tridimensional).

## 6.2 Espaço do Conhecimento UFMG (projeto 2005, obra 2010)

Figura 33. Espaço do Conhecimento, modelo gráfico



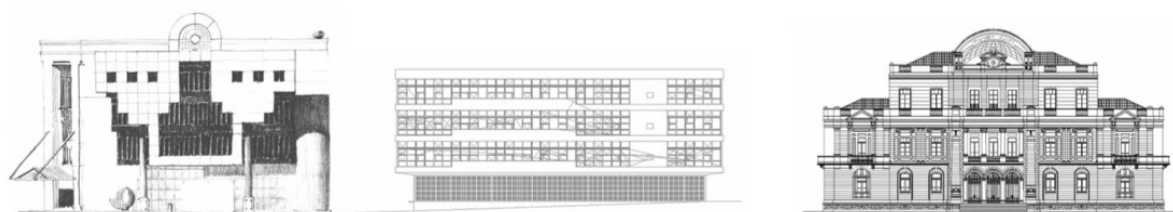
Fonte: elaborado pelo autor.

- Um Envelope Fragmentado é removido e um Envelope Externo é aplicado sobre a estrutura remanescente.
- Envelope fechado (térmico e hídrico com desempenhos acústico, sanitário e defensivo).
- Camadas simbólicas (mediação com contexto tombado, retroprojeção na fachada), espaciais (envelope geral contém envelope termoacústico do planetário), materiais (vidro duplo na cobertura) e temporais (substituição de camada preservando estrutura).
- Revestimento em painéis de vidro e chapas de aço. Juntas paginadas no sistema de esquadrias. Juntas paginadas no sistema de chapas com tratamento por sobreposição.

O projeto “Circuito Cultural Praça da Liberdade”, coordenado pela Jô entre 2004 e 2010, previa a requalificação e conversão dos edifícios sedes do poder, localizados na praça e entorno, em equipamentos culturais. Jô estava mais que qualificada para a missão, dada sua intimidade com a praça adquirida na reforma de 1990. Comprimido entre o prédio da Secretaria de Educação e a icônica Rainha da Sucata, encontrava-se o discreto edifício da reitoria da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), de feições modernistas e proporções tacanhas em relação aos seus vizinhos, o que lhe dava um aspecto de anexo. Jô se encarregou de

transformar este edifício em uma “praça da ciência” que abrigasse exposições de caráter científico, além de um planetário e telescópio em seu topo.

*Figura 34. Edificação original ao centro, em vista lateral, e suas vizinhas imediatas*



*Fonte: ilustração Pavani, acervo Jô Vasconcellos.*

*Figura 35. Espaço do Conhecimento, vista aérea*



*Fonte: acervo Espaço do Conhecimento.*

Jô concebeu para esta requalificação um total envelopamento da estrutura original (removidos todos os fechamentos originais) e ajustamento de suas proporções em relação aos edifícios vizinhos, com acréscimo de um pavimento para a abrigar o planetário e telescópio. Para que este acréscimo não comprometesse a altimetria dos edifícios históricos, o último pavimento tomou forma de cunha, preservando o alinhamento frontal e elevando-se em direção

ao fundo para abrigar o planetário, movimento que reforça sua forma monolítica e prismática. Este envelope de vidro leitoso<sup>144</sup> só é interrompido pela torre de circulações e sanitários revestida em chapa de aço SAC<sup>145</sup>, uma referência material e conceitual (espaços de serviço) à vizinha Rainha da Sucata, imediatamente oposta. Esta torre de serviços foi originalmente concebida no mesmo sistema de esquadrias, neste caso, a ser vedado com os painéis de aço, mas foi posteriormente desenvolvida e construída em alvenaria revestida. Com isso, perdeu-se a oportunidade de dar um tratamento (construtivamente) homogêneo ao envelope, que pode ser considerado interrompido pelo volume de serviços<sup>146</sup>.

*Figura 36. Espaço do Conhecimento, relação com entorno*



*Fonte: acervo Jô Vasconcellos. Foto Gustavo Xavier.*

O vidro deveria não refletir as edificações vizinhas, conforme diretrizes de patrimônio, mas sua materialidade e contornos esculturais são reforçados pelo tratamento midiático que Jô reserva para a fachada frontal, transformada em um cinema de retroprojeção, ainda utilizado. A cobertura inclinada guarda a maior surpresa, um teto deslizante<sup>147</sup> que, em noites favoráveis, oferece aos visitantes o acesso a um telescópio que complementa o programa do planetário. Todos estes aspectos materiais e de mediação fazem deste envelope um evento e teatro urbano.

<sup>144</sup> Vidro fosco antirreflexo Amiran da Schott com baixa absorção de calor, aplicação de película tipo jateada na laminação, reflexão 0,0

<sup>145</sup> Há dúvidas sobre a autenticidade do material empregado, tendo em vista que sua pátina se encontra lavada, perdendo o tom de ferrugem que a vizinha Rainha da Sucata ainda conserva.

<sup>146</sup> Na prática, o volume de serviços, que está ligeiramente orientado a sudoeste e protegido por árvores, representaria um oportuno amortecimento se estivesse voltado para a pior insolação.

<sup>147</sup> Todo o envelope foi detalhado pela B&M Consultoria.

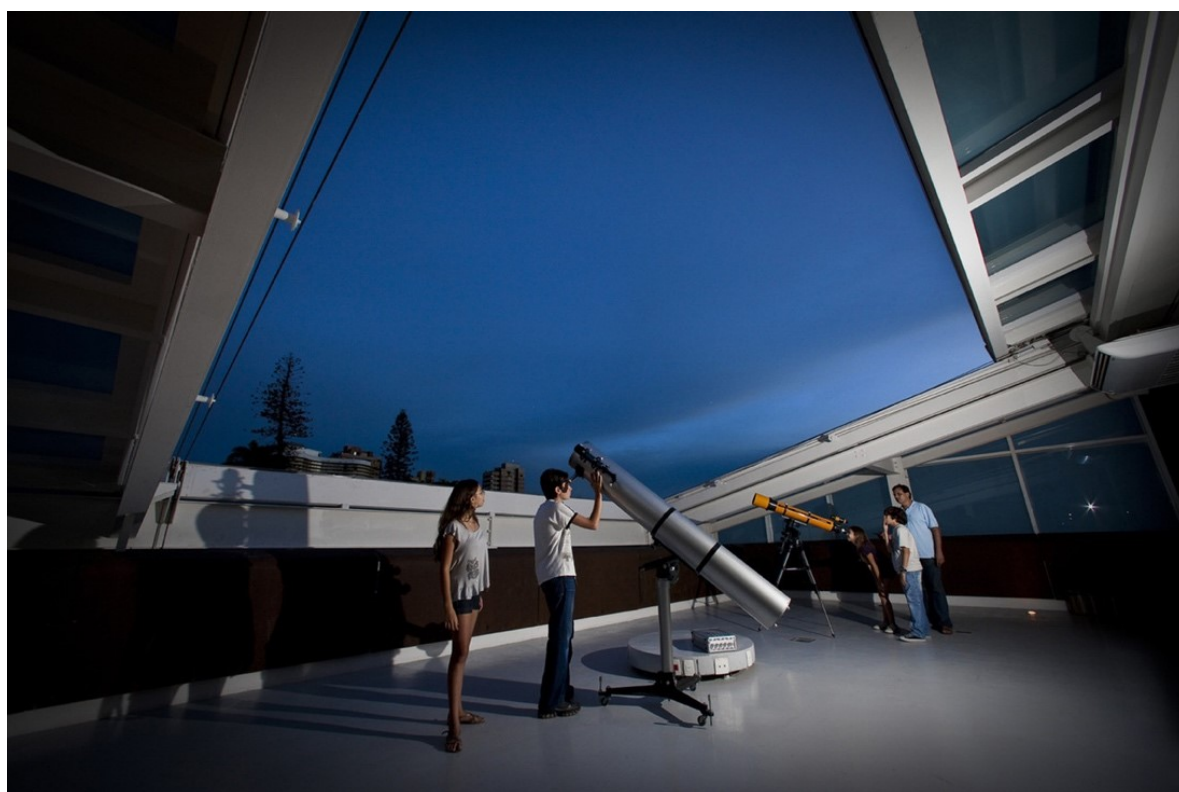


Figura 37. *Projeção de concerto com público na praça (esq.). Retroprojeção (dir.)*



Fonte: acervo Jô Vasconcellos. Foto Gustavo Xavier.

Figura 38. *Espaço do Conhecimento, observatório e cobertura móvel*



Fonte: acervo Jô Vasconcellos. Foto Gustavo Xavier.

O uso midiático da fachada frontal não tem antecedentes em Belo Horizonte (descontados todos os engenhos e letreiros que nesta época ainda resistiam no grande centro) e, somado à aparência neutra e teto deslizante, faz desde projeto uma alegoria científica comparável ao *high-tech* pop de finais dos anos 60. Principalmente, a projeção pode ser

entendida como uma camada ornamental de informação (ELGHAZI, 2009, p. 210; SCHULTZ, 2015, p. 20).

*Figura 39. Espaço do Conhecimento, cobertura*



*Fonte: acervo Jô Vasconcellos. Foto Gustavo Xavier.*

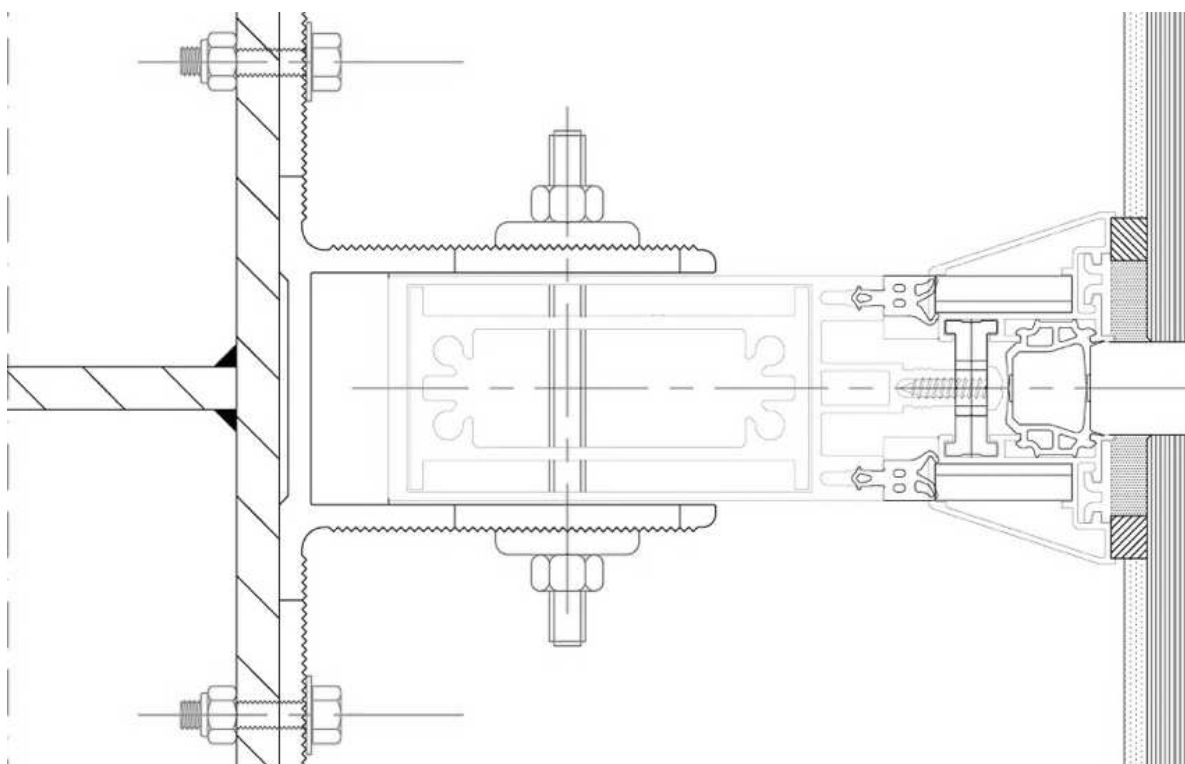
### **Características tectônicas, tipológicas e taxonômicas:**

O tratamento prismático e um tanto dinâmico que os chanfros inferiores e inclinação da cobertura conferem não deixam dúvidas sobre a aparência monolítica deste projeto, privado que é de qualquer referência tectônica historicista ou modernista. Os aspectos tectônicos em grande escala seriam de montagem e articulação da base recuada e volume da caixa de escadas, mas estão incrustados de tal forma no conjunto que o aspecto geral monolítico fica preservado. A paginação de chapas de aço e vidros seria o único elemento a revelar sua aparência mais tectônica de montagem de elementos pré-fabricados.

Este é um Envelope Externo, cuja peculiaridade seria o fato de o novo envelope não corresponder à estrutura existente, ou expandi-la. A estrutura original é envolvida por uma gaiola em estrutura metálica que, por sua vez, serve de suporte para o sistema de esquadrias.

Em um contexto monitorado pelos meios de comunicação, opinião pública, entidades de patrimônio e classe, a decisão política (e não técnica) de aproveitar a edificação existente significou para as equipes de projeto um enorme esforço de compatibilização. O pé-direito diminuto para os atuais padrões de shafts horizontais (entreforros e pisos elevados) já indicava a inadequação da estrutura existente, mas foi durante a fase de projetos executivos que, para sanar incongruências de desenho, um levantamento revelou que a estrutura modernista não era nada racional<sup>148</sup>. Cada laje e mesmo pilares não correspondiam em projeção aos andares seguintes (ausência geral de prumos e esquadros), o que tornou custosa a tarefa de detalhamento e execução do envelope, a ponto de ter sido considerada, em etapa intermediária dos projetos, o abandono e demolição da estrutura em favor de outra mais racional, solução não encaminhada. Esta irregularidade demandou que cada ponto de engastamento do envelope na estrutura auxiliar tivesse afastadores reguláveis, mas não infalíveis, conforme os erros milimétricos iam se acumulando nas placas finais. Devido à exposição dos componentes metálicos ao sol durante as montagens, as placas finais de vidro representaram um problema de tolerância dimensional.

*Figura 40. Engastamento telescópico das esquadrias na estrutura auxiliar*



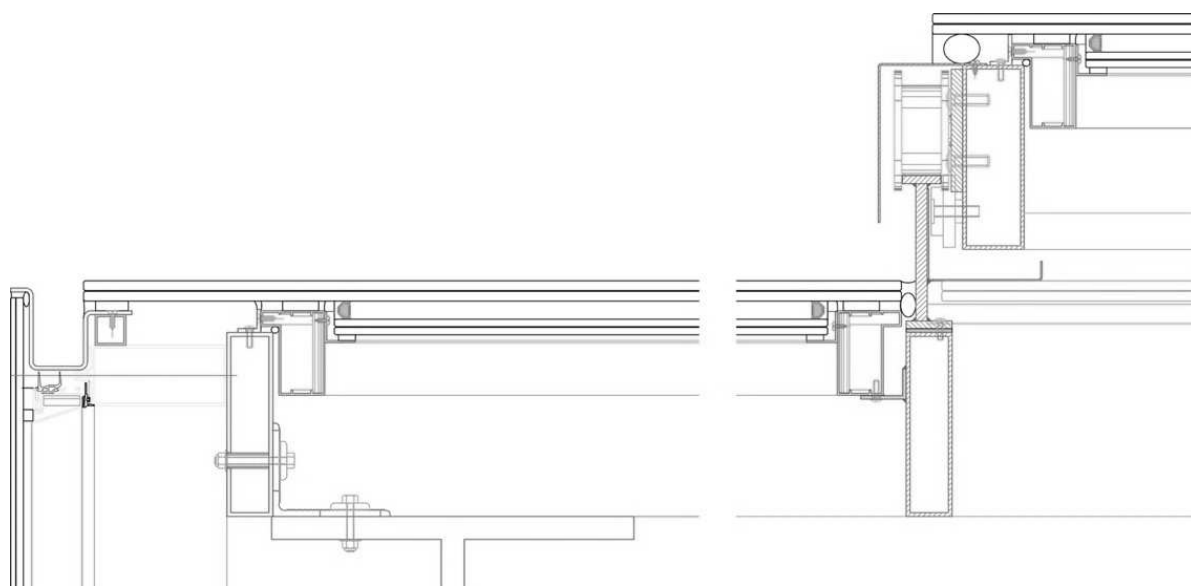
*Fonte: Acervo B&M Consultoria.*

<sup>148</sup> O levantamento original foi realizado com o prédio ainda ocupado, prejudicando a precisão das informações.

A estrutura original praticamente desaparece nos entreforros e museografia, restando apenas a sombra das lajes nas fachadas. Internamente, conforme relato da Jô, era desejo que a estrutura original não tocasse o envelope, unidos apenas pelos pontos de ancoramento. Uma das razões seria eliminar a sombra que as lajes representariam na pele de vidro, outra reforçar internamente a independência entre os dois sistemas e continuidade interna do envelope. Por razões de combate a incêndio, as lajes receberam um parapeito que aumentou sua espessura e estes intervalos tiveram que ser preenchidos com material isolante, eliminando parte do efeito de iluminação desejado.

Este é um envelope selado, portanto térmico e hídrico com desempenho sanitário e acústico<sup>149</sup>, totalmente dependente de sistemas de condicionamento de ar. Por se tratar de um espaço expositivo, questões de segurança estão naturalmente envolvidas. A preocupação com a carga térmica das fachadas e principalmente cobertura de vidro foram determinantes na escolha do vidro, sendo que para a cobertura foi escolhido um sistema de vidro duplo com ar preso. Na Figura 41 a seguir, observar como a camada interna de vidro laminado é interrompida pelo montante, sugerindo que a transmissão de calor da primeira camada de vidro para o interior poderia ocorrer pelos montantes. Segundo relato da B&M Consultoria, responsável pelo projeto de esquadrias, esta condução térmica seria mais crítica nos perfis expostos, como ocorre na lateral da cobertura móvel.

*Figura 41. Espaço do Conhecimento, detalhe da cobertura móvel*



*Fonte: acervo B&M Consultoria.*

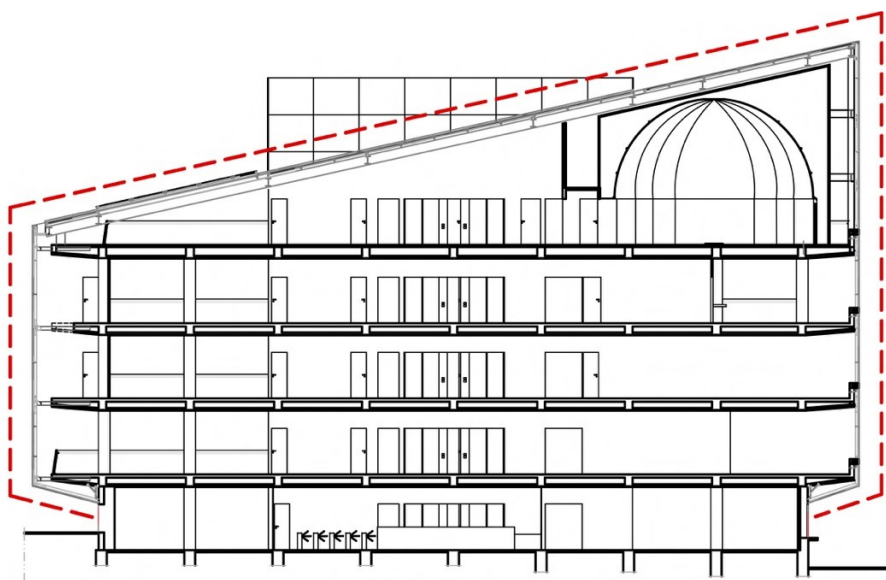
<sup>149</sup> Para os equipamentos sensíveis como telescópio e projetor do planetário, o isolamento acústico estrutural foi tratado com a tradicional solução de base inerte.



### Potências e possibilidades:

Como o tema das vulnerabilidades provoca a especulação dos tratamentos, e independente do custo adicional (BOAKE et al., 2001)<sup>150</sup> e prováveis limitações volumétricas impostas pelas diretrizes de tombamento, é intrigante questionar por que não foi adotada uma segunda pele independente que amortecesse a insolação (*buffer*) e aumentasse o efeito de brilho homogêneo desejado, a exemplo do Kunsthaus Bregenz (FIGURA 29) de Peter Zumthor. Uma solução neste sentido permitiria, potencialmente, maior tolerância dimensional de suas placas e facilidade de execução, não necessariamente compondo um envelope selado, representado pela linha tracejada na Figura 42.

Figura 42. Espaço do Conhecimento, possível envelope externo



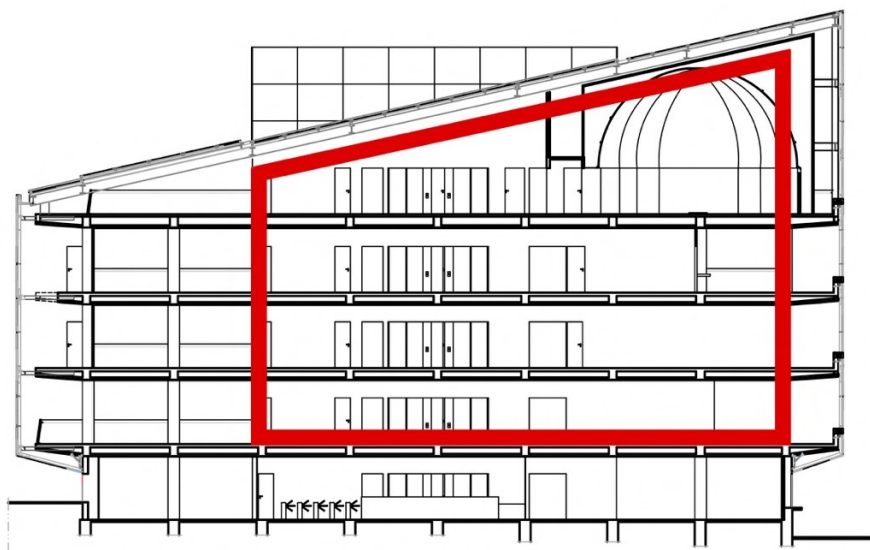
Fonte: acervo Jô Vasconcellos. Adaptado pelo autor.

Outra estratégia seria um envelope interno menor, opaco, com áreas mais protegidas e condicionadas conforme programa museológico, solução adotada apenas no planetário (semiesfera no último pavimento). Na Figura 43 a seguir, a linha fechada mais escura indica um possível envelope recuado, definindo uma área expositiva mais protegida e outra mais permeável entre os dois envelopes.

<sup>150</sup> (The tectonics of the double skin: What are double skin facades and how do they work, 2001). Boake apresenta argumentos e exemplos de fracasso e sucesso para relativizar os supostos benefícios das duplas fachadas de vidro, incluindo os financeiros.



Figura 43. Espaço do Conhecimento, possível envelope interno



Fonte: acervo Jô Vasconcellos. Adaptado pelo autor.

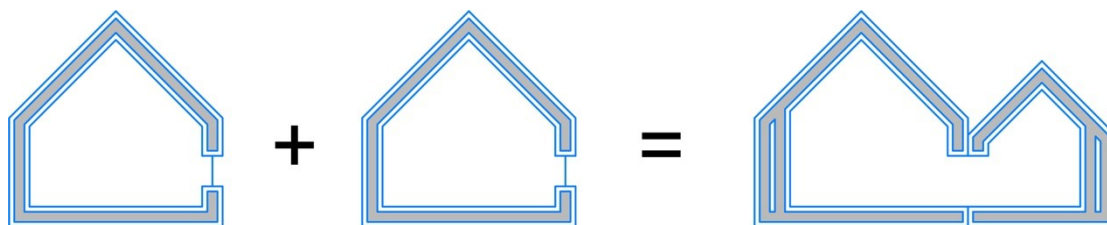
O entendimento de que o envelope pode ser conformado em camadas funcionais poderia, se aplicado neste projeto, minimizar as exigências de performance de um envelope mais externo e acrescentar gradações de domínio ambiental e funcional mediando o velho e o novo. Em relato pessoal, Jô lembra que o programa inicial não previa espaços museográficos cerrados, razão pela qual privilegiou a configuração de planta livre.

#### Situação atual:

Não foi possível acessar a edificação durante o desenvolvimento deste capítulo.

### 6.3 Museu da Cachaça Salinas MG (projeto 2005, obra 2012)

Figura 44. Museu da Cachaça, modelo gráfico



Fonte: elaborado pelo autor.

- Um Envelope Imerso com camada dupla de alvenaria revestida e uma camada de ar isolante, organizado em blocos sequenciais.

- Envelope aberto e fechado conforme sequência de blocos (térmico e hídrico com desempenhos acústico, sanitário e defensivo).
- Camadas simbólica (tinta azul) e material (alvenaria dupla).
- Revestimento monolítico pintado, sem juntas de revestimento. As juntas existentes correspondem às juntas estruturais.

O programa de museus denominado Circuito Cultural, no qual se inseria prioritariamente a Praça da Liberdade e entorno, previa também o fomento de espaços culturais e museus em cidades do interior do Estado, contexto no qual se insere o Museu da Cachaça. Salinas foi escolhida por abrigar algumas das marcas mais reconhecidas como a homônima Salinas e Havana, cujos produtores mantinham informalmente um acervo que justificava, conforme projeto de museologia, seu abrigo em um espaço museográfico. Ainda segundo Jô, O museu previa também espaços para cursos, profissionalização e projetos sociais para prevenção de alcoolismo.

*Figura 45. Museu da Cachaça, Salinas MG*



*Fonte: acervo Jô Vasconcellos. Fotos Junia Mortimer.*

O terreno escolhido foi uma antiga pista de pouso de aviões que acabou sendo desativada com o crescimento da cidade e consequente incorporação da pista como vazio urbano. Conforme relatos da Jô, a forma longilínea determinou a arquitetura e museografia, concebida como uma sequência linear de eventos. A sequência volumétrica reflete exatamente esta

museografia e percurso interno das galerias. Volumes altos e baixos, estreitos e largos alternam-se, cada qual com dimensões adequadas a cada exposição. A sequência de blocos justapostos só é alterada pela presença de uma longa curva vedada com elementos ventilados (cobogós), correspondendo à parte educativa do programa, sem condicionamento de ar. Nas extremidades, elementos paisagísticos e de sombreamento (estruturas metálicas com pergolados de madeira roliça) demarcam os acessos e transição de sombras, elementos que de certa forma suavizam o caráter institucional e monumental da edificação em uma cidade interiorana.

*Figura 46. Museu da Cachaça, Salinas MG*



*Fonte: acervo Jô Vasconcellos. Fotos Junia Mortimer.*

Como antecipado, as experiências prismáticas do Projeto Sensações e Centro de Arte Corpo prosseguem nesta primeira década, e o Museu da Cachaça seria uma derivação direta daquele último, mas sem o rigor formal da matriz de Amílcar de Castro. As formas derivam diretamente do programa, como um acidente controlado, arquitetura como alegoria de si mesma. O sucesso inicial do museu acabou viabilizando a execução da praça que ocupou a parte restante do terreno e demarca o fim do percurso como uma celebração da vida pública interiorana. A transição de sombra e ambiência é caracterizada pelo longo pergolado metálico e elementos de sombreamento que criam eventos espaciais ao longo da praça. Esta praça perpetua e antecipa outras experiências tectônicas de Jô em paisagismo e áreas abertas, cujo ponto culminante na carreira será a praça da Orquestra Filarmônica de Minas Gerais<sup>151</sup>.

---

<sup>151</sup> Com Rafael Yanni.

O tema da cachaça aparece de forma literal e alegórica no projeto, seja através do paisagismo simulando um canavial em uma das salas expositivas ou através de elementos velados como os bancos para “bebum” dormir, nas palavras da arquiteta. Para a coleção de garrafas, Jô<sup>152</sup> concebeu uma torre de espelhos dentro da qual as garrafas se multiplicam ao infinito e, por aqueles acidentes felizes de execução, em seu teto ganha deformações que justificam o apelido dado por Jô de “torre do *delirium tremens*”.

*Figura 47. Museu da Cachaça, torre das cachaças*



*Fonte: Acervo Jô Vasconcellos. Fotos Junia Mortimer.*

Para enfatizar o aspecto bruto de seus blocos, concebidos no sistema genérico de alvenaria rebocada, Jô utiliza a cor azul como tema dominante. Assim como outros projetos do grupo mineiro cujas obras costumavam ganhar apelidos e sentidos posteriores a sua execução, o museu de Salinas ganhou o apelido de “Trem Azul” em referência oportuna à canção de Lô Borges. O apelido é elogioso, certamente, tendo em vista que a cor azul acabou contaminando os vizinhos imediatos que pintaram suas casas da mesma cor.

#### **Características tectônicas, tipológicas e taxonômicas:**

O museu é estereotômico no tratamento de massas puras, eventualmente escavadas para conformação de aberturas, mas tectônico na articulação destas mesmas massas justapostas como uma montagem maior. Existe correspondência entre procedimentos construtivos sólidos e configuração formal, mas a espessura das paredes duplas só é percebida nos marcos de aberturas. O uso da cor pura e ausência de elementos como pingadeiras nas platibandas reforçam o desejo de denotar uma grande escultura.

<sup>152</sup> O projeto museográfico foi coordenado por Ronaldo Barbosa.



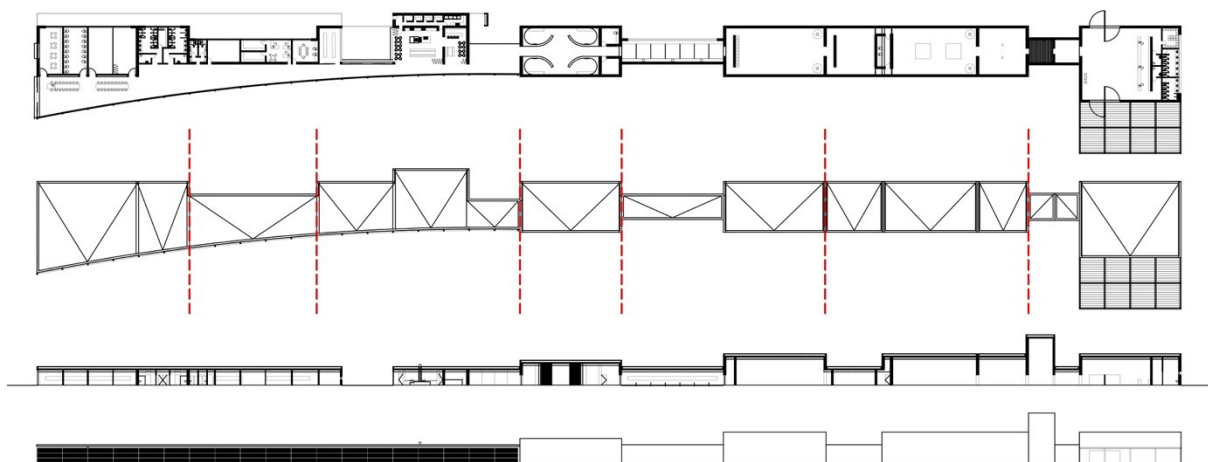
Na parte educativa do museu, a sequência de volumes é alterada para um longo corredor de acesso às salas, oportunidade que Jô utiliza para introduzir uma curva de cobogós cuja estrutura metálica é pintada de vermelho em destaque.

*Figura 48. Museu da Cachaça, curva em cobogós*



*Fonte: Acervo Jô Vasconcellos. Fotos Junia Mortimer.*

*Figura 49. Museu da Cachaça, layout, cobertura, corte e elevação*



*Fonte: acervo Jô Vasconcellos.*

Este é uma variação do Envelope Imerso, idealizado em um sistema estrutural de concreto armado com vãos preenchidos por alvenaria dupla em camadas de tinta, revestimento, alvenaria, ar preso, alvenaria, revestimento e museografia. Conforme relato da Jô, a escolha pelo uso de blocos cerâmicos procurou privilegiar a representativa indústria local deste material. A cobertura é uma laje impermeabilizada (manta asfáltica) e sombreada com placas de concreto (juntas ventiladas) e colchão de ar ventilado. A organização em blocos expositivos e volumétricos condicionou a sequência de juntas estruturais (linhas tracejadas na Figura 49)

do longo edifício de 225m<sup>153</sup>, eliminando quase que integralmente as indesejadas juntas em planos iguais.

Este é um envelope fechado (térmico e hídrico com desempenho acústico) na área expositiva e aberto na área educativa. A parede dupla cumpre funções de amortecimento térmico (as altas temperaturas do norte de Minas motivaram o uso do sistema, segundo Jô) e acústico (entre ambiente interno e externo, bem como potencialmente entre salas expositivas). O revestimento em reboco é fundamental para a eficiência acústica, garantindo o preenchimento das frestas entre tijolos.

*Figura 50. Museu da Cachaça, fase de obra*



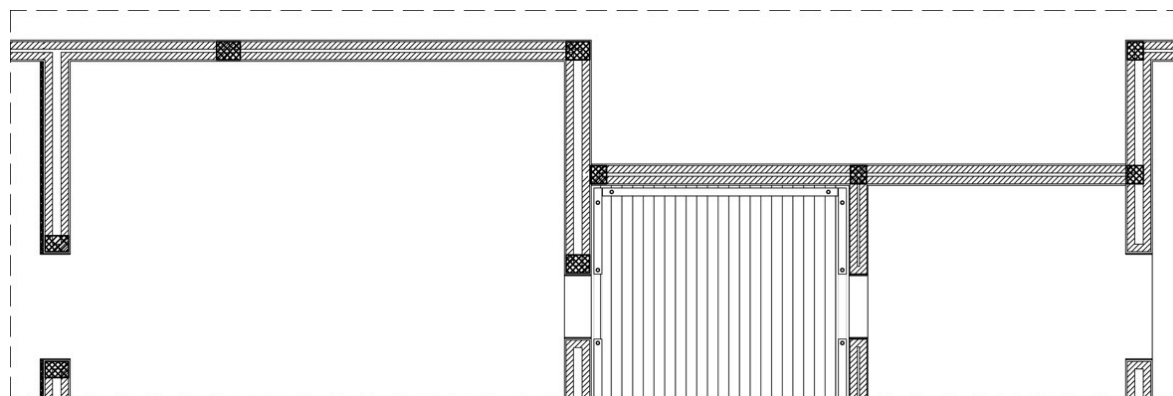
*Fonte: Acervo Jô Vasconcellos.*

A parede dupla e a cobertura sombreada não foram concebidas como uma caixa dentro da outra, e pilares e vigas cobrem a espessura da alvenaria dupla (FIGURA 51), interrompendo esta, de modo que a estrutura de concreto representa uma conexão entre temperaturas externas e internas.

---

<sup>153</sup> Demais elementos externos, construtivos e paisagísticos que estendem ainda mais o conjunto, foram eliminados dessa representação.

*Figura 51. Museu da Cachaça, pormenor em planta*



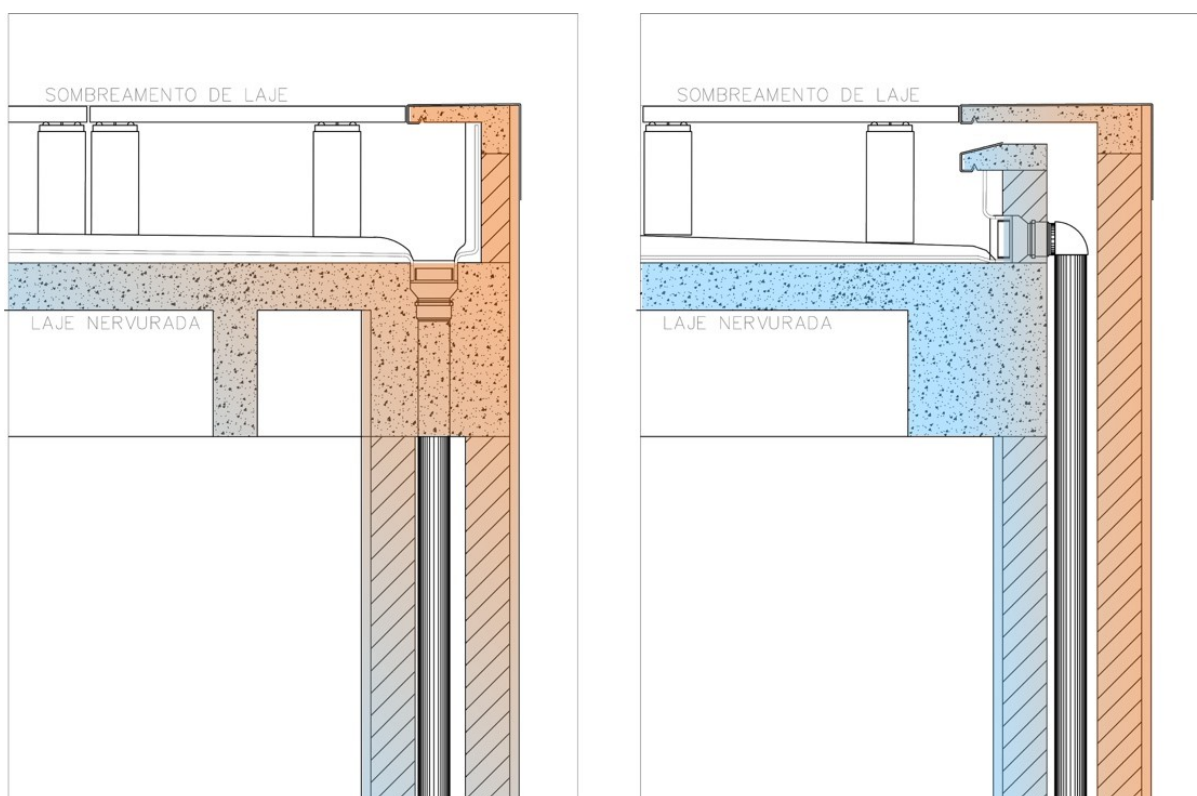
*Fonte: Acervo Jô Vasconcellos.*

### **Potências e possibilidades:**

Além da própria estrutura, as platibandas seriam elementos estruturais expostos que acabam representando a ocorrência de pontes térmicas ao conectar elementos expostos com elementos protegidos (FIGURA 52 à esquerda). Uma forma de tratamento das possíveis pontes térmicas e consequente aumento da eficiência energética da edificação está representada na mesma Figura 52 à direita<sup>154</sup>. Nesta possível variação, as lajes e platibandas correspondentes ficariam apoiadas no envelope interno, estruturalmente independente; o envelope externo cumpriria a função de proteção associado ao sombreamento da cobertura, podendo ser ventilado pela platibanda externa que, por sua vez, recobriria a junta entre envelope interno e externo. Esta solução permitiria ainda a separação entre sistemas ocultos de drenagem e envelope interno, minimizando possíveis patologias. Esta é uma especulação sobre potencialidades dos sistemas construtivos se os princípios de pontes térmicas tivessem sido adotados, mas que não desqualificam as soluções. Conforme relato de Jô, uma medição interna foi feita quando ainda não existia o sistema de condicionamento de ar e foi detectada uma diferença de cinco graus abaixo da temperatura externa.

<sup>154</sup> O uso de cores nas imagens é apenas ilustrativo e não foram elaboradas, desejavelmente, a partir de *softwares* de análise de comportamento térmico.

Figura 52. Museu da Cachaça, possíveis pontes térmicas (esq.) e tratamento (dir.)



Fonte: Acervo Jô Vasconcellos. Adaptado pelo autor.

### Situação atual:

Não foi possível acessar a edificação durante o desenvolvimento deste capítulo. Imagens recentes em mapas e navegadores virtuais revelam que a tinta azul desbotou estando próxima da cor branca, aspecto lavado que Jô revela apreciar.

## 6.4 Residência E.F. (projeto 2014, obra 2015)

Figura 53. Residência E.F., modelo gráfico



Fonte: elaborado pelo autor.

- Envelope Imerso, sistema leve *steel-frame*.
- Envelope aberto (térmico e hídrico com desempenhos acústico e sanitário).



- Camadas materiais não solidarizadas.
- Revestimento em placas cimentícias e juntas seladas, envelopamento com barreira de água/ar e isolantes térmicos.

Paralelamente aos trabalhos de grandes equipamentos e intervenções em contextos históricos, Jô vem mantendo uma produção de residências unifamiliares que conjugam simplicidade construtiva e elementos domésticos, como telhado cerâmico, com um rigor formal discreto próximo da arquitetura portuguesa e espanhola contemporânea.

*Figura 54. Residência E.F., situação atual*



*Fonte: proprietário.*

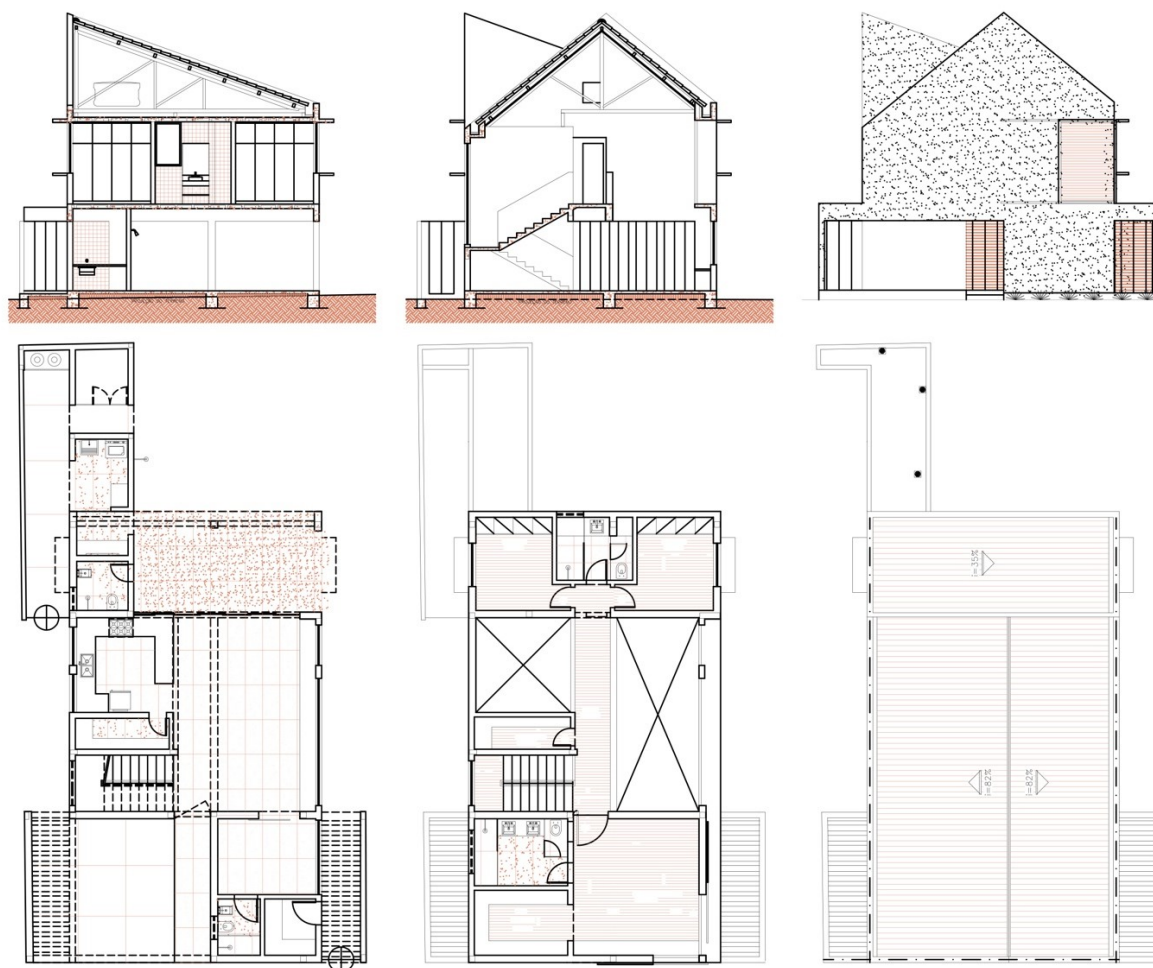
A Residência E.F. está localizada na Praia do Cotovelo, a 24 km de Natal<sup>155</sup>, RN. Assim como nas outras residências deste período, foi inteiramente detalhada e compatibilizada para ser construída em estrutura de concreto armado e alvenaria rebocada, mas por questões

---

<sup>155</sup> Clima tropical de verão seco e inverno úmido (As, conforme Köppen-Geiger). Temperatura média anual de 26,4°C, temperatura máxima média de 29,7°C conforme Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil (INMET).

circunstanciais, acabou sendo construída em *steel-frame* e sistemas leves de fechamento<sup>156</sup>. Ainda conforme relato de Jô, ela não se apresentou favorável à mudança e manteve sua desaprovação, tendo restringido sua atuação técnica à manutenção das qualidades espaciais e volumétricas projetadas. Conforme seu relato, se esta tivesse sido uma premissa inicial, teria evitado o desperdício de projetos e redirecionado, talvez, a própria concepção geral. Aqui, seguindo os argumentos de Ford, teríamos um caso de indeterminação construtiva (possibilidade de diversos “estilos de construção” para um determinado “estilo de arquitetura”), do entendimento (pela equipe de obra) de que formas genéricas (estereotômicas) possam corresponder a sistemas genéricos (concreto com alvenaria rebocada ou frame revestido).

*Figura 55. Residência E.F., fachadas, cortes e plantas*



*Fonte: acervo Jô Vasconcellos.*

<sup>156</sup> Conforme relato da Jô, a empresa construtora vinha atuando em obras do programa “Minha Casa Minha Vida” utilizando este sistema construtivo na região. A construtora não existe mais, e os questionamentos enviados ao engenheiro responsável não foram respondidos.

Este projeto confirma a tendência na obra de Jô, neste século, de afastamento de formas estruturalmente articuladas, tectônicas, como na Residência R.E. (MAIA; VASCONCELLOS, 1995, p. 30) de 1991 (na qual um exoesqueleto metálico ornamental, em forma de leque, é atravessado pelos volumes funcionais), para uma abordagem mais genérica dos sistemas construtivos (FIGURA 56), em direção à estereotomia.

A Residência E.F. registra um tipo de abstração formal que pode ser associada a uma tendência internacional em omitir beirais de cobertura (neste caso considerando a continuidade construtiva dos sistemas entre coberturas e fachadas), e acentuando a forma arquetípica da cobertura como um signo da habitação. Jô anima esta configuração manipulando a cobertura de forma que a empena de fundos corresponda a um telhado de uma água, conseqüentemente agregando um tratamento escultural às fachadas laterais.

*Figura 56. Residências Foz2 (2013) e Foz1 (2012)*



*Fonte: acervo Jô Vasconcellos.*

### **Características tectônicas, tipológicas e taxonômicas:**

A ausência de beirais e abstração das empenas seriam as principais características estereotômicas, mas podemos acrescentar também os artifícios de recuo das massas para inserção de janelas e a ausência de peitoris salientes e pingadeiras em vergas e platibandas (como no Museu da Cachaça). Este aspecto monolítico foi preservado no sistema *steel-frame* adotado, e a ausência destes detalhes técnicos seria uma inadequação desta interpretação promovida pelos construtores, considerando que os sistemas leves não solidarizados seriam menos tolerantes às intempéries e falhas de construção.

Este é um Envelope Imerso, do tipo *frame* preenchido com materiais isolantes e revestido com camadas funcionais não solidarizadas. Conforme relatos do proprietário e análise das imagens de obra, o sistema seria composto por: estrutura tipo frame em perfis de aço galvanizado; fechamento externo em placas OSB envelopadas com barreira de água/ar



TYPAR<sup>157</sup> e revestimento em placas cimentícias seladas nas juntas e pintadas com tinta texturizada hidro-repelente com filtro solar; fechamento interno em placas OSB envelopadas com barreira de água/ar TYPAR (aparentemente desnecessária) e revestidas com placas de gesso acartonado, emmassadas e pintadas. Os painéis foram preenchidos com lã de vidro não-ensacada.

A cobertura prevista seria de telha cerâmica com subcobertura térmica e forro de madeira com colchão de ar, tendo sido substituída por um sistema de *shingles*<sup>158</sup> e barreira de água sobre placas de OSB, sem qualquer outro material com desempenho termo acústico. Foram preservadas as tesouras aparentes em madeira, que suportam o *steel-frame* da cobertura, e o forro de madeira. As fundações receberam uma camada de lona plástica como barreira de água antes da concretagem dos pisos.

*Figura 57. Residência E.F., etapas externas de obra*



*Fonte: proprietário.*

O uso extensivo das placas OSB, internamente e externamente, não é prática comum nos EUA, sendo onerosa e exigida apenas para contraventamento do *frame* (nos cantos) em regiões sujeitas a tornados. Seu uso aqui parece ser o de suporte para fixação das placas de revestimento e reforço estrutural geral, conveniente para fixação de armários, por exemplo. O material de envelopamento TYPAR, conforme informações do produto no site do fornecedor,

<sup>157</sup> <http://www.typar.com/products/typar-buildingwrap/>, acesso em 02/07/2020

<sup>158</sup> Telhas asfálticas pregadas diretamente na base em OSB, originalmente em placas individuais, hoje em dia vendidas em mantas que simulam o aspecto de sobreposição em escamas.

seria uma barreira de ar e água, porém permeável ao vapor (alega impedir a entrada de umidade ao mesmo tempo que permite a saída de umidade, dependente, portanto, de diferenças de pressão). Conforme imagens, a lã de vidro teria uma das faces estruturada em papel, com esta face voltada para o exterior, configurando uma barreira externa de vapor (corretamente para o lado quente, mas em geral desnecessária em climas quentes).

*Figura 58. Residência E.F., etapas finais de obra*



*Fonte: proprietário.*

*Figura 59. Residência E.F., etapas internas de obra*



*Fonte: proprietário.*

Este é um envelope térmico e acústico, caracterizado pela lã de vidro, porém ausente na cobertura. Também apresenta desempenho hídrico e sanitário, representado pela barreira TYPAR. Deve-se destacar o fato de que a cobertura não segue o mesmo esquema construtivo das paredes, com isolantes e barreiras, mesmo que constituída pelo mesmo *steel-frame*. Os

efeitos do ambiente costeiro, com provável presença de maresia e correspondentes patologias, não foram relatadas, mas deve-se considerar que os componentes metálicos esbeltos do *steel-frame* estejam ocultos e sem ventilação.

Figura 60. Residência E.F., etapas internas de obra



Fonte: proprietário.

Com a temperatura média de 26°C e baixa variação térmica, as principais medidas de controle seriam a manutenção das temperaturas internas (massa térmica), farta ventilação e controle dos ganhos por radiação solar (isolamento e sombreamento) (KOCH-NIELSEN, 2013, p. 112), mas, conforme relatos do proprietário, o ganho de calor é sensível nas estações com pouco vento e foi necessário instalar aparelhos de ar-condicionado nos quartos localizados no 2º pavimento, não previstos em projeto. O condicionamento de ar representa um risco de condensação no contato entre superfícies frias (internas) e quentes (externas e pontes térmicas). Mesmo usando a barreira TYPAR, esta pode estar rompida em todas as penetrações, engastamentos, encontros de instalações (caixas elétricas) e transições diversas (como no encontro de esquadrias). Qualquer condensação provocada por pontes térmicas (penetrações causadas pelas fixações das placas de revestimento; perfis metálicos do *frame* estrutural faceando revestimentos; contato entre esquadrias e marcos/espaldas, onde geralmente ocorrem transições/continuidades de difícil tratamento) teria dificuldade de dissipação considerando que a pintura externa, impermeável, funciona como barreira total e armadilha de vapor (KNAACK; KOENDERS, 2018, p. 43). A face acartonada da lã de vidro funciona como barreira de vapor, mas neste caso deveria ser avaliado se seu uso não estaria em conflito com a permeabilidade do material TYPAR.

Todos estes aspectos se tornam mais sensíveis ao tratarmos de um sistema leve com camadas ocultas de materiais facilmente deterioráveis. O proprietário relatou presença de



umidade no entorno de todas as janelas, independente do uso de ar-condicionado, o que pode indicar problemas de vedação e transição de materiais isolantes e barreiras. A Figura 61 a seguir, à esquerda, ilustra fase da obra em que os materiais aguardam tratamento das transições entre materiais e superfícies, especialmente em espalas e mudanças de plano. Estes seriam os típicos problemas de continuidade entre materiais e camadas indicados por Kesik (2016, p. 5). À direita, a imagem mostra a existência de uma trinca no acabamento de espala, regiões sujeitas a tensões que demandam reforços estruturais. A drenagem destas transições em aberturas de esquadrias é fundamental, dado que a água sempre penetra.

*Figura 61. Residência E.F., problemas de continuidade e transições em revestimentos*



*Fonte: proprietário.*

Como indicado no capítulo sobre Envelopes Imersos, a descontinuidade dos materiais de isolamento compromete o desempenho do conjunto, mas neste caso, o uso de perfis metálicos permite o preenchimento total dos painéis com a lã de vidro. De toda forma, o perfil metálico ainda representa uma ponte térmica, bem como todas as penetrações e instalações.

Figura 62. Residência E.F., insulamento, perfis e instalações



Fonte: proprietário.

### **Potências e possibilidades:**

O tratamento diferenciado e, no que diz respeito à performance, inferior da cobertura em relação às paredes, indica um entendimento restrito do sistema *steel-frame*, como um sistema de paredes e não de envelope. Um tratamento similar ao das paredes poderia permitir, se desejado, o revestimento da cobertura com as mesmas placas cimentícias pintadas, em direção à total abstração volumétrica. Tendo em vista a permeabilidade, condutividade e dilatação das placas cimentícias, uma solução de fachada ventilada drenável poderia minimizar os problemas de dilatação, transferência de calor e penetração de água e vento. Neste caso, para preservar o aspecto monolítico, as placas cimentícias seriam instaladas sobre perfis auxiliares drenantes e poderiam estar paginadas em grandes planos, separados por juntas ventiladas e paginadas de acordo com distâncias máximas de dilatação e desejada aparência tectônica de montagem.

### **Situação atual:**

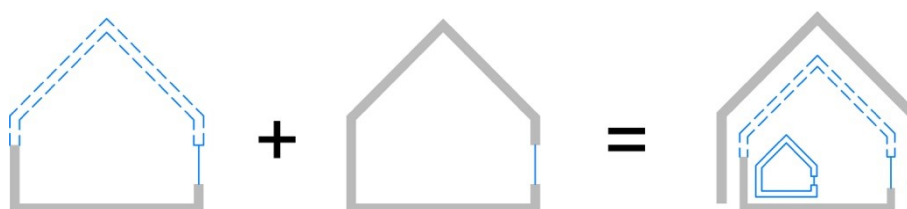
Não foi possível acessar a edificação durante o desenvolvimento deste capítulo, mas os relatos do proprietário e fotos enviadas indicam que: foi necessária a instalação de aparelhos de ar-condicionado nos quartos, não previstos no detalhamento do envelope; patologias como manchas em torno das esquadrias e forros indicam provável infiltração de água pelas fachadas; trincas nos revestimentos e espalas indicam insuficiência no tratamento e vedação de juntas e mudanças de plano.



Na Figura 54 é possível identificar linhas brancas no revestimento, correspondendo à paginação das placas cimentícias. Conforme relatos do proprietário, a pintura texturizada acusou fissuras em todas estas juntas, mesmo com tratamento prévio. Ainda conforme relato, o proprietário teria sido orientado a tratar o problema estruturando a camada inteira de tinta com tela e o mesmo material utilizado no tratamento das juntas das placas cimentícias (provavelmente, a tela poderia ser de poliéster com aplicação de emulsão acrílica, solução onerosa).

## 6.5 Memorial Bento Rodrigues<sup>159</sup> (projeto 2017, não construído)

Figura 63. Memorial Bento Rodrigues, modelo gráfico



Fonte: elaborado pelo autor.

- Uma ruína e a projeção virtual de sua estrutura inexistente é envolvida por outro Envelope Estrutural que oculta o vazio deixado pela ruína.
- Envelope aberto, térmico (inércia e ar preso), hídrico (guarda-chuva) e defensivo (telas ventiladas). Cápsulas expositivas cumprem a função de concentração/segregação do envelope fechado.
- Camadas simbólicas (minério, estampagem no concreto), espaciais (envelopamento do inexistente e proteção do sobrevivente), temporais (ruínas, evento trágico, intervenção).
- Sem revestimento, pigmentação da estrutura. Juntas não desejadas.

Em 2017 Jô foi convidada para trabalhar no projeto intitulado “Proposta Conceitual de Uso e Conservação dos Remanescentes da Capela de São Bento” (edificação de 1850, aproximadamente) em São Bento Rodrigues - MG, atingida pelo fluxo de rejeito de minério da

<sup>159</sup> Este projeto, inédito, está sob registro de confidencialidade, não podendo ser divulgado. Todo o material foi generosamente cedido pela autora, bem como o escritório coordenador Estilo Nacional (Marilis Mendes, Eduardo Alvin, Raymara Gama). O escritório Estilo Nacional elaborou ainda o projeto de conservação das ruínas e do acervo integrado resgatado. Jô contou com o apoio de Lucas Consendey no desenvolvimento do modelo tridimensional.

Barragem de Fundão que rompeu em 05 de novembro de 2015. Da capela restaram suas fundações e bases de paredes correspondendo à edificação, adro e cemitério. Alguns poucos destroços do altar, campas e peças sacras recuperadas foram objeto de minucioso projeto de tratamento emergencial e conservação, comandado pelo escritório Estilo Nacional, e estes despojos deveriam ser incorporados no projeto de conservação e consolidação das ruínas. Não havia clareza sobre o que fazer com as ruínas e peças recuperadas, apenas o desejo de reconstrução de memória. Superado o desejo de reconstrução da capela original pela comunidade, Jô vai além da simples conservação das ruínas e acaba por reconstruir um espaço com sentido sagrado.

*Figura 64. Memorial Bento Rodrigues, render externo*



*Fonte: Estilo Nacional.*

O projeto previa três usos, a saber, abrigo para os remanescentes, memorial (parte do museu de território) e capela (uso eventual), interpretados por Jô em três níveis conceituais:

O primeiro, diz respeito à reconstrução simbólica da capela e espaços complementares como o adro, elementos dos quais sobreviveram apenas as bases. Esta reconstrução adquire caráter de intervenção.

O segundo, seriam aqueles elementos passíveis de preservação, recuperação e conservação como cemitério, campas, retábulo-mor e estatuária, dos quais alguns restaram apenas fragmentos, como o retábulo.

O terceiro, seriam as próprias marcas da destruição causadas pelo fluxo de rejeitos e a lama remanescente. Todos estes níveis foram sintetizados em um “bunker”, nas palavras da arquiteta, que deveria proteger para sempre o patrimônio recuperado, ruínas e lama, como “um invólucro protetor que dificilmente será destruído”<sup>160</sup>.

*Figura 65. Memorial Bento Rodrigues, render externo*



*Fonte: Estilo Nacional.*

Esta “fortaleza” sólida deveria ser construída em concreto com mistura de rejeito de minério, utilizando a matéria dos eventos como memória abstrata e concreta. O interior deste volume deveria conter o vazio da antiga capela e adro, preservando o “espírito da antiga construção na contra forma do concreto”<sup>161</sup>. A manipulação das massas e vazios cria a “sensação de uma escavação arqueológica”<sup>162</sup>. O volume foi ainda objeto de mutilações ou fragmentações que, espalhadas, deveriam “ressurgir” nas outras duas localidades impactadas pelo rompimento, como um “museu de território”. Estas mutilações motivam também a abertura de fontes de iluminação natural, como claraboias que, pela profundidade, reforçam o aspecto monolítico e austero da volumetria.

<sup>160</sup> (Estilo Nacional, Proposta Conceitual de Uso e Conservação da Capela de São Bento-MG, 2017), a partir de memorial elaborado por Jô.

<sup>161</sup> idem

<sup>162</sup> idem



*Figura 66. Memorial Bento Rodrigues, render interno*



*Fonte: Estilo Nacional.*

*Figura 67. Memorial Bento Rodrigues, render interno*



*Fonte: Estilo Nacional.*

Como o piso original da capela é formado pelas campas parcialmente preservadas, este espaço não seria mais acessado, sendo consolidado e protegido. Os fragmentos do retábulo-mor seriam parcialmente remontados e o restante recriado na superfície do concreto. O corpo da

capela, reconstruído em formas puras estereotômicas, flutua sobre as ruínas, dependurado na estrutura principal que, por sua vez, apoia somente nas extremidades. As eventuais cerimônias ocorreriam no espaço original do adro, cujo teto é uma extrusão<sup>163</sup> da volumetria da igreja, o que reforça um relativo sentimento dinâmico de arrasto de massas sólidas, de convulsão. Complementam o programa espaços de apoio e, para abrigar o restante dos despojos, um espaço expositivo em rampa que leva ao novo coro.

A carreira de Jô em programas envolvendo patrimônio histórico inicia-se com o projeto de restauração da Fazenda do Pé do Morro (1977-78) e conclusão do Curso de Especialização em Restauro e Conservação de Monumentos e Conjuntos Históricos (1978-79), passando por outras fazendas, obras em cidades históricas e finalmente a Praça da Liberdade (1990) que seria retomada no projeto maior do Circuito Cultural (2004-2010). Desde sempre, ela alternou de forma complementar uma postura cerimoniosa com este patrimônio e ao mesmo tempo alegórica, seja através do repertório pós-moderno aplicado como ornamento em obras de caráter mais doméstico, ou em intervenções mais radicais de consolidação de ruínas. O tema das igrejas históricas está presente na Capela de Santana do Pé do Morro (1979-80), com Éolo, na qual os arquitetos aplicam a fórmula de consolidação de ruínas com um invólucro contemporâneo, e reaparece em 2009 com o projeto para reconstrução de outra igreja em Mariana, a Capela de Santana do Go-go<sup>164</sup> (FIGURA 68), para a qual Jô propunha a reconstrução literal da volumetria em pura estereotomia, um sólido de concreto branco cuja verossimilhança com a capela original é escancarada no fundo da igreja, deixado vazio de forma a revelar sua casca. Em 2006, Jô havia testado, à semelhança da Capela de Santana do Pé do Morro, um invólucro para a consolidação das ruínas da Casa de Chá do antigo Jardim Botânico de Ouro Preto<sup>165</sup>, projeto no qual ela explorava matrizes esculturais da *Land-Art* e artistas como Robert Smithson, Christo & Jeanne-Claude, Richard Long e James Turrell no que diz respeito ao trato radical da paisagem natural, incluindo a mutilação (cortes) da terra.

Nos primeiros estudos para o projeto da Orquestra Filarmônica de Minas Gerais<sup>166</sup> (FIGURA 69) podem ser rastreadas as primeiras experiências com massas estereotômicas extrudadas, subtraídas e agregadas utilizando softwares de modelagem tridimensional. Nestes estudos, a matriz escultórica está diretamente ligada ao trabalho do escultor basco Eduardo

---

<sup>163</sup> Utilizo o sentido de extrusão proveniente dos procedimentos de softwares de modelagem tridimensional.

<sup>164</sup> Projeto com Altino Caldeira

<sup>165</sup> Projeto com Rafael Yanni.

<sup>166</sup> Projeto com Rafael Yanni. Projeto acústico e sala de concertos de José Augusto Nepomuceno.

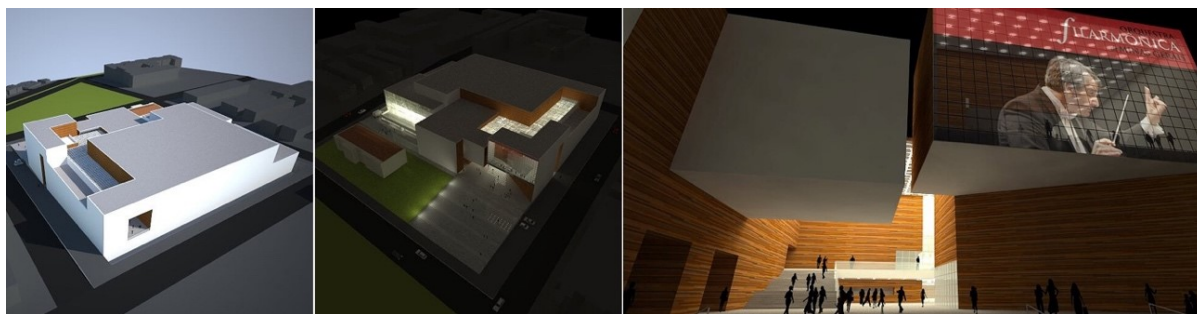
Chillida<sup>167</sup>. São exercícios de manipulação volumétrica com o objetivo de criar vazios entre massas, correspondendo respectivamente aos espaços de circulação e uso. No Memorial Bento Rodrigues, Jô utiliza os mesmos procedimentos, mas desta vez em um jogo bem mais complexo entre cheios, vazios e acidentes de modelagem. O corpo da capela, incrustado na caixa de concreto, comparece como vazio sobre o adro, como casca flutuando sobre a ruína e como massa accidental na fachada de fundos da nova edificação. Este projeto avança em complexidade formal e espacial em relação aos estudos para a Orquestra e obras da primeira década, mas Jô mantém a simplificação dos procedimentos de projeto e construtivos.

*Figura 68. Capela de Santana do Go-go, renders de apresentação*



*Fonte: acervo Jô Vasconcellos.*

*Figura 69. Estudo número 2 para a Sede da Orquestra Filarmônica*



*Fonte: acervo pessoal.*

Uma referência direta para este trabalho seria o projeto da Praça Nova do Castelo de São Jorge. Nesta obra de consolidação arqueológica, os arquitetos reforçam a justaposição entre ruínas e intervenção dramatizando o quase contato entre as estruturas, assim como faz Jô ao quase encostar a nova capela estereotômica sobre suas ruínas.

<sup>167</sup> Para Chillida, “*el espacio, o es una matéria muy rápida, o bien la materia es un espacio muy lento*” (2004, Aromas).

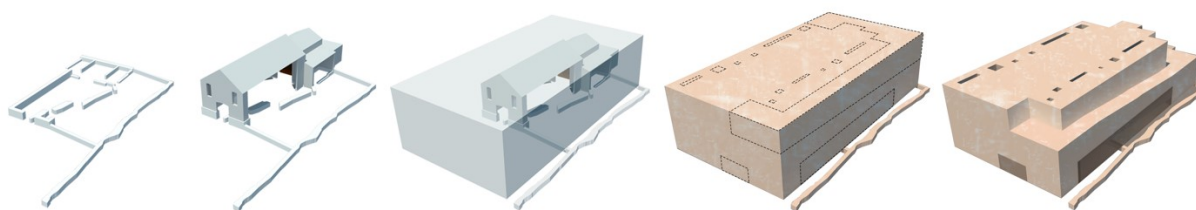
Um exemplo de reprodução alegórica e literal de um artefato histórico que, em alguma medida, pode ser comparado com a estratégia de Jô, seria o modelo em escala real que Mario Botta faz da igreja de San Carlino. O modelo de Botta, representando uma seção transversal estereotômica, como um hipogeu, reforça os aspectos escultóricos de San Carlino ao denotar uma grande escavação a partir de um bloco maciço, mas na qual deixa claro os traços construtivos das camadas de madeira<sup>168</sup>.

Mas há também um tratamento onírico na capela de Jô que remete ao cinema de Andrei Tarkovsky e suas paisagens dentro de paisagens, exteriores dentro de interiores e o elogio às ruínas. Assim como na igreja que o cineasta preenche com uma paisagem de casa e montanha, Jô deixa a natureza, a lama e a grama penetrarem o recinto, expondo a fragilidade sentimental de sua fortaleza. Jô opera naquele sentido em que, para Pesavento, arquitetos “reinventam o passado, na definição de um patrimônio, [...] a definir o que lembrar, [...] e também aquilo que pode ser esquecido, apagado da lembrança, destruído” (PESAVENTO, 2003, p. 68).

#### **Características tectônicas, tipológicas e taxonômicas:**

Os procedimentos utilizando softwares de modelagem tridimensional favorecem configurações estereotômicas sobre as quais são lançados os sistemas tectônicos estruturais. O Memorial é formalmente e integralmente estereotômico, escavado, não há mesmo qualquer operação de adição de massas, exceto a extrusão de superfícies resultantes de subtração. Na Figura 70 a seguir, a sequência de imagens ilustra didaticamente o processo compositivo de envolvimento da ruína existente e virtual com posterior subtração interna e decomposição externa. Os excessos removidos correspondem aos fragmentos que seriam utilizados nas outras localidades atingidas, como parte do museu de território.

*Figura 70. Memorial Bento Rodrigues, conceito e processo compositivo*



*Fonte: acervo Estilo Nacional.*

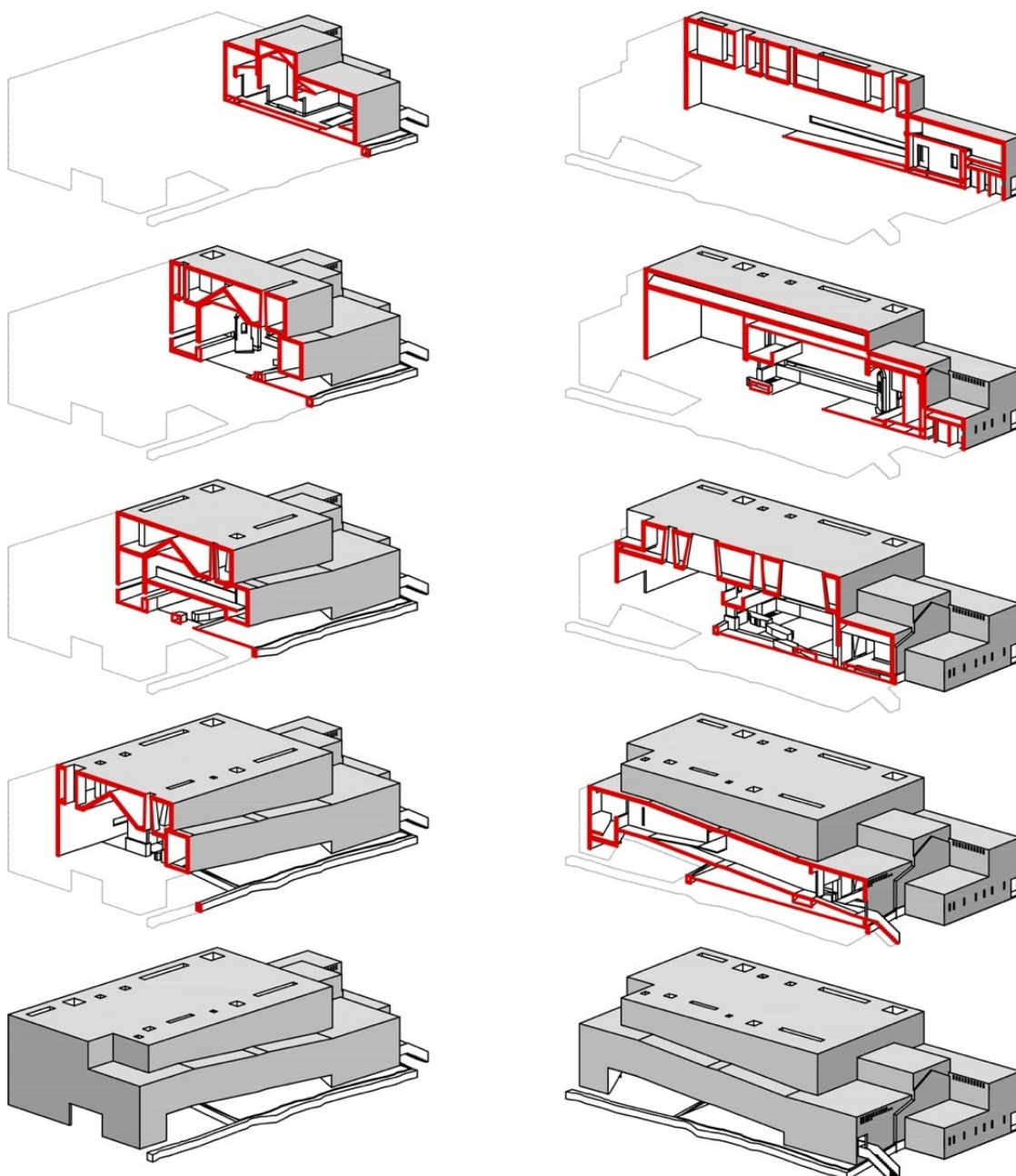
Este é um Envelope Estrutural que sustenta dependurado outro envelope monolítico. Tratando-se de um estudo preliminar, não houve lançamento estrutural, apenas a indicação de

<sup>168</sup> Que remetem à tectônica digital dos sistemas de impressão digital por deposição.



que esta massa seria, na verdade, oca. Como foi concebido em concreto aparente, não há qualquer tipo de camada, sendo que envelope e estrutura representam o mesmo elemento. O sentido de envelopamento existe, conforme palavras do próprio memorial descritivo, em envolver e proteger as ruínas, ou seja, espacialmente.

*Figura 71. Memorial Bento Rodrigues, seções axonométricas*



*Fonte. Modelo: Lucas Consedey. Manipulação: elaborado pelo autor.*

É um envelope aberto, com desempenho térmico (inércia e ar preso), hídrico (guarda-chuva de consolidação das ruínas) e defensivo (patrimonial, telas ventiladas). Embora a nova



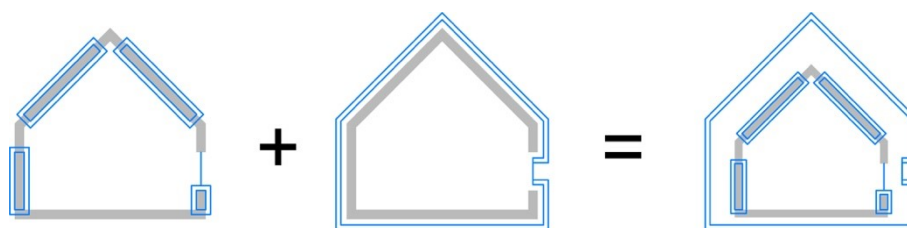
edificação não tenha sido concebida para habitar e, portanto, desempenhar funções de estanqueidade e isolamento, os prováveis caixões perdidos indicados nos cortes sugerem um desempenho favorável de isolamento térmico. A proteção, no sentido de segurança patrimonial, é resolvida com o fechamento em tela metálica dos vãos resultantes, garantindo a constante ventilação. As telas são sobrepostas externamente aos vãos, sem encaixe e sem correspondência. Para a adequada proteção do acervo histórico recuperado, foi sugerida a utilização de mobiliário expositivo condicionado, a mesma estratégia utilizada em biotérios nos quais cápsulas individuais (conhecidas como gaiolas, racks ou estantes artificialmente ventiladas) desoneram um eventual envelope sanitário de condicionamento geral do ar.

### Potências e possibilidades:

Embora não seja uma referência direta, cabe ressaltar como este projeto ganharia algum benefício se pudesse utilizar os recursos digitais de uma obra com aspectos muito similares, o “168 Upper Street” do escritório Groupwork (FIGURA 26, pág.85). Além do coincidente uso de pigmentos terrosos, esta obra trata de uma reconstituição de fragmentos de guerra, valendo-se do uso de ferramentas de desenho e fabricação digital para reprodução de detalhes minuciosos como o papel de parede, técnica que poderia ser utilizada para a reprodução do retábulo em Mariana.

## 6.6 Fundação Éolo Maia (projeto 2019, não construído)

Figura 72. Fundação Éolo Maia, modelo gráfico



Fonte: elaborado pelo autor.

- Um Envelope Fragmentado é envolvido por um Envelope Externo ventilado que opera como um filtro, camuflagem e suporte para plantas e insetos.
- Envelope térmico (sombreamento, envelope externo aberto), hídrico (envelope interno fechado) com desempenho defensivo (dupla camada).
- Camadas simbólicas (camuflagem), espaciais (*buffer*) e materiais (chapa + vidro, espaçados).

- Revestimento do envelope externo em chapas de aço perfuradas e paginadas. Juntas sem tratamento, ventiladas. Envelope interno em esquadrias de vidro encaixadas na estrutura.

Em 2019, Jô recebeu o convite para projetar uma edificação que abrigasse o acervo de Éolo Maia, contribuindo para sua organização, divulgação e acesso para pesquisadores. O programa contaria com os necessários apoios e café, biblioteca, acervo, salas de aula, espaços expositivos permanentes e temporários. Este programa foi atendido em uma estrutura totalmente regular que, por sua vez, é envelopada por uma casca irregular com diversas funções.

O atual acervo da obra de Éolo (e Jô) encontra-se no escritório de Jô, sujeito a fortes ventos e insolação constante (local onde Jô aplicou as cortinas sombrites, para proteger o acervo e aumentar o conforto geral). Motivada por esta experiência, ela concebeu um memorial provido de uma casca que protegeria a edificação dos fortes ventos, tempestades, vazamentos causados por chuva lateral, insolação e excesso de luz. Sobre as tempestades, Jô sugere ainda em seu relato que a casca perfurada teria um desejado efeito de vaporização, como uma camada interna de vapor, simulando uma névoa (incorporando com isso, poeticamente, um dos aspectos mais difíceis de tratamento nas construções que seria o vapor). A casca foi concebida em chapa perfurada, à semelhança de uma tela que deveria “peneirar” (nas palavras de Jô) as folhas da mata e proteger a cobertura funcional abaixo, considerando sua inserção dentro de uma área vegetada. Deveria também servir de suporte para a real mimetização através do avanço de trepadeiras, plantas parasitas e insetos “hospedeiros”, desejo reforçado pela pintura mimética.

*Figura 73. Fundação Éolo Maia, vista aérea*



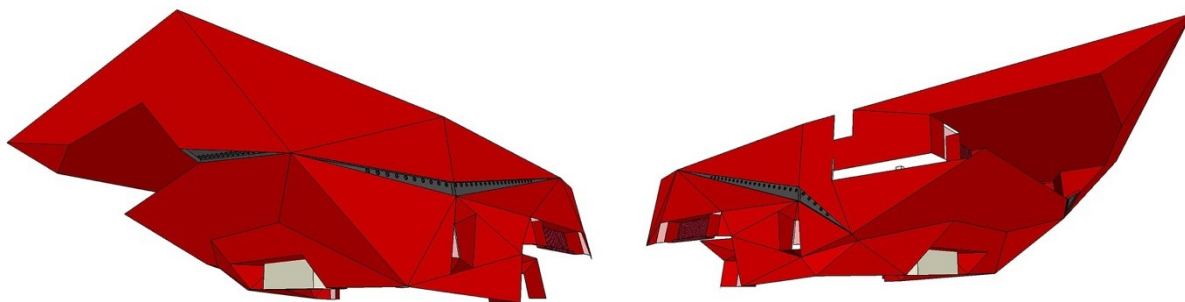
*Fonte: acervo Jô Vasconcellos, modelo Paulo Fontes, Marcelo Azarias e Mateus Van Stralen.*

Assim como no projeto do Memorial Bento Rodrigues, Jô utiliza aqui os recursos de softwares de modelagem tridimensional, neste caso não através de procedimentos de extrusão e operações booleanas, mas de deformações e dobras. O antecedente direto destes procedimentos em sua obra seria o envelope que protege o volume da Sala Minas Gerais, ou sala de concertos da Orquestra Filarmônica de Minas Gerais, em sua versão construída. Vale detalhar a experiência porque, em grande medida, descreve os mesmos procedimentos de concepção da casca que envolve a Fundação Éolo Maia.

O envelope acústico da Sala Minas Gerais, composto por três camadas estruturais (duas internas e uma externa, sem contato estrutural), determinava que todas as instalações hidráulicas e tubulações de ar-condicionado fossem segregadas para o exterior deste envelope. Com o objetivo de ocultar essa massa acidental de concreto e instalações aparentes, foi concebida uma quarta camada, simbólica, que representasse o volume da Sala Minas Gerais. Esta casca deveria cumprir também funções acústicas de amortecimento dos ruídos gerados dentro do foyer, este tratado como uma enorme antecâmara. Esta casca assumiu formas retorcidas através da triangulação de planos e posterior manipulação dos vértices, procedimento facilitado pelas ferramentas de modelagem tridimensional. O tratamento dos vértices e inserção de instalações teve como referência o projeto para estação de trem de Logroño (Ábalos Sentkiewicz arquitectos)

Esta casca foi realizada em bandejas de aço micro perfuradas, recheadas internamente com material acústico absorvente, e afixadas em uma estrutura metálica auxiliar. Um incidente de execução envolveu a micro perfuração das chapas, cujo efeito ótico criou a ilusão de manchas na pintura vermelha. Este efeito foi contornado por Jô com uma alegoria sonora, a pintura de pássaros canoros brasileiros em tons de vermelho sobre vermelho, obra do artista e grafiteiro Drin Cortês.

*Figura 74. Sala Minas Gerais, modelo do envelope acústico externo*



*Fonte: acervo pessoal. Elaborado pelo autor.*



Na Fundação Éolo Maia, Jô utiliza os mesmos procedimentos formais de manipulação de vértices de triângulos e alegóricos de pintura mimética, mais uma vez contando com a colaboração de Drin Cortês.

*Figura 75. Fundação Éolo Maia, edificação vista da mata*



*Fonte: acervo Jô Vasconcellos.*

*Figura 76. Fundação Éolo Maia, edificação vista da rua*



*Fonte: acervo Jô Vasconcellos.*

**Características tectônicas, tipológicas e taxonômicas:**

A casca denota visualmente um monolito leve e pode ser interpretada como um sistema de estereotomia topológica cujas deformações não afetam seus princípios geométricos não-euclidianos, admitido o uso de dobras na topologia proposta por Peries (2016). Os aspectos tectônicos de montagem estão presentes na paginação e fabricação dos painéis metálicos e sua subestrutura, totalmente exposta a partir do interior da edificação.

Poderia ser entendido como um Envelope Externo com camada de *buffer*, mas a clara distinção construtiva das estruturas sugere mais que seja interpretado como um Envelope Externo montado sobre um Envelope Fragmentado. A independência entre estrutura interna e casca externa é reforçada pelo tratamento selado da estrutura interna, cujos vãos são fechados com esquadrias de vidro considerando o eventual condicionamento de ar. Talvez aprimorando a experiência da Sala Minas Gerais, Jô garante que a racionalidade da estrutura principal não comprometa a execução das formas mais complexas da casca. Esta estratégia transfere para a estrutura interna as funções de estanqueidade e para a forma livre externa as funções de representação e outras mediações externas, como um *outdoor*, garantindo níveis distintos de dificuldade e execução.

*Figura 77. Fundação Éolo Maia, seção*



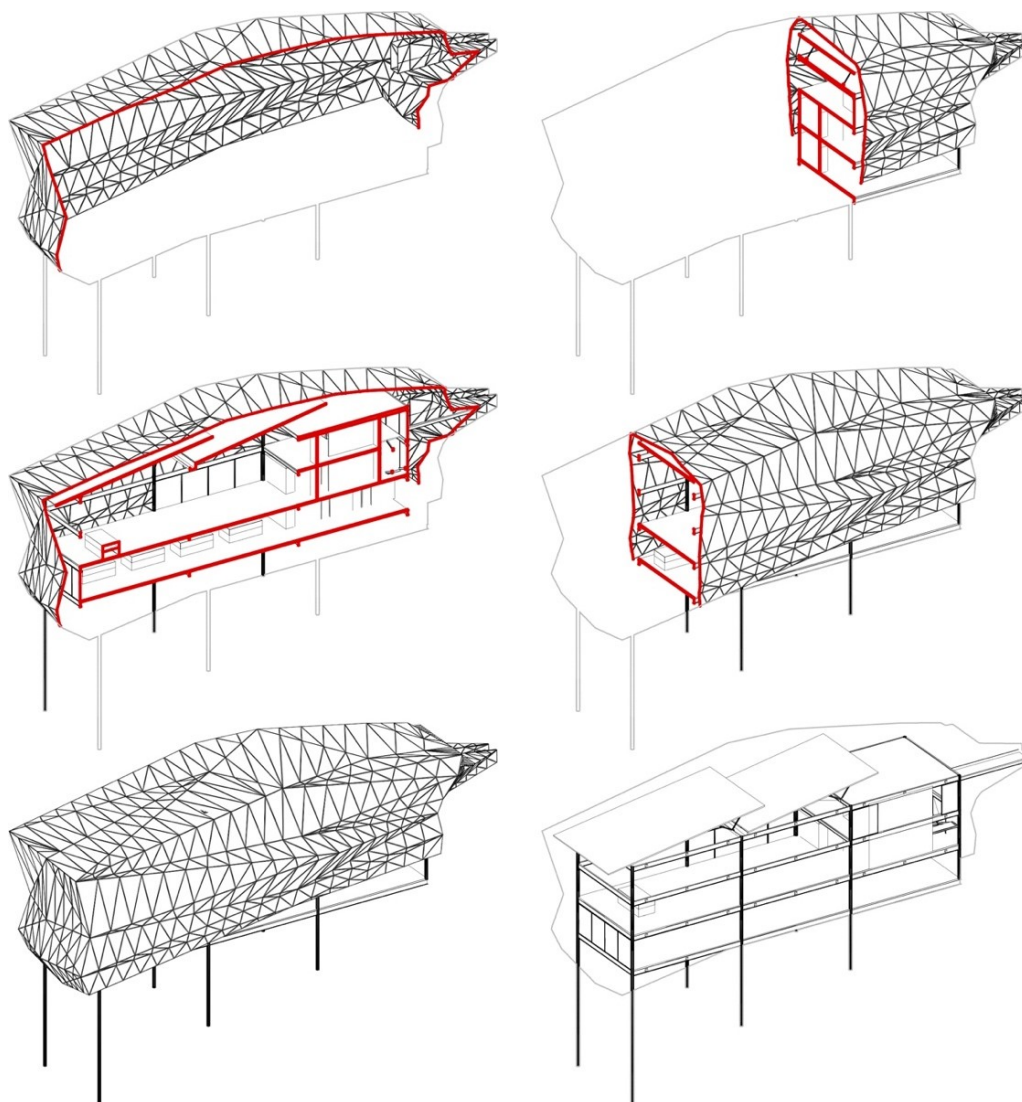
*Fonte: acervo Jô Vasconcellos.*

É um envelope térmico (casca ventilada com função de sombreamento) e hídrico (envelope interno fechado, envelope externo de amortecimento) com desempenho defensivo (dupla camada). A casca, sendo micro perfurada, não desempenha funções de estanqueidade, apenas sombreamento, amortecimento e proteção. Eventuais pontes térmicas entre as duas estruturas metálicas poderiam ser eliminadas com a utilização de engastamentos isolantes entre



estrutura da casca e estrutura principal. O envelope interno, fragmentado pela inserção na estrutura metálica, cumpre as funções de isolamento e usual controle sanitário, com possibilidade de abertura e ventilação natural constante mesmo durante tempestades.

*Figura 78. Fundação Éolo Maia, axonométricas*



*Fonte: Modelo: Paulo Fontes, Marcelo Azarias e Mateus Van Stralen. Manipulação: elaborado pelo autor.*

### **Potências e possibilidades:**

Com este projeto, Jô indica um tratamento do envelope que poderia ser interpretado como uma fronteira biologicamente ativa, como sugere Sennett, servindo de suporte para elementos (vegetação e insetos) que, agregando qualidades tropicais, poderiam aumentar a performance deste envelope. Resta especular em que medida o controle de iluminação seria afetado pela apropriação da casca pela vegetação. Jô considerou, para uma etapa posterior de desenvolvimento deste projeto, a possibilidade de acesso e uso do espaço intermediário, o que

permitiria também um maior engajamento como, por exemplo, a manipulação de possíveis aberturas na casca. Em relação ao efeito mimético, cabe especular se uma camada extra de chapa perfurada poderia acrescentar efeitos óticos de profundidade e regimes de visibilidade e luminosidade mais fluidos.

## 6.7 Discussões

As análises das cinco obras selecionadas podem ser relacionadas a aspectos importantes que ao longo da pesquisa foram pontuando a construção dos argumentos, divididos em dois grandes temas intercalados, a Tectônica e o envelope.

O primeiro aspecto a destacar seria aquele em torno das questões fundamentais levantadas sobre moral construtiva, impureza dos sistemas construtivos, ocultamento e revelação destes sistemas, enfim, aspectos de uma possível poética da construção discutidos ao longo do Capítulo 3. Todos eles se resumem na maneira como a arquiteta lida de diversas maneiras com os sistemas construtivos e particularmente o envelope (involuntariamente, como no caso da Residência E.F.). Todas as soluções apresentam uma forte configuração estereotômica, mas que se utilizam de sistemas construtivos muito diversos como pele de vidro, alvenaria dupla, *steel-frame*, concreto aparente e chapa sobre estrutura metálica. Em todas as soluções, não existe um compromisso rigoroso com a expressão estrutural, no sentido literal de exposição do sistema portante (o que permitiu, na Residência E.F., o tratamento genérico e a troca pelo *steel-frame*), mas um compromisso para alcançar uma forte expressividade, representada pelas massas, geometria e materialidade bruta das superfícies (vidro opaco, cor azul, rejeito de minério, chapa micro perfurada camuflada). Em grande medida, são obras significativas daquele viés que Frampton, Deplazes, Vyzoviti (ver Capítulos 3.3 e 4.2) e tantos outros autores identificam na produção contemporânea, o de deslocamento de tratamento prioritário da estrutura para o envelope. Embora as obras da arquiteta não participem diretamente desta cultura construtiva à qual se referem os autores acima, participam de uma cultura arquitetônica geral caracterizada pelas superfícies e que se afastam do repertório modernista e racionalismo estrutural. Se analisadas estritamente a partir de uma possível cultura construtiva brasileira, com a qual a arquiteta Jô Vasconcellos aparentemente não teria nenhum compromisso, pode-se afirmar que, na verdade, enquadram-se em uma tendência regional de simplificação dos processos projetuais e construtivos.

Embora pudessem representar algum desvio de interpretação, o fato de apenas três das cinco obras analisadas terem sido construídas não representou em si fator que alterasse a interpretação dos envelopes, à parte a ausência de detalhes dos dois últimos projetos que



permitissem maiores especulações em torno dos tratamentos de pontes e patologias. O que se depreende da análise é uma mudança de postura da arquiteta em relação às ferramentas de projeto. O uso de softwares de modelagem tridimensional sugere um redirecionamento daquela simplicidade formal e construtiva, que já se afastava do “tectonismo” em direção a investigações estereotômicas (formais e construtivas) mais complexas e que, eventualmente, precedem as decisões construtivas.

O segundo aspecto, relativo à análise dos envelopes, representa um problema metodológico na medida em que cada objeto analisado corresponde em graus diferentes às hipóteses planejadas. Todas as obras analisadas não se enquadram perfeitamente nos seis modelos de envelopes conforme taxonomia hipotética, representando variações ou conjugações de modelos, tampouco representam estritamente as tipologias propostas, mas combinações mais ou menos abertas destas. Mais importante seria o fato de que três obras tratam do envelopamento de uma antiga construção (Espaço do Conhecimento), de uma ruína (Memorial Bento Rodrigues) e de um envelope interno (Fundação Éolo Maia), reforçando a pertinência da análise. No Museu da Cachaça, a possível configuração de um quase envelope duplo, e não apenas a duplicação interna das alvenarias, sugere que a adoção dos princípios e modelos aqui expostos trariam um potencial benefício de performance térmica.

O caso específico do Memorial Bento Rodrigues parece ser um desvio do objeto de estudo, no sentido de não representar um caso de organização da construção em camadas construtivas funcionais, como seria desejável para verificação das principais hipóteses apresentadas. O envelopamento e uso de camadas estaria mais nos sentidos espacial (envolvimento das ruínas e do próprio vazio deixado pela Capela), simbólico (eventos trágicos, memórias) e temporal (camadas históricas). O que não invalida a análise, apenas indica a limitação da metodologia ou a necessidade de incorporar plenamente todas as dimensões (material, espacial, simbólico, temporal) em qualquer análise.

Embora não fosse objetivo o levantamento de dados quantitativos, as especulações acerca da performance dos envelopes indicam um potencial de análise e uso como ferramenta de projeto no sentido de estabelecer princípios gerais de desempenho. A consolidação de um entendimento qualitativo dos sistemas construtivos poderia estimular e provocar futuras pesquisas quantitativas que não só formulassem hipóteses amplas de outros arquitetos, como buscasse uma refutação severa para elas. Se concretizados estes potenciais, seria atingido um dos objetivos iniciais desta pesquisa que seria aplicar os modelos e princípios estritos de envelope performativo, hermético ou não, no contexto brasileiro.

## 7 CONCLUSÕES E PESQUISAS FUTURAS

Como os sistemas ou princípios construtivos de envelope praticados em outros países poderiam ser aplicados no Brasil? Esta pergunta foi construída ao longo das investigações, juntamente com o objeto, e sua falta de clareza inicial representava um problema em si. Esta pergunta, no entanto, foi precedida por um interesse sobre como estas diferenças entre culturas construtivas (técnicas) afetariam a expressão arquitetônica, pressupondo a correspondência entre “estilos de construção” e prováveis “estilos de arquitetura” compartilhados entre países diversos. Mas esta motivação original acabou revelando-se de menor importância, o que não significa que não tenha sido indiretamente respondida. Pelo contrário, os exemplos internacionais reforçam este distanciamento que insiste em não corroborar as hipóteses aqui apresentadas. O compartilhamento de princípios, se não refutado, indica que as diferenças não seriam substancialmente climáticas, construtivas ou formais, quantitativamente falando, mas possivelmente produtivas e culturais, o que deslocaria o problema para outros campos de pesquisa, ou para interesses industriais. Naquele momento, uma abordagem a partir da teoria Tectônica parecia ser o melhor caminho, conciliador, mas este viés se apresentou como um problema na formulação da metodologia: se esta teoria Tectônica seria mesmo capaz de operar, ou apenas especular, ou pior, apresentar termos irrefutáveis.

Esta abordagem inicial a partir da teoria Tectônica impôs uma outra pergunta que, também, revelou-se de menor importância, mas que abriu caminho para o entendimento de princípios construtivos do envelope que pudessem ser universalizados, sem comprometimento do particular (regional): seria o envelope um sistema tectônico? Sim ou não, derivou desta pergunta o reconhecimento de que todos os sistemas e subsistemas construtivos compartilham princípios de (des)articulação (no sentido maior de alteração de significados, para além da pura união) que podem ser organizados como operadores, momento no qual a teoria Tectônica deixaria de ser especulativa para oferecer estratégias formais e construtivas. Dentre os principais operadores elencados para a interpretação do envelope, estariam os de modulação e estratificação, o primeiro referindo-se à ideia mais difundida de união de componentes, e o segundo referindo-se ao conceito semperiano de (re)vestir a edificação (modernamente em camadas quase que integralmente ocultas), de proteger e representar.

Se a teoria Tectônica pressupõe a conciliação entre o particular e o universal, estariam validadas quaisquer tentativas de universalização dos princípios construtivos do envelope, de aplicar este modelo um tanto exótico no Brasil? Seria um risco, mas é neste momento que as hipóteses de pesquisa são menos ou mais refutadas, através da interpretação dos principais operadores tectônicos em uma investigação técnica que, hipoteticamente, viabilizaria uma

teoria geral do envelope, a saber: a estratificação ou organização do envelope em camadas funcionais; a organização do envelope em fragmentos de montagem e juntas indesejadas; e o imperativo de ocultamento da estrutura como pressuposto de eficiência do envelope, este entendido como uma barreira contra todo tipo de penetração e patologias associadas. Estes três temas convergiram em uma investigação dos fenômenos físicos representados pelas pontes térmicas e acústicas, infiltrações, contaminações e outras fragilidades, para então expandirem novamente em um entendimento do envelope como uma fronteira ativa, fluida, permeável, justificando a hipótese de que o envelope seria um mediador de fluxos em graus diversos de permeabilidade, em qualquer clima e contexto produtivo.

Esta pesquisa apresenta argumentos para a adoção de um entendimento comum do envelope como conceito geral, abstrato, independente de clima, especialmente o de que pode estar organizado em camadas funcionais e espaciais desempenhando mediações de fluxos em gradações relativamente hierárquicas e, principalmente, de que deve considerar não somente as fachadas, mas também as coberturas e fundações como importantes fronteiras ativas. A distinção entre envelopes fechados e abertos, que em certo momento fora descartada como sendo uma distinção entre envelopes temperados e tropicais, foi elaborada como sendo uma distinção entre envelopes estritos, herméticos (como se pratica em salas de escuta sensível, laboratórios, prisões, e toda edificação selada com propósitos de desempenho energético próximo do passivo), e os envelopes mais fluidos, com gradações de controle e domínio, independente de clima. Esta distinção é importante para que a proposta não seja invalidada pela simples argumentação de que, no campo técnico, o envelope seria obrigatoriamente selado, descartando a possibilidade de um envelope “tropical”.

Estas análises se valeram também de um sentido de “tropical” como dado cultural, para além da questão climática e utilitária, e como estratégia de vinculação da pergunta de pesquisa. Embora não tenha sido objetivo o estudo específico deste envelope “tropical”, a confirmação desta possibilidade estava implícita no problema. Qual seria exatamente o percurso para definir esta qualidade (e quantidade) “tropical”, é objeto de futuras pesquisas.

Ao longo do texto e como dado de partida, adotei acriticamente o termo “performativo” para qualificar este envelope internacional organizado em camadas funcionais especializadas, em oposição a um envelope não performativo. Mas, também ao longo do texto, foram apresentados argumentos que qualificam este outro envelope, monolítico, como também dotado de qualidades performativas. Mais do que isso, as contradições técnicas e produtivas do primeiro como, por exemplo, a inviabilidade de um selo totalmente hermético e a complexidade de seus componentes e sistemas, e, por outro lado, os benefícios do segundo como, inércia

térmica, permeabilidade e simplicidade construtiva, tornam bastante relativos os conceitos de performance. Esta performance, portanto, não deveria ser objetivamente medida apenas em relação a sua eficiência energética, mas também em termos produtivos (construtibilidade, manutenção, longevidade, economia, autoconstrução) e culturais (conforto físico e psicológico, apropriação).

Entender as razões construtivas deste envelope dito performativo e que se materializam em formas de expressão construtiva é uma maneira de desmistificá-lo como solução ideal, o que permitiria sua reprodução enquanto estratégia formal para lidar com complexidades funcionais em qualquer contexto e clima. As características construtivas desse envelope hermético não devem ser desprezadas, pelo contrário, representam aquilo que seria a marca distintiva entre culturas construtivas e uma constante lembrança de que haveria um limite interpretativo entre o que pode ser chamado de envelope e o que seria somente fachada ou envoltória. O artifício teórico para escapar desta armadilha seria tratar o envelope menos como objeto e mais como um conceito abstrato dotado de princípios construtivos que possibilitariam, então, interpretações e aplicações regionais. O fato de que os sistemas leves (associados ao envelope dito performativo) não são populares no Brasil não significa que, por exemplo, materiais sólidos compostos em camadas funcionais (nem sempre possíveis em um único material) não pudessem atender também outras demandas regionais por solidez, permanência, segurança e simplicidade construtiva. Como argumenta Cody (2017, p. 9), existem as leis (construtivas) dos estados e países, demarcando práticas e campos profissionais privilegiados, mas existem (complementarmente, cabe observar) as leis universais da física a serem compartilhadas em qualquer prática profissional.

A questão específica das pontes térmicas, que estava na origem desta pesquisa, resume as possíveis abordagens no tratamento dos envelopes. Se o efeito das pontes térmicas é relevante ou não em climas tropicais, nos quais aspectos como ventilação e sombreamento são consagrados, é uma possibilidade de investigação. Mas, admitidos os argumentos de que teríamos abordagens fechadas (barreiras) e abertas (fronteiras) do envelope, às últimas corresponderiam os fluxos de calor representados pela inércia térmica das edificações. Não podemos negar que nossas edificações (e seus usuários), urbanas e rurais, horizontais e verticais, sofrem com calor e frio e gastos inadequados de energia para aquecimento ou resfriamento. Portanto, esta abordagem confirma a relevância do tema das pontes e inércia térmica (e higroscópica, responsável por diversas patologias), nas envoltórias, fundações e núcleo das edificações.

Mas é preciso retomar uma refutação constante às hipóteses aqui empenhadas. De um ponto de vista estritamente material e construtivo, existe uma grande diferença entre os sistemas leves e sólidos que a taxonomia proposta tentou contornar. Ao estabelecer a taxonomia do envelope em relação à estrutura, o envelope não ganha autonomia enquanto objeto, o que em si não é um problema, apenas não garante um maior grau de confirmação sobre o compartilhamento de princípios entre sistemas leves e sólidos. Este compartilhamento de princípios que justificaria uma disciplina comum é reforçado, então, pelo reconhecimento da existência das tipologias identificadas, os envelopes térmicos, hídricos, acústicos, sanitários e defensivos. Estas tipologias, por sua vez, compartilham princípios formais e construtivos que caracterizam um envelope genérico, fechado, mas que admite uma conformação aberta e, portanto, universal. Mesmo suas características mais ou menos solidarizadas, mais ou menos abertas ou fechadas, indicam estados intermediários ou tipos híbridos de envelope que confirmam os pressupostos de impureza e contaminação dos sistemas construtivos, relativizando a distinção entre sistemas leves e sólidos, entre culturas construtivas.

Admitido então este conjunto de variáveis, poderíamos afirmar que o envelope performativo, selado, organizado em camadas não solidarizadas e praticado em climas frios, seria apenas um dentre tantos outros tipos possíveis. Há que se lembrar que as variações térmicas em países não tropicais são bem maiores que nos trópicos úmidos, com invernos gelados e verões escaldantes como se constata em algumas regiões do próprio Brasil, o que significa, em contrapartida, que afora regiões com baixa variação térmica, não haveria grandes diferenças climáticas que justificassem um cultura construtiva ou outra. Não se trata mais de saber se aquele envelope seria replicável no Brasil, mas de reconhecer que se trata de envelopes distintos enfrentando problemas comuns e compartilhando, em maior ou menor grau, princípios de uma disciplina comum. Uma prova disso seriam os sistemas passivos de resfriamento que utilizam os mesmos princípios dos sistemas passivos de aquecimento, campo de pesquisa que atrelaria o “tropical” a dados objetivos e quantificáveis, somando-se à dimensão cultural sugerida para futuras pesquisas.

Neste ponto, a teoria Tectônica pode enriquecer a pesquisa técnica em sua dimensão menos operativa e mais subjetiva, cultural. A cultura construtiva do envelope, regional e/ou universal, se entendida como uma potente forma de expressão técnica, oferece possibilidades ao arquiteto que, desejavelmente, superariam os “excessos do projeto racional” (RIZZUTO, 2010, p. 3). Admitir o envelope como um sistema tectônico pode significar o reconhecimento de uma poética deste envelope, explorada na sua relação de ocultamento com a estrutura, no ocultamento de suas camadas, no sentido de vestir a edificação como representação e

amplificação da presença estrutural, e ainda na própria dinâmica estrutural deste envelope. Mas esta poética pode ser ampliada através da conciliação entre imaginação poética e razão científica como formas complementares da compreensão, seguindo Bachelard (VALADARES, 2014). Essa imaginação poética da água, terra, fogo e ar (cada matéria correspondendo aos seus materiais e ofícios, como desejaria Semper), e ainda da dinâmica das forças, movimentos e repouso, atuariam no campo absoluto daqueles aspectos da mediação de fluxos de matéria e energia que participariam da poética deste envelope.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADDIS, B. **Edificação: 3000 anos de projeto, engenharia e construção**. [s.l.] Bookman, 2009.
- ALLEN, E.; RAND, P. **Architectural Detailing: Function, Constructibility, Aesthetics**. [s.l.] John Wiley & Sons, 2016.
- AMARAL, I. Quase tudo que você queria saber sobre tectônica, mas tinha vergonha de perguntar. **Pós. Revista do Programa de Pós-Graduação em**, 2009.
- AMARAL, I. F.; CHUPIN, J. P. Contemporary architecture and the tectonic project in Brazil. **Anais do encontro: Tectonics Making Meaning**, 2007.
- ANDRADE, R. P. Matrizes tectônicas da arquitetura moderna brasileira 1940--1960. 2016.
- ARNOLD, C.; FAIA; RIBA. **Building Envelope Design Guide**. Disponível em: <<https://www.wbdg.org/guides-specifications/building-envelope-design-guide>>. Acesso em: 13 fev. 2020.
- BAETA, R. E. **Teoria do Barroco**. [s.l.] EDUFBA, 2012.
- BAEZA, A. C. **The Built Idea**. [s.l.] Oscar Riera Ojeda Publishers Limited, 2015.
- BANHAM, R. **Architecture of the Well-Tempered Environment**. [s.l.] University of Chicago Press, 1984.
- BECH-DANIELSEN, C. **Towards an Ecology of Tectonics: The Need for Rethinking Construction in Architecture**. [s.l.] Edition Axel Menges, 2014.
- BEIM, A. **Tectonic Visions in Architecture**. [s.l.] Kunstakademiets Arkitektskoles Forlag, 2004.
- BOAKE, T. M. et al. **The tectonics of the double skin: What are double skin facades and how do they work** Informally published manuscript, School of Architecture, University of ..., , 2001.
- BORK, R. Plan B and the geometry of façade design at Strasbourg cathedral, 1250-1350. **Journal of the Society of Architectural Historians**, v. 64, n. 4, p. 442–473, 2005.
- BROADBENT, G. **Diseño arquitectónico: arquitectura y ciencias humanas**. [s.l.] Gustavo Gili, 1982.
- CANTALICE, A. D. E. S. C., Ii. Redescobrimdo a arte científica tectonica. **Oculum Ensaios**, v. 15, n. 2, p. 247–269, 2018.
- CANTALICE, A. DE S. C. Descomplicando a tectônica: Três arquitetos e uma abordagem. 2015.
- CERVILLA GARCÍA, A. **Estructuras vistas, ocultas e ilusorias: Lecciones de la Historia em la obra de Mies van der Rohe**. [s.l.] diseno, 2017.

CHATTERJEE, A. *Ruskin and Beyond: Vital Surfaces and Making of Architecture*. **John Ruskin and the Fabric of Architecture**, by Anuradha Chatterjee, p. 1–28, 2017.

CODY, B. **Form Follows Energy: Using natural forces to maximize performance**. [s.l.] Birkhäuser, 2017.

COLLINS, P. **Los ideales de la arquitectura moderna: su evolución (1750-1950)**. [s.l.] Gustavo Gili, 1970. Disponível em: <<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=UCC.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=053431>>.

CONDURU, R. *Tectônica tropical*. **Arquitetura moderna brasileira**. Londres: Phaidon, 2004.

DE HOLANDA, A. **Roteiro para construir no Nordeste: arquitetura como lugar ameno nos trópicos ensolarados**. [s.l.] Universidade Federal de Pernambuco, Mestrado de Desenvolvimento Urbano, 1976.

DEPLAZES, A. **Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures**. [s.l.] Springer Science & Business Media, 2005.

DI PIPPO, A. F. The concept of Poiesis in Heidegger's An Introduction to Metaphysics. **Thinking fundamentals**, v. 9, p. 1–45, 2000.

DIETHELM, A. Steel. **Constructing Architecture**, p. 113–138, 2005.

ELGHAZI, Y. S. **Building Skins in the Age of Information Technology**. [s.l.] Faculty of Engineering at Cairo University In Partial Fulfillment of the ..., 2009.

FAVARETTO, C. F. **Tropicália: alegoria, alegria**. [s.l.] Atelie Editorial, 1996.

FERREIRA DE SOUZA, R. C. **A Place-Theoretical Framework for the Development of IT in Urban Spaces**. phd—[s.l.] University of Sheffield, 2008.

FORD, E. R. **The Details of Modern Architecture**. [s.l.] MIT Press, 2003.

FRAMPTON, K. **Towards a Critical Regionalism: Six Points for an Architecture of Resistance in Foster, H.(ed.), The Anti-aesthetic: Essays on Post-modern Culture** Cambridge University Press, Cambridge, Mass, USA, , 1983.

FRAMPTON, K. **Rappel a l'ordre: The case for the Tectonic**. [s.l.] na, 1990.

FRAMPTON, K. **Studies in tectonic culture: the poetics of construction in nineteenth and twentieth century architecture**. [s.l.] Mit Press, 1995.

FRAMPTON, K. **A Genealogy of Modern Architecture: Comparative Critical Analysis of Built Form**. [s.l.] Lars Müller Publishers, 2015.

FRASCARI, M. The tell-the-tale detail. **Viator**, v. 7, p. 23–37, 1984.

GOKULRAJ KAILASH, S. **Knots Architectural Thermoregulation**. Disponível em: <<http://futurearchitectureplatform.org/projects/fefd384c-4ae4-453a-9968-a3d038e3608e/>>.

Acesso em: 3 sep. 2009.

GREGOTTI, V. **Inside Architecture**. trans. Peter Wong and Francesca Zaccheo Cambridge, Massachusetts: MIT Press, , 1996.

HADID, Z. **Zaha Hadid Architects: diseño como segunda naturaleza**. [s.l.] MUAC, Museo Universitario Arte Contemporáneo, UNAM, 2019.

HARTOONIAN, G.; FRAMPTON, K. **Ontology of construction: on nihilism of technology in theories of modern architecture**. [s.l.] Cambridge university press Cambridge, 1994.

HAUN, L. et al. **Habitat for Humanity, how to Build a House**. [s.l.] Taunton Press, 2002.

HERNÁNDEZ, R. R.; UNIVERSIDAD CAMILO JOSÉ CELA. “A Wall for all Seasons”, **un modelo sostenible de “piel” tersa de vidriorita**, 2017. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.24192/2386-7027\(2017\)\(v8\)\(01\)](http://dx.doi.org/10.24192/2386-7027(2017)(v8)(01))>

HERRMANN, E. M. et al. **Enclose | Build: Walls, Facade, Roof**. [s.l.] Birkhäuser, 2015.

HERRMANN, W. et al. **In What Style Should We Build? The German Debate on Architectural Style** *Art Documentation: Journal of the Art Libraries Society of North America*, 1992. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1086/adx.11.4.27948496>>

HERZOG, T.; KRIPPNER, R.; LANG, W. **Facade Construction Manual**. [s.l.] Walter de Gruyter, 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, N. E. Q. I. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, RTQ-R** Inmetro Rio de Janeiro, , 2012.

KESIK, T. J. Building enclosure design principles and strategies. **Whole Building Design Guide**, 2016.

KNAACK, U.; KOENDERS, E. **Building Physics of the Envelope: Principles of Construction**. [s.l.] Birkhäuser, 2018.

KOCH-NIELSEN, H. **Stay Cool: A Design Guide for the Built Environment in Hot Climates**. [s.l.] Routledge, 2013.

LAWTON, M. R. P. Design Guide: Solutions to Prevent Thermal Bridging. **Schöck Isokorb**, p. 35, 2014.

LEACH, N.; TURNBULL, D.; WILLIAMS, C. **Digital Tectonics**. [s.l.] Wiley, 2004.

LINN, C.; THE IMAGES PUBLISHING GROUP. **Kinetic Architecture: Design for Active Envelopes**. [s.l.] Images Publishing, 2014.

LOOS, A. **Ornamento y delito y otros escritos**. [s.l.] Gili, 1980.

LOVELL, J. **Building Envelopes: An Integrated Approach**. [s.l.] Princeton Architectural Press, 2013.

LYNN, G. **Folding in architecture**. [s.l.] Academy Editions Limited, 1993. v. 102

- MACIEL, C. A. B. *Arquitetura como infraestrutura*. 2015.
- MAIA, É.; DE VASCONCELLOS, M. J.; DE PODESTÁ, S. E. **3 arquitetos, 1980-1985**. [s.l.] publisher not identified, 1985.
- MAIA, É.; VASCONCELLOS, J. **Éolo Maia & Jô Vasconcellos: Arquitetos**. [s.l.] Salamandra, 1995.
- MALARD, M. L. **Brazilian low cost housing: interactions and conflicts between residents and dwellings**. [s.l.] University of Sheffield, 1992.
- MOE, K. **Thermally Active Surfaces in Architecture**. [s.l.] Princeton Architectural Press, 2010.
- MORAVANSZKY, A. The pathos of masonry. In: **Constructing architecture. Materials process structures. A handbook**. [s.l.] Birkhauser, 2005. p. 23–31.
- PERÍES, L. **Estereotomía y topología: en arquitectura**. [s.l.] EDUCC Editorial, Universidad Católica de Córdoba, 2016.
- PESAVENTO, S. J. **História e História cultural**. [s.l.] Autêntica, 2003.
- PICON, A. **Ornament: The Politics of Architecture and Subjectivity**. [s.l.] John Wiley & Sons, 2014.
- RAMÍREZ-MONTAGUT, M. ¿Por qué Frampton retoma la teoría de Semper? **DC PAPERS, revista de crítica y teoría de la arquitectura**, n. 1, p. 105–111, 1998.
- RAMSEY, C. G.; SLEEPER, H. R.; BASSLER, B. *Architectural Graphic Standards: Student Edition*. **John Wely & Sons, New Jersey**, 2008.
- RAZETO-BARRY, P. Autopoiesis 40 years later. A review and a reformulation. **Origins of life and evolution of the biosphere: the journal of the International Society for the Study of the Origin of Life**, v. 42, n. 6, p. 543–567, Dec. 2012.
- RIM, M.; SUNG, U.-J.; KIM, T. Application of Thermal Labyrinth System to Reduce Heating and Cooling Energy Consumption. **Energies**, v. 11, n. 10, p. 2762, 15 Oct. 2018.
- RIZZUTO, A. P. **Tectonic memoirs: The epistemological parameters of tectonic theories of architecture**. [s.l.] Georgia Institute of Technology, 2010.
- ROAF, S.; CRICHTON, D.; NICOL, F. **A Adaptação de Edificações e Cidades às Mudanças Climáticas: Um Guia de Sobrevivência para o Século XXI**. [s.l.] Bookman Editora, 2009.
- SANTA CECÍLIA, B. Tectônica moderna e construção nacional. **Minimo denominador comum Mdc Revista da Arquitetura, Belo Horizonte**, v. 1, p. 6–9, 2005.
- SANTA CECÍLIA, B. **Éolo Maia: complexidade e contradição na arquitetura brasileira**. [s.l.] Editora Ufmg, 2006.
- SCHELLING, F. W. J. **Filosofia da Arte**. [s.l.] EdUSP, 2001.

SCHMIDT, A. M. D. *Digital Tectonic Tools*. 2005.

SCHULTZ, A.-C. **Time, Space, and Material: The Mechanics of Layering in Architecture**. [s.l.] Edition Axel Menges GmbH, 2015.

SCHUMACHER, P. The Progress of Geometry as Design Resource. **Log 43 Summer 2018, Issue on Geometry**, 2018.

SEKLER, E. F. **Structure, Construction & Tectonics**. [s.l.: s.n.].

SEMPER, G.; HERRMANN, H. F. M. W. Gottfried Semper: The Four Elements of Architecture and Other Writings. **New York, Cambridge University Press**, v. 104, 1989.

SENNETT. **O artífice**. [s.l.] Editora Record, 2019.

SPUYBROEK, L. The Matter of Ornament. In: MULDER, J. B. A. (Ed.). . **The Politics of the Impure**. [s.l.: s.n.]. p. 232–267.

SPUYBROEK, L. *Textile Tectonics: Research and Design*. 2011.

TÉCNICAS, A. B. D. E. N. NBR 15575-1. **Edificações habitacionais--Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais.**, 2013.

UNGERS, O. M.; BORSANO, G.; FERLENGA, A. Architettura come tema= Architecture as theme. 1982.

VALADARES, A. A. A doutrina dos elementos entre a poética e a epistemologia de Gaston Bachelard. **Kriterion: Revista de Filosofia**, v. 55, n. 130, p. 463–482, 2014.

VENTURI, R. et al. **Complexity and Contradiction in Architecture**. [s.l.] The Museum of Modern Art, 1977.

VIDLER, A. **Historias del presente inmediato: la invencion del movimiento moderno arquitectonico**. [s.l.] G. Gili, 2010.

VIOLLET-LE-DUC, E. E. **The Architectural Theory of Viollet-le-Duc: Readings and Commentary**. [s.l.] MIT Press, 1990.

VYZOVITI, S. **Folding architecture**. [s.l.: s.n.].

VYZOVITI, S. **Supersurfaces: folding as a method of generating forms for architecture, products and fashion**. [s.l.] Gingko Press, 2006.

VYZOVITI, S. The Depth of Surface: An evolutionary Paradigm for Digital Architecture. In: ÇATAK, N.; DUYAN, E. (Eds.). . **ARCHTHEO '13: Conference Proceedings, December 4-6 2013, Mimar Sinan Fine Arts University, [Istanbul].. Creativity, autonomy, function in architecture**. [s.l.] Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Yayınları, 2013. p. 284–292.

WEINTHAL, L. Layers. In: PERESSUT, L. B. et al. (Eds.). . **Interior Wor(l)ds**. [s.l.] Turín: Allemandi, 2010. p. 259–263.

ZAERA-POLO, A. The politics of the envelope. **The Log**, n. 13/14, p. 193–207, 2008.

ZAERA-POLO, A. Patterns, Fabrics, Prototypes, Tessellations. **Architectural Design**, v. 79, n. 6, p. 18–27, Nov. 2009.

ZEVI, B. **Saber ver a Arquitetura**. Tradução Maria Isabel Gaspar e. Gaëtan Martins De Oliveira. 6. ed. [s.l.] Matins Fontes, 2009.

ZHU, Y. et al. A Multilayer Emitter Close to Ideal Solar Reflectance for Efficient Daytime Radiative Cooling. **Polymers**, v. 11, n. 7, 18 Jul. 2019.